

CLB

Chemie in Labor und Biotechnik

Analytik

Biotechnik

Optimierte Prozesse

Komplexe Materialien

Maßgeschneiderte Moleküle

Menschen und Chemie

Aus- und Weiterbildung

- Emergente Phänomene
- Gips in Natur und Industrie
- Primärdaten in der Chemie

Einen Geschichtsbezug für eins der Hauptthemen dieser CLB zu finden erforderte nur ein Zurückblicken um 22 Jahre; zu neu sind die Arbeiten zu komplexen Systemen, Emergenz etc. Ein Grund dafür ist sicherlich das Aufkommen immer schnellerer Computer, die erst Simulationen von selbstorganisierenden oder deterministisch chaotischen Systemen ermöglichen. Dabei führen diese Themen zu einem Umbruch in dem Verständnis der Naturwissenschaften, zusammen mit Relativitätstheorie und Quantentheorie. Dies beschrieb CLB-Autor Prof. Josef Schurz in der Augustausgabe der CLB von 1988 so deutlich in seinem mehrseitigen Artikel „Prometheus oder Fachidiot? Wissenschaftsverständnis im Wandel“, dass wir hier entsprechende Auszüge quasi als Einleitung in die Thematik der Emergenz in dieser CLB wiedergeben.

Von Prof. Dr. Josef Schurz
Institut für Physikalische Chemie der Universität Graz

2. Der „gesunde Menschenverstand“ wird entthront

Die klassische Physik, paradigmatisch repräsentiert durch die Newtonsche Mechanik, war die Verabsolutierung des „gesunden Menschenverstandes“. Sein Bereich waren der absolute Raum und die absolute Zeit und die Relation der Kausalität, wie sie in den Kantschen Kategorien präzisiert und auf unsere tägliche Erfahrung zugeschnitten sind. Aber schon um die Jahrhundertwende haben neue Theorien der Physik damit aufgeräumt und damit die Unzulänglichkeit des Alltagsverständnisses dargestellt. Die Relativitätstheorie hat die Absolutheit von Raum und Zeit überwunden und zu Folgerungen geführt, die dem Alltagsdenken widersprüchlich und paradox erscheinen mußten, wie z. B. das berühmte Raumparadoxon, in dem der auf der Erde zurückbleibende Mensch schneller altert als sein Bruder in der Rakete, die sich mit fast Lichtgeschwindigkeit durch den Raum bewegt. Obschon dieser Effekt heute durch die geänderte Lebensdauer rasch fliegender Elementarteilchen experimentell bewiesen ist, überfordert er immer noch unser Alltags-Denkvermögen; allerdings stört uns das wenig, da wir es in unserer praktischen Erfahrung nie mit solchen Geschwindigkeiten zu tun haben.

Die Quantentheorie führte uns das Versagen der Erfahrungskategorien noch drastischer vor Augen. Sie räumte mit dem Begriff der Kausalität auf, mit dem Determinismus, und gab damit den Anspruch auf, alles vorausberechnen zu können. In der Unschärferelation schließlich wurde unserem Meßvermögen eine absolute Grenze gesetzt und damit unser Erkenntnisvermögen grundsätzlich eingeschränkt. Aber auch hier handelt es sich um Dinge, die in unserer Alltagserfahrung nicht vorkommen. Sie treten vielmehr nur dann in Erscheinung, wenn die beobachteten „Wirkungen“ klein genug werden, das heißt, wenn sie in die Größenordnung des Planckschen Wirkungsquantums kommen. Sie gelten also in der Welt der Elementarteilchen, im Mikrokosmos, wenngleich es Effekte

gibt, bei denen Quantenphänomene auch an makroskopischen Systemen erkennbar werden, wie z. B. bei der Supraleitung.

Auch die Quantentheorie hat uns Paradoxa gebracht, die unserem Alltagsdenken zuwider laufen. Ein berühmtes Beispiel ist die Schrödingersche Katze. Während für den theoretischen Chemiker die Linearkombination zweier Wellenfunktionen etwas ist, an das er sich gewöhnt hat und mit dem er gut (und mit richtigen Resultaten) rechnen kann, wird die Paradoxie am makroskopischen Beispiel deutlich: Die Linearkombination zwischen toter und lebendiger Katze, die erst im Augenblick der Beobachtung durch den Experimentator Symmetriebrechung erfährt, wodurch eine der beiden Möglichkeiten (tote Katze oder lebendige Katze) realisiert wird, ist unserem Alltags-Denkvermögen fremd und nicht anschaulich faßbar.

Allein, diese beiden Einbrüche nicht-anschaulicher Theorie in das Reich des gesunden Menschenverstandes haben die Menschen nicht sonderlich bewegt. Die Wissenschaftler haben sich an die Paradoxien gewöhnt und gelernt, mit den neuen Formeln zu rechnen – sie haben sich ja auch bestens bewährt. Eine anschauliche Repräsentation in den Kategorien des Alltagsverständnisses war nicht notwendig. Die anderen Menschen aber waren von diesen Dingen nicht betroffen, da unsere tägliche Erfahrung, unsere normale Umwelt, sich weit genug entfernt von den charakteristischen Größen Lichtgeschwindigkeit und Wirkungsquantum abspielt, so daß weder relativistische noch Quanten-Effekte auftreten. So nimmt der Nichtexperte Paradoxa dieser beiden Arten höchstens als gruselige, unheimliche oder „un“-sinnige Geschichten aus populärwissenschaftlichen oder Science-fiction-Darstellungen zur Kenntnis, wird aber nicht direkt davon berührt.

3. Komplexität, der dritte Fallstrick für den Alltagsverstand

In den letzten Jahrzehnten, insbesondere nach dem Zweiten Weltkrieg, ist eine dritte Einschränkung für den Alltagsverstand in Erscheinung

getreten, die unser Leben unmittelbar tangiert: Wir sind offenbar nicht in der Lage, komplexe Zusammenhänge in vernetzten Systemen so zu erfassen, daß eine Voraussage möglich ist. Heute ist das Schlagwort vom „vernetzten Denken“ in aller Munde; der hier behandelte „dritte Fallstrick“ beruht aber eben darauf, daß unser Gehirn nur in sehr beschränktem Maße „vernetzt“ denken kann.

Es handelt sich hier um das Gebiet der Komplexität. Komplexe Systeme sind solche, in denen mehrere bis viele Bestandteile zusammenwirken (wechselwirken), also miteinander verkoppelt sind. Das Verhalten eines solchen Systems ist nicht voraussagbar, geschweige vorausberechenbar, obwohl das Verhalten der einzelnen Bestandteile exakt den bekannten Regeln der Physik folgt, also determiniert ist. Wirken mehrere bis viele nichtlinear verkoppelte Vorgänge zusammen, so entwickelt sich eine sehr komplizierte Dynamik, die man nicht geschlossen vorausberechnen kann. Man spricht hier von chaotischem Verhalten, chaotischer Dynamik oder deterministischem Chaos.

Erst durch die Entwicklung sehr leistungsfähiger Computer konnte man das Verhalten solcher Systeme im Computermodell nachvollziehen. Dabei fand man, daß sie manchmal zu stabilen Endwerten hinstreben (Attraktoren genannt), manchmal aber auch instabil bleiben, und jedenfalls völlig unvorhersagbar sind. Man hat daher auch die Meinung vertreten, daß eine solche chaotische Dynamik durch ihr unvorhersagbares Verhalten gewissermaßen in der Natur als neue Möglichkeiten aufzufinden, d. h., neue Muster oder Konfigurationen in Raum oder Zeit auszubilden. Man schreibt ihr also gewissermaßen „schöpferische“ Fähigkeiten zu. Ist ein Mechanismus vorhanden, die Brauchbarkeit einer neuen Konfiguration zu testen und diese gegebenenfalls zu fixieren, so hätten wir eine theoretische Fundierung der Evolution mit Selektion und Überleben des Nützlichen. Tatsächlich wird heute ein solcher Mechanismus für die Evolution diskutiert.

Der enorme Aufschwung in der Erforschung des Komplexen, seiner Entstehung und seiner Dynamik, hat zwei Wurzeln. Die erste ist die Erkenntnis, daß hier ein theoretischer Rahmen vorliegt, der auf sehr viele Einzelprobleme paßt. Neuronale Netze, Parallelprozessoren, Immunreaktionen, Gehirntätigkeit, aber auch wirtschaftliche und gesellschaftlich-kulturelle Entwicklungen finden hier eine gemeinsame Basis. Die zweite Wurzel aber ist die Entwicklung leistungsfähiger Computer, die es uns erlauben, immer kompliziertere Modelle versuchsweise „durchzuspielen“. Wenn wir komplexe Systeme besser verstehen werden, können wir viele Irrationalitäten im Verhalten von Menschen und Gesellschaften einsichtig machen, und unser Planen wird nicht mehr ein reines Ratespiel sein.

Wissenschaftsverständnis im Wandel

Die Komplexität als dritter Fallstrick für den Alltagsverstand hat somit zwei einschneidende Folgen. Einmal lehrt sie uns, daß es Systeme gibt (und mit solchen haben wir es im täglichen Leben überwiegend zu tun), deren Verhalten zumindest längerfristig nicht voraussagbar ist, obwohl die Einzelvorgänge, aus denen sie zusammengesetzt sind, völlig eindeutig sein können. Eine Erkenntnis, die den Wissenschaftler bescheiden machen muß und ihm seine Beschränktheit auch im Bereich des Alltäglichen zeigt. Zum anderen beginnen wir, das Verhalten eben dieser komplexen Systeme zu verstehen.

Im übrigen stellt die uns umgebende Natur mit ihren hochvernetzten Kreisläufen das beste Beispiel für chaotische Dynamik dar, und es ist keine neue Erkenntnis, daß das Wetter nicht längerfristig vorausgesagt werden kann. Bisher glaubten wir, unsere Messungen und Rechenmethoden reichten nicht aus; die neue Wissenschaft von Komplexen lehrt uns, daß hier eine grundsätzliche Schranke besteht. Die Untersuchung der chaotischen nichtlinearen Dynamik ist derzeit im vollen Gange, und es ist nicht abzusehen, was sie uns noch bringen wird. Glaube noch Laplace, die Errechnung der Zukunft hänge von der Kenntnis der Gegenwart ab, so lehrt uns das Studium der chaotischen Dynamik, daß kleine Fehler in unserer Kenntnis der Gegenwart mit der Zeit exponentiell anwachsen können, so daß eine Langzeit-Vorhersage der Zukunft unmöglich wird. Die Komplexität setzt also eine weitere, absolute Grenze, die im Bereich des täglichen Lebens wirksam wird.

Liebe CLB-Leserin, lieber CLB-Leser,

wenigstens in der Chemie lag mein Nobelpreisraten vom vergangenen Editorial richtig; ich hatte ja auf den Bereich der Katalyse getippt. Der Preis ging an drei Forscher für „die palladium-katalysierte Verknüpfung in organischer Synthese“ (s. S. 507). Und was den Physik-Nobelpreis anging: Zumindest das in diesem Jahr ausgezeichnete Thema „Graphen“ hat die CLB erst kürzlich aufgegriffen, als Artikel von den zwei Jugend forscht-Bundessiegern 2010 für die beste interdisziplinäre Arbeit (siehe CLB 07-08/2010: Jugend forscht – Anwendungen von Graphen, Seiten 310-319).



In der Physik galt lange Zeit übrigens auch Hermann Haken als Kandidat für den Nobelpreis, zumindest in Deutschland. Haken begründete die Synergetik, die mittlerweile aber von dem angloamerikanischen Begriff der Nonlinear Science überdeckt wird. Tatsächlich erschließt sich jemandem, der sich zunächst nur einem dieser Begriffe nähert, eine erstaunliche Vielfalt von Phänomenen, für die es nur wenige methodische Herangehensweisen gibt – neben der Synergetik zum Beispiel auch die Chaostheorie. Die Phänomene versetzen uns aber immer wieder in Erstaunen, und sie haben eins gemeinsam: Aus einem Viel-Komponenten-System tauchen plötzlich Eigenschaften auf, mit denen niemand rechnen konnte, weil die Einzel-elemente nicht im Ansatz Hinweise auf diese neuen Eigenschaften geben. Man spricht daher von Emergenz. Die Faszination dieser Phänomene will ich Ihnen in dieser CLB auf den Seiten 480-491 weitergeben.

Die dort besprochenen Begriffe Emergenz, Komplexität und deterministisches Chaos haben dem Weltbild der Naturwissenschaften im ausgehenden 20. Jahrhundert im Vergleich zu dessen Anfangsjahren „den Rest gegeben“ hin zu einem fundamentalen Wandel. Angestoßen wurde dieser zuvor schon durch die Relativitätstheorie und die Quantentheorie (siehe dazu auch den Teil des Aufsatzes „Wissenschaftsverständnis im Wandel“ von 1988 auf der nebenstehenden CLB Geschichts-Seite).

Der Artikel über die Emergenz spannt auch einen Rahmen über den Artikel zu Neuro-morphic engineering mit seinen Versuchen zur Simulation des Gehirns (siehe vorangegangene CLB vom Oktober). Wie dort und auch am Ende dieses Emergenz-Artikels angesprochen zeichnen sich mittlerweile ja bislang unvorstellbare Möglichkeiten ab. Sie haben bei ihrer denkbaren Realisierung zur Folge, dass die erstaunlichste Emergenz, die wir kennen, unser Bewusstsein, noch übertroffen werden könnte. Aber lesen Sie selbst...

Wenn das Licht nicht so langsam wäre, könnten wir uns wohlmöglich bereits über die Folgen weitergehender Emergenz mit anderen intelligenten Bewohnern der Milchstraße austauschen. Nach neuesten Abschätzungen von Wissenschaftlern sind erdähnliche Planeten in unserer Galaxis nämlich nicht selten, sondern überaus häufig anzutreffen (Science 29 October 2010: Vol. 330. no. 6004, pp. 653 - 655). Nach ihren Berechnungen besitzt fast jeder vierte sonnenähnliche Stern in der Galaxis ein Planetensystem, das erdähnliche Planeten enthält. Demnach dürfte allein in unserer Milchstraße mit Dutzenden Milliarden erdähnlicher Planeten zu rechnen sein! Wenn da nicht auch außerirdisches intelligentes Leben anzutreffen ist, vielleicht sogar ein bereits emergiertes planetares Bewusstsein,

Ihr

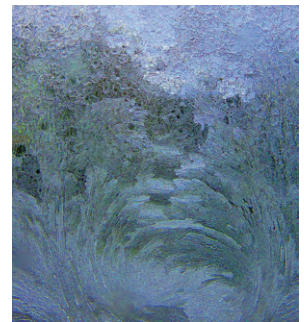
INHALT

Aufsätze

Emergenz: Der Funke der Schöpfung Wenn viele Teile wechselwirken – mathematisch fassbar und doch unvorhersehbar _____	480
Rohstoff für das Kunsthandwerk – oder auch Kraftwerkprodukt Gips als Natur-, Synthese- und Industrie-Produkt _____	492

Rubriken

Editorial _____	473
Impressum _____	475
F & E im Bild _____	475
Unternehmen _____	476
Personalia _____	478
Nachschlageseite _____	503
Forschung und Technik _____	504
Der neueste Stand _____	506
Umfeld Wissenschaft _____	507
Literatur _____	508
Bezugsquellenverzeichnis _____	519
CLB-Geschichte _____	U1



Zum Titelbild:
Eisblumen an einem Fenster sind ein Beispiel für emergente Phänomene. Über Emergenz in Theorie und Beispielen berichtet der Artikel ab Seite 480 (Foto: Kickuth).

Erreichen & Erhalten

Deutschland attraktiv für Spitzen-Studierende Vor allem bei Ingenieuren und Naturwissenschaftlern hoch im Kurs ____	510
Zahl der Beanstandungen weiterhin gering BVL stellt Ergebnisse der amtlichen Lebensmittelüberwachung 2009 vor _____	511
Komplexe Daten sorgen für Abstimmungsbedarf Studie über vernetzte Primärdaten-Infrastruktur in der Chemie _____	512
Konstrukteure verzweifelt gesucht Projekt „Konstrukteur 2020“ gestartet – Berufsbild attraktiver darstellen _____	516
Weiterer Investitionsbedarf in Ausbildung Deutschland hinkt Österreich und Schweiz bei Bildungsausgaben hinterher _____	517
Probenvorbereitung und erste Analysen Mehrere richtige Antworten pro Frage sind möglich. _____	518



Pheromone spielen nicht nur beim Termitenbau eine Rolle (s. S. 482 und 483: Allelopathie). Bei der nur etwa zwei Millimeter großen Erzwespe *Nasonia vitripennis* sind sie von zentraler Bedeutung bei der Partnersuche. Wie nun eine Gruppe von Forschern um Prof. Joachim Ruther von der Universität Regensburg herausgefunden hat, ist die Reaktion auf solche chemischen Reize bei der Erzwespe allerdings auch maßgeblich von deren Paarungszustand abhängig. So ergaben Verhaltensuntersuchungen im Labor, dass ausschließlich jungfräuliche Weibchen von dem Duft der Männchen angezogen werden. Die attraktive Wirkung des Pheromons geht jedoch innerhalb weniger Minuten nach der Paarung verloren. Die attraktive Wirkung der Männchen geht von einem aus drei Komponenten bestehenden Sexualpheromon aus, das sie in ihrem Enddarm produzieren und über die Analöffnung durch tufende Bewegungen ihrer Hinterleibspitze abgeben.

Faszinierenderweise ist es ein weiteres Pheromon des sich paarenden Männchens, welches die Reaktion der Weibchen auf das Sexualpheromon praktisch abschaltet. Das Männchen trägt

den – bisher noch nicht identifizierten – Stoff während der Balz aus einer oralen Drüse auf die Antennen des Weibchens auf, was bei diesem Paarungsbereitschaft auslöst und gleichzeitig dafür sorgt, dass es sich nicht mehr zu dem Duft anderer Männchen hingezogen fühlt. Stattdessen bevorzugen verpaarte Weibchen nun den Geruch von Fliegenpuppen, die sie zur Eiablage brauchen. Das Foto zeigt ein Pärchen der Erzwespe *Nasonia vitripennis* bei der Paarung. Das Weibchen hat mit dem Legebohrer zur Eiablage in ein Fliegenpuparium (Puppenhülle) eingestochen (Abb.: Uni Regensburg).

Pheromone für Sex

Impressum

CLB
Chemie in Labor und Biotechnik

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

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

Herausgeber:
Prof. Dr. Dr. U. Fitzner, Ratingen
Prof. Dr. K. Kleinermanns, Düsseldorf,
Prof. Dr. J. Schram, Krefeld
Prof. Dr. Georg Schwedt, Bonn
Dr. Wolfgang Schulz, Stuttgart
Prof. Dr. G. Werner, Leipzig.

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

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

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

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

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

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

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

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

Erfüllungsort ist Heidelberg. Mitglieder des VBTA, des VCÖ sowie des VDC erhalten die CLB zu Sonderkonditionen.

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

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

Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar.

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

ISSN 0943-6677



NACHRICHTEN & NOTIZEN

Vizaar AG, Albstadt, übernimmt alle Aktien der Fort SA in Dourdan. Der deutsche Spezialist für die Entwicklung, Herstellung und Prüfdienstleistung ferngesteuerter Sichtprüfungen stärkt damit seine Position auf dem französischen Markt.

Galapagos, eine belgische Biotech-Firma aus Mechelen, hat den Europäischen Biotechnica-Preis 2010 gewonnen. Die Firma ist spezialisiert auf die Entwicklung von Antikörper- und kleinemolekularen Therapien.

Roche erwarb jetzt für 175 Millionen US-Dollar weltweit alle Entwicklungs- und Vertriebsrechte an Danoprevir von InterMune, Inc. Danoprevir ist ein gegen das Hepatitis-C-Virus gerichteter Proteasehemmer der 2. Generation.

BASF wird ihre Geschäfte mit Styrol-Monomer (SM), Polystyrol (PS), Acrylbutadienstyrol (ABS), Styrol-butadiencopolymere (SBC) und weiteren Styrol-basierten Copolymeren ausgliedern und in separate Gesellschaften einbringen. Das globale Geschäft mit Polystyrolschäumen verbleibt innerhalb der BASF. Das gilt auch für die zu ihrer Herstellung notwendigen SM- und PS-Kapazitäten in Ludwigshafen.

Meeco Inc., USA, Hersteller von Feuchtigkeitsanalytoren für industrielle Anwendungen, erweitert sein globales Vertriebsnetz in Europa. Dazu wurden Partnerschaften mit vier neuen Distributoren vereinbart: Bernt Messtechnik GmbH in Deutschland, APT in Italien, SPA (Systemy Pomiarowo-Analityczne) in Polen und OmniProcess AB in Schweden.

Tiger Optics hat neue Partnerschaftsabkommen mit acht namhaften Distributoren in Europa und den USA unterzeichnet, um die stark steigende Nachfrage nach modernen Gas-Analysern zu erfüllen. Die Partnerschaften bestehen zu Bernt Messtechnik in Deutschland, S.E.C. Scientific Equipment (Israel), A&LCO Industries (Italien), APT (Italien), SPA (Polen), OmniProcess (Schweden), Instrumentación Analítica (Spanien) und Flowmaster (USA).

Lanxess hat an seinem Standort Jinshan in Shanghai/China eine neue Produktionsanlage für Eisenoxid-Schwarzpigmente in Betrieb genommen. Künftig stellt das Feinchemie-Unternehmen zusätzlich zu den Eisenoxid-Gelbpigmenten, von denen bislang 28 000 Tonnen jährlich produziert werden, weitere 10 000 Tonnen Eisenoxid-Schwarzpigmente her.

454 Life Sciences, eine Firma von Roche ist jetzt eine Partnerschaft mit der britischen DNA Electronics eingegangen. Ziel ist die Entwicklung eines kostengünstigen Hochdurchsatz-DNA-Sequenziersystems.

Nunhems, eine Firma von Bayer CropScience, hat eine neue Gemüsesaatgut-Aufbereitungsanlage in Parma, USA, eröffnet. Rund 30 Millionen US-Dollar hat das Unternehmen in die neue Anlage und die Modernisierung bestehender Kapazitäten für Saatgutaufbereitung und -lagerung investiert.

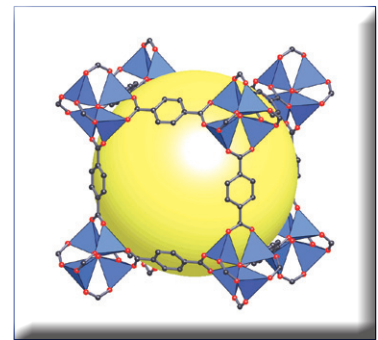
MOFs im Industriemaßstab

Neues Verfahren der BASF für Gasspeicherung

Erstmals im Industriemaßstab lösungsmittelfrei herstellbar lassen sich jetzt metallorganischer Gerüstmaterialien (MOF; metal organic framework).

Entdeckt wurden die MOFs Ende der 90er Jahre von dem US-amerikanischen Chemiker Omar M. Yaghi (siehe CLB 03-2009, S. 94-99). BASF-Forscher hatten nach seinem 1999 veröffentlichten Artikel in der Fachzeitschrift Nature Kontakt aufgenommen und forschen seither gemeinsam mit Yaghi an der Synthese metallorganischer Gerüstmaterialien. Ziel ist es, MOFs mit möglichst großer Oberfläche und Speicherdichte zu entwickeln. Mit MOF-210 gelang Yaghi vor kurzem die Synthese eines Zinkcarboxylats mit einer Oberfläche von mehr als 10 000 Quadratmetern pro Gramm Material. Zum Vergleich: Die durchschnittliche Oberfläche der bekannten MOFs lag bisher bei maximal 5000 Quadratmetern pro Gramm.

Die nun von der BASF entwickelte großtechnische Synthese hat den Vorteil, dass keine organischen Lösungsmittel mehr benötigt werden. Nach Unternehmensangaben ergibt das einfache



Metal organic framework-Prototyp MOF-5 (Abb.: Yaghi).

Verfahren eine hohe Materialausbeute aus wässrigem Medium und eignet sich für bestehende Produktionsanlagen.

Die nach dem neuen Verfahren produzierten MOFs werden derzeit zur Erdgasspeicherung im Schwerlasttransport getestet. Erdgas-Fahrzeuge sollen in Zukunft mit einer Tankfüllung doppelt so weit fahren können wie bisher. Wegen ihrer Struktur und großen Oberfläche eröffnen die MOFs Perspektiven für alternative Antriebstechniken, in der Katalyse, als Nanoreaktoren oder bei der Wirkstofffreisetzung und sind deshalb sowohl für die Industrie als auch für die universitäre Forschung von großem Interesse.

Zum Artikel rechte Seite: GFK-Produktionsmengen in Europa nach Verfahren/Teilen (2010* = geschätzt; Abb.: AVK).

	2010*	2010/09*	2009	2009/08	2008
	Kt		Kt	%	Kt
SMC	198	23,8	160	-23,8	210
BMC	69	23,2	56	-20,0	70
Σ SMC/BMC	267	23,6	216	-22,9	280
Hand lay-up	160	30,1	123	-39,1	202
Spray-up	92	24,3	74	-28,2	103
Σ Open mould	252	27,9	197	-35,4	305
RTM	113	20,2	94	-11,3	106
Sheets	72	28,6	56	-18,8	69
Pultrusion	47	20,5	39	-15,2	46
Σ Continuous processing	119	25,3	95	-15,7	115
Filament winding	82	18,8	69	-12,7	79
Centrifugal casting	66	20,0	55	-11,3	62
Σ Pipes and Tanks	148	19,4	124	-12,1	141
GMT/LFT	100	33,3	75	-21,1	95
Others	16	14,3	14	-12,5	16
Sum:	1.015	24,5	815	-23,0	1.058

Markt für Composites besser als prognostiziert

AVK: Europa-Produktion 2010 um ein Viertel höher als im Vorjahr

Der Markt für Faserverbund-Kunststoffe/Composites 2010 wird sich voraussichtlich wesentlich besser entwickeln als 2009 prognostiziert. Das gesamte Produktionsvolumen des betrachteten europäischen Marktes wird bis Ende 2010 vermutlich um etwa ein Viertel höher ausfallen als im Vorjahr. Damit ist – früher als erwartet – das Niveau des Jahres 2008 fast wieder erreicht.

Wie im Vorjahr hat der deutsche Fachverband AVK – Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e.V. die Einschätzung der Produktionsmengen über eine Befragung erhoben. Aus Gründen der Vergleichbarkeit beinhaltet das hier betrachtete „Gesamt“-Europa nur die Länder, deren Produktion sich den befragten Rohstofflieferanten explizit erschließt. Die Marktdatenerfassung beruht auf dem Verstärkungsmaterial Glasfasern, das in etwa 90% der Composites-Menge verarbeitet wird. Erstmals enthält der AVK-Marktbericht auch Daten speziell zum CFK-Markt. Diese wurden vom CCeV – Carbon Composites e.V. – erhoben.

Die o.g. generell positive Entwicklung gilt aber nicht in gleichem Maße für jedes Unternehmen und nicht für jedes Land. Je nach Einsatzgebiet, Verfahren und Unternehmensgröße unterscheidet sich die Wachstumsrate teils deutlich. Die Märkte sind weiterhin sehr dynamisch. Noch immer gibt es ein enormes, bisher nicht ausgeschöpftes Potenzial der Composites als nachhaltig sinnvolle Substitution „traditionell“ eingesetzter Werkstoffe.

Die GFK-Produktionsmenge ist in Europa mit 1,015 Millionen Tonnen (s. Abb. linke Seite) um etwa ein Viertel gegenüber dem niedrigen Volumen des Vorjahres gewachsen. Damit ist das Niveau von 2008 fast wieder erreicht. Allerdings beruht die Datenerfassung im Wesentlichen auf den Angaben

der Erzeuger von Rohstoffen (Harze, Glasfasern). Es kann sein, dass nach dem zunächst erfolgten Abbau von Lagervorräten das derzeitige starke Wachstum auch durch Auffüllen der Lager bedingt ist. In Europa gibt es etwa 10 000 Composites verarbeitende Unternehmen mit über 100 000 Beschäftigten. Die meisten Unternehmen sind kleine oder mittelständische, die nur schwer statistisch zu erfassen sind. Daneben gibt es mehrere tausend Unternehmen, die Zulieferer, Ausrüster oder Dienstleister sind. Nachdem 2009 die schlechte wirtschaftliche Situation und die rückläufige Produktion das dominante Thema war, beschäftigen sich die Unternehmen nun mit der Konsolidierung der verbesserten Geschäftslage, der Wiederbelebung stillgelegter Produktionskapazitäten, dem Ausbau der Produktion sowie der Erschließung neuer Märkte. Im Wesentlichen hängt diese Entwicklung mit der deutlichen Belebung der Absatzmärkte zusammen.

Die „Big Five“ sind weiterhin Spanien, Italien, Deutschland, Großbritannien und Frankreich. Die unterschiedliche Länderentwicklung hängt eng mit den differierenden Entwicklungen der Industrie-Anwendungen zusammen. Auch die wirtschaftspolitischen Reaktionen auf die Krise hatten Einfluss: So hat in Deutschland die Förderung von Kurzarbeit dazu geführt, dass der betriebswirtschaftlich eigentlich erforderliche Beschäftigungsabbau gebremst wurde. Auf wachsende Nachfrage konnte dann gut und schnell reagiert werden. Im Zuge der Globalisierung spielen die asiatischen Märkte für die europäischen Composites-Unternehmen künftig eine immer größere Rolle.

Naturfaser- und kohlenstofffaser-verstärkte Kunststoffe (CFK)

Carbonfasern, das Ausgangsmaterial für CFK, werden weltweit von

nur wenigen Herstellern produziert, wohingegen die Anzahl der Komponentenhersteller und somit die Menge der hergestellten Produkte sehr hoch und damit schwer zu beurteilen ist. Die Bewertung des Marktvolumens erfolgt daher anhand des Geldwertes der verkauften Fasern.

Im Rahmen der Wirtschafts- und Finanzkrise hat sich der Carbonfaser-Markt analog zur allgemeinen Industrie im Jahr 2009 rückläufig entwickelt. Inzwischen geht es deutlich aufwärts. Bis 2011 wird das Niveau von 2008 voraussichtlich wieder erreicht sein. Die Produktion von CFK-Komponenten beginnt sich, bei vermutlich deutlich geringeren Einbrüchen als auf der Faserseite, ebenfalls schnell zu erholen. 2010 wird voraussichtlich ein Wachstum von 7,5 % bringen. Dies entspricht einem weltweiten Produktionsvolumen von 5,8 Mrd. Euro.

Die CFK-Produktion findet derzeit hauptsächlich in vier Regionen statt. Hierbei entfällt der Hauptanteil auf Nordamerika (36%) und Westeuropa (34%). In der Asien-Pazifik Region und in Japan werden jeweils etwas mehr als 10% des weltweiten Volumens produziert.

Die Hauptanwendungsindustrie von CFK-Komponenten ist die Luftfahrtindustrie. Hier werden etwa 29% der Produkte verwendet. Weitere wichtige Bereiche sind die Windkraft (13%), der Fahrzeugbau, der Sportbereich und allgemeine Industrieenanwendungen (jeweils 11%). Etwa 7% entfallen auf den Medizinbereich.

Für die nächsten Jahre sind die Aussichten sehr positiv: Dem Carbonfaser- und damit dem CFK-Markt wird bis 2015 ein überdurchschnittliches Wachstum prognostiziert, wobei Europa dann allein möglicherweise die Hälfte des Weltbedarfs ausmachen wird.

Dr. Elmar Witten

BASF Ab Mai 2011 werden **Margret Suckale** als Arbeitsdirektorin und Leiterin des Ressort II sowie **Michael Heinz** als Leiter des Ressort IV neu in den Vorstand der BASF SE berufen. Dr. Hans-Ulrich Engel wird zum Chief Financial Officer ernannt und übernimmt das Ressort III mit Sitz in den USA. Dr. Harald Schwager folgt Engel als Leiter des Ressort V. Als Nachfolgerin von Stephen K. Green soll **Anke Schäferkordt** (47), Geschäftsführerin der Mediengruppe RTL Deutschland und RTL Television, in den Aufsichtsrat der BASF SE nachrücken.

GWK Die Gemeinsame Wissenschaftskonferenz (GWK) hat den bisherigen Staatssekretär in der Senatsverwaltung für Bildung, Wissenschaft und Forschung des Landes Berlin, den Geschichts- und Politikwissenschaftler **Dr. Hans-Gerhard Husung** zu ihrem neuen Generalsekretär bestellt. Dr. Husung löst Jürgen Schlegel ab, den langjährigen Generalsekretär der ehemaligen Bund-Länder-Kommission (BLK) und jetzigen Generalsekretär der Gemeinsamen Wissenschaftskonferenz (GWK), der in den Ruhestand geht.

MPIE Prof. Dr. -Ing. Dierk Raabe (45) ist als Vorsitzender der Geschäftsführung des Max-Planck-Instituts für Eisenforschung (MPIE) für die nächsten fünf Jahre bestätigt worden. Der bisherige Institutsvorsitzende Prof. Dr. rer. nat. Martin Stratmann (56) wird somit die Funktion des stellvertretenden Vorsitzenden der Geschäftsführung am MPIE wahrnehmen. Dierk Raabe ist seit 1999 Direktor am MPIE Düsseldorf und Professor am Institut für Metallkunde und Metallphysik an der RWTH Aachen.

SARTORIUS Petra Kirchoff (41) ist neues Mitglied im Aufsichtsrat der Sartorius AG. Sie vertritt dort die Leitenden Angestellten und folgt auf Manfred Werner (62), der dieses Mandat niedergelegt hat. Dipl.-Volkswirtin Petra Kirchoff ist seit 2001 für

Sartorius tätig und leitet seit 2003 die Konzernkommunikation.

SIGNATURE DIAGNOSTICS

Der Molekularbiologe **Dr. Rainer Kramer** ist neuer Geschäftsführer und Vorstandsmitglied bei Signature Diagnostics, Potsdam. Das Unternehmen wird 2011 neue Therapeutika gegen Dickdarmkrebs auf den Markt bringen.

EHRUNGEN

Der mit insgesamt 60 000 Euro dotierte **Paul Ehrlich- und Ludwig Darmstaedter-Nachwuchspreis 2011** geht an den Dresdner Biophysiker **Dr. Stephan Grill** (36), Forschungsgruppenleiter am Max-Planck-Institut für molekulare Zellbiologie und Genetik und am Max-Planck-Institut für Physik komplexer Systeme, für seine „Beiträge auf dem Gebiet der Zellbiologie“. Dr. Grill hat die „lasergestützte nicht-invasive intrazelluläre Mikrochirurgie“ entwickelt.

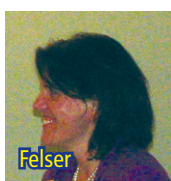
Die Juniorprofessorin und Physikerin **Prof. Dr. Sarah Köster** (31) erhält den mit 10 000 Euro dotierten **Helene-Lange-Preis 2010** für Nachwuchswissenschaftlerinnen, der von der EWE-Stiftung in Kooperation mit der Universität Oldenburg jährlich vergeben wird. Sie leitet die Nachwuchsgruppe „Nanoscale Imaging of Cellular Dynamics“ am Courant Forschungszentrum „Nanospektroskopie und Röntgenbildgebung“.

Nataliya Rybalka erhält für ihre Forschungsarbeit mit Algenkulturen den Preis „**For Women in Science**“. Die Auszeichnung der deutschen UNESCO-Kommission, L'Oréal Deutschland und der Christiane Nüsslein-Volhard-Stiftung wird an Wissenschaftlerinnen mit Kindern verliehen und ist mit 20 000 Euro dotiert. Nataliya Rybalka ist seit 2008 am Albrecht-von-Haller-Institut für Pflanzenwissenschaften der Universität Göttingen tätig.

Der mit 5000 Euro dotierte **Reimund-Stadler-Preis** der Fachgruppe Makromolekulare Chemie der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) wurde dem Chemiker **Prof. Dr. Jürgen Groll** (34), Lehrstuhl für Funktionswerkstoffe in der Medizin an der Universität Würzburg, verliehen. Mit dem Preis werden Grolls wissenschaftliche Leistungen bei der Entwicklung von Funktionswerkstoffen für die Medizin gewürdigt; im Besonderen seine Arbeiten zu Polymeren für biofunktionelle Beschichtungen, dreidimensionaler Zellkulturträger und Hydrogele.

Prof. Hans Wolfgang Spiess, Direktor am Max-Planck-Institut für Polymerforschung in Mainz, wurde in Kazan, Hauptstadt der Republik Tatarstan, mit dem internationalen **Zavoisky-Preis** der Russischen Akademien der Wissenschaften ausgezeichnet. Spiess erhielt den Preis für seine Pionierarbeiten auf dem Gebiet der gepulsten magnetischen Resonanz zur Erforschung von supramolekularen Systemen sowie für die Entwicklung von Methoden zur Abstandsmessung zwischen definierten Molekülsegmenten im Bereich von 0,1 bis 10 Nanometer. Diese Methoden werden heute von vielen Arbeitsgruppen zur Untersuchung von Biopolymeren eingesetzt.

Der mit 10 000 Euro dotierte **Wolfgang-Stille-Preis**, der Wissenschaftspreis der Paul-Ehrlich-Gesellschaft für Chemotherapie (PEG), wurde an **Prof. Dr. Oliver Keppler** und **Dr. Christine Goffinet** aus der Abteilung für Virologie des Universitätsklinikums Heidelberg verliehen. Den Forschern ist es gelungen, Wirkmechanismen eines Medikaments gegen die HIV-Infektion beim Menschen in einem von ihnen entwickelten transgenen Rattenmodell zu zeigen. Die Preisträger konnten zusammen mit Wissenschaftlern von GlaxoSmithKline zeigen, dass die orale Behandlung der Ratten mit dem HIV-Integrase-Inhibitor diesen Einbau fast vollständig hemmt.



Den mit 20000 Euro dotierten **Dechema-Preis** der Max-Buchner-Forschungsstiftung erhält **Prof. Dr. Rolf Müller** (45) für seine Forschungsarbeiten zur Entdeckung und Biosynthese mikrobieller Wirkstoffe aus Myxobakterien für pharmazeutische Anwendungen. Müller forscht am Helmholtz-Institut für Pharmazeutische Forschung Saarland, der Saarbrücker Außenstelle des in Braunschweig angesiedelten Helmholtz-Zentrums für Infektionsforschung, und lehrt an der Universität des Saarlandes.

Die Wissenschaftshistorikerin **Marianne Sommer**, SNF (Schweizerischer Nationalfonds)-Förderungsprofessorin an der Forschungsstelle für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte der Universität Zürich, untersucht mit kulturwissenschaftlichen Methoden, wie die Naturwissenschaften bei der Erforschung der Geschichte des Menschen vorgehen. Für ihre interdisziplinären Forschungen erhielt Marianne Sommer nun den vom SNF im Auftrag der Latsis-Stiftung vergebenen, mit 100 000 Franken dotierten **Nationalen Latsis-Preis 2010**.

Für seine Leistungen in den pharmazeutischen Wissenschaften erhielt **Prof. Theo Dingermann** vom Institut für Pharmazeutische Biologie der Goethe-Universität die **Carl-Mannich-Medaille**. Dies ist die höchste Auszeichnung der Deutschen Pharmazeutischen Gesellschaft (DPHG), benannt nach einem ihrer langjährigen Präsidenten. Auch Dingermann war von 1996 bis 1999 zunächst Vizepräsident und dann Präsident der DPhG (2000 bis 2003). Er hat sich in vielfältiger Weise für sein Fach engagiert: von 2005 bis 2010 war er Mitglied der Deutschen Arzneibuch-Kommission, seit 2005 ist er Biotechnologiebeauftragter im Technologiebeirat der HA Hessenagentur GmbH und seit 2007 ist er Mitglied des wissenschaftlichen Beirats des Bundesinstituts für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM).

Der **Klung-Wilhelmy-Weberbank-Preis** des Jahres 2010 geht an den Chemie-**Professor Stefan Hecht** (36) von der Humboldt-Universität zu Berlin. Er erhält die mit 100 000 Euro dotierte Auszeichnung für seine Arbeiten auf dem Gebiet funktionaler organischer Nanostrukturen, insbesondere Substanzen, deren chemisches und physikalisches Verhalten mit Licht an- und ausgeschaltet werden kann. Seine Forschungsergebnisse sind richtungsweisend für die Entwicklung „intelligenter“ Materialien.

Dipl.-Biol. Frank Bürmann vom Institut für Biochemie der Universität zu Köln erhielt den mit 2500 Euro dotierten **1. Preis des Biotechnica Studienpreises 2010**. Der vom Verband Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin (VBIO e. V.) ausgeschriebene Gesamtpreis ist mit 5000 Euro dotiert und wird von Roche gesponsert. Bürmann untersuchte in seiner Diplomarbeit bakterielle Dynamik, deren Aufreinigung und Interaktion mit Membranen unter definierten Bedingungen („Fundamental characterisation of a bacterial dynamin“).

Prof. Dr. Claudia Felser vom Institut für Anorganische Chemie und Analytische Chemie der Universität Mainz hat die **Nakamura-Vorlesung 2010** an der Universität von Kalifornien, Santa Barbara (UCSB) gehalten. Das Materialwissenschaftliche Forschungslabor der Universität vergibt diese Auszeichnung jährlich an einen Materialwissenschaftler. Die Vorlesung ist nach Shuji Nakamura, Professor an der UCSB, benannt. Die Forschung von Claudia Felser „Materialien für optische, magnetische und Energie-Technologien“ hat einen starken Bezug zur Arbeit von Nakamura. Mit der Entwicklung neuer durchstimmbarer Halbleiter in der großen Familie der Heusler-Materialien eröffnet diese Materialklasse nicht nur das Design neuer Materialien, sondern auch die Auswahl der Materialien unter den Gesichtspunkten Nachhaltigkeit und Preis.

Preis für Analytische Spektroskopie

Der DASp, Deutscher Arbeitskreis für Angewandte Spektroskopie in der Fachgruppe Analytische Chemie der Gesellschaft Deutscher Chemiker, vergibt regelmäßig den „Bunsen-Kirchhoff-Preis für analytische Spektroskopie“, um bedeutende Leistungen vor allem jüngerer Wissenschaftler in der analytischen Spektroskopie auszuzeichnen. Besonders erwünscht ist eine Arbeit in neuen Gebieten, wie Spektroskopie im Nanobereich, Spektroskopie an Biomolekülen oder Ähnliches. Der von der Firma Perkin Elmer mit 2500 Euro ausgestattete Preis soll für das Jahr 2011 wieder verliehen und auf der Anakon, im März 2011 in Zürich übergeben werden. Weitere Informationen unter www.dasp.info. Vorschläge senden Sie bitte bis zum **31. Dezember 2010** an: Prof. Dr. Detlef Günther, Laboratorium für Anorganische Chemie, ETH Hönggerberg, HCI, CH-8093 Zürich/Schweiz.

Preis für Diabetes-Forschung

Die mit 25 000 Euro dotierte Hans Christian Hagedorn-Projektförderung für das Jahr 2011 ist ausgeschrieben. Der Forschungspreis wird von der Novo Nordisk Pharma GmbH gestiftet und von der Deutschen Diabetes-Gesellschaft (DDG) und diabetesDE auf ihrer Jahrestagung verliehen. Gefördert werden soll das beste Forschungsprojekt auf dem Gebiet der experimentellen oder klinischen Diabetologie. Bis zum **30. November 2010 können sich** international ausgewiesene Arbeitsgruppen aus dem deutschen Sprachraum bewerben. Das prämierte Projekt muss bereits Ergebnisse vorweisen, die innerhalb des deutschen Sprachraums gewonnen wurden. Weiteres unter www.deutsche-diabetes-gesellschaft.de/redaktion/foerderungen/DDG.php.

Emergenz: Der Funke der Schöpfung

Wenn viele Teile wechselwirken –
mathematisch fassbar und doch unvorhersehbar

Rolf Kickuth, Gaiberg

Emergenz heißt „auftauchen“; plötzlich wird etwas Neues sichtbar, wo zuvor nur eine Ansammlung von Einzelteilen war. Aus vielen einzelnen Elementen entsteht unvorhersehbar etwas Komplexes, im Sinne von: Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile. Emergente Phänomene begegnen uns in Natur und Gesellschaft. Sie treten oft im Zusammenhang mit Selbstorganisationsprozessen auf und sind omnipräsent – und gleichermaßen unerklärlich. Einige Grundprinzipien lassen sich formulieren, und nicht immer ist Selbstorganisation auch mit Emergenz verbunden (siehe dazu den Artikel „Technische Nutzung der Selbstorganisation“ in CLB 10/2004). Zum ersten Mal genannt wurde der Begriff Emergenz 1875 zur Erklärung von Bewusstsein durch George Henry Lewes [1], dem wohl erstaunlichsten Auftreten einer neuen Eigenschaft aus Milliarden von Basisbausteinen.

Selbstorganisation führt nicht automatisch zu emergenten Phänomenen, und nicht immer bedarf es der Selbstorganisation, um Emergenz hervorgerufen. Einfache Beispiele dafür sind Druck und Temperatur von Gasen. Von einzelnen Atomen oder Molekülen kann man keinen Druck und keine Temperatur angeben, bestenfalls eine zu einem Bezugspunkt relative Geschwindigkeit. Selbst im niedrigsten Bereich von Ultrahochvakuum bei einem Druck von einem Milliardstel Hektopascal (Millibar) enthält ein Volumen von einem Liter noch zehn Millionen Moleküle, die jedoch praktisch nur noch mit den Behälterwänden kollidieren. Ihre mittlere freie Weglänge – diejenige ohne Zusammenstoß mit anderen Molekülen – beträgt nämlich zehntausend Kilometer. Wann tritt nun Druck auf? Es existiert offenbar für jedes Sy-

stem eine Mindestanzahl von miteinander wechselwirkenden Bausteinen, die für die Entwicklung einer emergenten Eigenschaft notwendig ist.

Ein Schlüsselwort in dem vorangegangenen Satz ist „wechselwirken“. Betrachtet man ein ideales Gas, beschränkt sich die Wechselwirkung der Atome lediglich auf gegenseitige elastische Stöße; aus deren Anzahl und Intensität lassen sich Druck und Temperatur ableiten. Es gibt aber auch zwischen Atomen und Molekülen weitere Formen von Wechselwirkungen; aus deren Zusammenspiel erwachsen auch Selbstorganisationsprozesse, die wiederum die Basis für Emergenz sein können. Eine derartige Selbstorganisation beruht häufig auf dem Wirken relativ schwacher Kräfte. Bei der molekularen Selbstorganisation spielen zum Beispiel nichtkovalente Bindungen eine entscheidende Rolle. Dadurch ist ein leichter Auf- und Abbau der einzelnen Bausteine möglich; zufällige Fehler lassen sich ausmerzen. Der Selbstorganisationsprozess ist also quasi selbstkorrigierend und ermöglicht Zielstrukturen mit hoher Präzision. Auch eine selbstorganisierte Struktur kann jedoch niemals perfekt sein; die Gesetze der Thermodynamik verhindern dies.

Werden die Prinzipien der Selbstorganisation auf die chemische Synthese und Strukturbildung übertragen, ergeben sich ganz neue Synthesewege und Produktklassen. Eine Reihe von Arbeiten in diesem Forschungsfeld beschäftigt sich mit der Synthese von supramolekularen Systemen, molekularen bzw. nanoskaligen Oberflächen und Clustern sowie von mesoskopischen und makroskopischen Materialien. So beruhen viele Beispiele der Nanotechnik auf dem Phänomen der Selbstorganisation. Ein aktuelles Beispiel dafür lieferte jetzt eine internationale Forschergruppe mit Beteiligung von Forschern der Universität Bayreuth [2]. Ihnen ist erstmals die Herstellung von Nanokristallen gelungen, die durch Selbstorganisation zu leitfähigen zweidimensionalen Nanostrukturen zusammenfinden (Abbildung 1). Die Nanokristalle bestehen aus Bleisulfid. Die treibende Kraft für die Bildung der zweidimensionalen Nanostruktur geht bei diesem Prozess von Ölsäure (cis-9-Octadecensäure) aus. Ihre Moleküle befinden sich auf der Oberfläche der Nanokristalle. Hier üben sie auf deren innere Struktur

Der Autor

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



eine stabilisierende Wirkung aus. Der Prozess der Selbstorganisation beginnt dadurch, dass die organischen Moleküle kristallisieren. Dadurch veranlassen sie die Nanokristalle, sich ihrerseits in eine kristalline, zusammenhängende Struktur zu fügen. Diese flächigen Nanostrukturen ermöglichen Elektronen einen sehr guten Durchfluss.

Mag man bei diesem Beispiel auch das Auftreten elektrischer Leitfähigkeit als Emergenz bezeichnen: So sehr beeindruckend ist das noch nicht; schließlich ist auch Kupferdraht leitfähig, während es einzelne Kupferatome nicht sind.

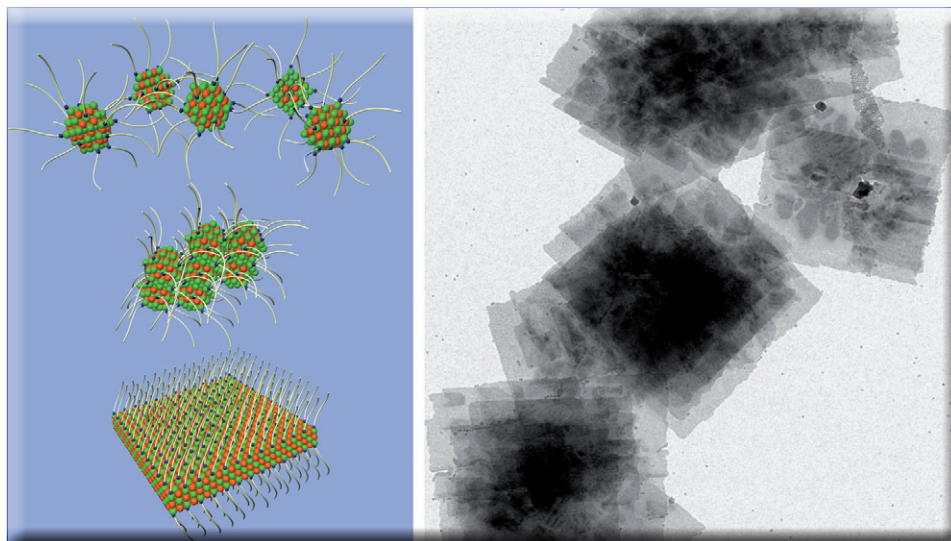


Abbildung 1: Links: Schema von einzelnen Nanokristallen, die durch Selbstorganisation in zweidimensionale Strukturen verschmelzen. Rechts: Elektronenmikroskopische Aufnahme von flächigen Nanostrukturen (Bleisulfid-Lagen) im Mikrometer-Bereich und einer Höhe von ca. zwei Nanometern (Abb.: Christian Klinke, Uni Hamburg).

Diverse Definitionen

Offenbar gibt es verschiedene Qualitäten von Emergenz. Schon Emergenz zu definieren ist nicht einfach. Kurz gefasst heißt es typischerweise: Emergenz ist das Auftauchen von neuen Systemzuständen durch das Zusammenwirken seiner Elemente, die nicht durch die Eigenschaften der beteiligten Systemelemente erklärt werden können. Aber es gibt reichliche Facetten von der Definition für Emergenz, wie es die Sätze-Sammlung von Robert B. Laughlin dazu zeigt*: „Emergence means complex organizational structure growing out of simple rules. Emergence means stable inevitability in the way certain things are. Emergence means unpredictability, in the sense of small events causing great and qualitative changes in larger ones. Emergence means the fundamental impossibility of control.“ Und der US-Physiker Laughlin, Nobelpreisträger des Jahres 1998 für seinen Beitrag zur theoretischen Erklärung des fraktionellen Quanten-Hall-Effekts und mittlerweile Verfechter einer Auffassung über Physik, nach der alle – und nicht nur einige – der uns bekannten Naturgesetze aus kollektivem Geschehen durch Emergenz hervorgehen, schließt daraus**:

„Emergence is a law of nature to which humans are

subservient.“ [3] Laughlin ist überzeugt, zukünftige Physik würde sich verstärkt mit makroskopischen Phänomenen wie der Selbstorganisation der Materie befassen, die nicht durch atomare oder subatomare Vorgänge erklärbar seien. Er sieht sogar ein „Zeitalter der Emergenz“ kommen.

Natürlich stößt diese unkonventionelle Physikanschauung auf Widerstand, zumal es nicht mal eine eindeutige Definition von Emergenz gibt. Neben den hier genannten Ansätzen von Laughlin gibt es zahlreiche weitere – und nicht nur dass: Landläufig unterscheidet man zwischen schwacher und starker Emergenz. Schwach emergent sind Phänomene, die man zunächst nicht erklären kann, die sich aber mit vertiefter Kenntnis der betrachteten Systeme erschließen. Stark emergent sind solche, die sich grundsätzlich nicht

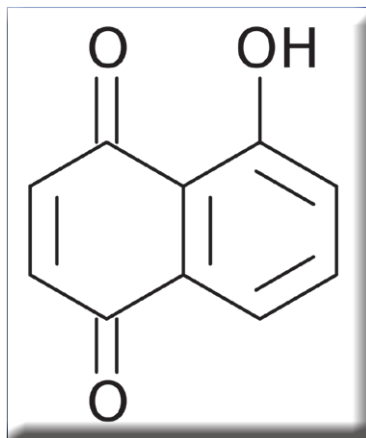
Kurz gefasst

- Emergenz entsteht aus der Wechselwirkung einer Vielzahl von Einzelelementen miteinander.
- Es gibt verschiedene starke Ausprägungen und Ordnungsgrade von Emergenz. Die entsprechenden Einteilungen sind teils Subjekt der Diskussion.
- Die Ausprägung der Erscheinungen von Emergenz sind nicht vorhersagbar.
- Mit der Synergetik, den Nonlinear Sciences, der Chaostheorie gibt es jedoch deterministische mathematische Formulierungen, die emergente Phänomene beschreiben.
- Beispiele für Emergenz sind allgegenwärtig. Die herausragende emergente Erscheinung stellt das Bewusstsein dar.

* Emergenz bedeutet, eine komplexe Organisationsstruktur entsteht aus einfachen Regeln. Emergenz bedeutet eine stabile Unausweichlichkeit gemäß der Lage der Dinge. Emergenz bedeutet Unvorhersagbarkeit in dem Sinne, dass kleine Ereignisse große qualitative Veränderungen bei größeren (Ereignissen) hervorrufen. Emergenz bedeutet die grundsätzliche Unmöglichkeit von Kontrolle.

** Emergenz ist ein Naturgesetz dem die Menschen untergeordnet sind.

Abbildung 2: Strukturformel von Juglon (5-Hydroxy-1,4-naphthalindion). Die Substanz ist ein natürlich vorkommender Farbstoff und kann aus Walnussschalen isoliert oder auch synthetisiert werden. Juglon hat antibakterielle und fungitoxische Wirkung und wirkt blutungsstillend (antihämorrhagisch), ist aber auch mutagen. Juglon ist isomer zu Lawson, dem Farbstoff der Hennablätter.



aus ihren Elementen und deren Interaktionen erklären lassen; so sind auch die Definitionsansätze Laughlins zu sehen. Nur: Wer sagt, dass irgend etwas später nicht doch erklärbar ist? Diese Unterscheidung ist also auch nur eine Hilfskonstruktion für mehr oder minder ausgeprägtes Unvermögen,

Abbildung 3: Etwa fünf Meter hoher und ca. 50 Jahre alter Termiten-Kathedralbau im Litchfield National Park, Northern Territory, Australien (Foto: J. Brew).



derartige Phänomene zu erklären. Dieser Artikel soll daher im Wesentlichen ihre Faszination beispielhaft vermitteln, Erklärungen soweit vorhanden skizzieren – und zu eigenen Gedanken und Nachforschungen anregen.

Allelopathie

Die anfangs genannten Gaseigenschaften-Beispiele zur Emergenz waren eher „trockener Stoff“. Zu besonders interessanten emergenten Phänomenen auf dem Gebiet von Biologie und Chemie führt hingegen die Allelopathie. Was wie eine Krankheit klingt (vom Griechischen *allelon*: voneinander sowie *pathos*: Leiden) ist vielmehr eine besondere Art der Kommunikation zwischen biologischen Organismen. Dabei beeinflusst eine Art von Organismen eine andere Art durch die Freisetzung einer oder mehrerer chemischer Substanzen in deren Wachstum, Überlebensfähigkeit oder Reproduktionseigenschaften. Die zur Informationsübertragung eingesetzten Substanzen heißen Allelochemikalien. Allelopathie findet man bei Pflanzen, Algen, Bakterien, Korallen und Pilzen. 1937 beschrieb der österreichische Botaniker Hans Molisch erstmals entsprechende gegenseitige Beeinflussungen von Pflanzen [4].

Allelochemikalien entstammen meist dem pflanzlichen Sekundärstoffwechsel. Ihre Verbreitung erfolgt durch Verdunstung, über flüssige Wurzelaustrittsprodukte oder durch verrottende Pflanzenteile. Ein oft genanntes Beispiel für Allelopathie ist der Schwarze Walnusbaum (*Juglans nigra*). Wirksubstanz ist ein Glucosid eines Naphthalenderivates, das in grünen Pflanzenteilen gebildet wird. Regen wäscht die Substanz von den Blättern ab, die so in den Boden gelangt – oder auch dort über Wurzeln abgegeben wird. Dort erfolgt die hydrolytische Abspaltung der Glucose; es liegt dann Hydrojuglon vor, welches mikrobiell zu Juglon oxidiert wird (Abbildung 2). Dies wirkt bereits in sehr geringen Konzentrationen hemmend auf die Keimung anderer Pflanzen wie Tomaten, Kartoffeln, Getreide oder Apfelbäume. Durch Allelopathie lassen sich aber statt negativer Wirkungen auch positive Effekte im Empfängerorganismus auslösen. Forschungen zu Allelochemikalien konzentrieren sich heutzutage darauf, natürliche Herbizide zu finden.

Weitere Fassung des Allelopathie-Begriffs

Die beiden vorangehenden Absätze beschreiben die Standarddefinition von Allelopathie. Es gibt jedoch auch eine sehr weitergehende Fassung [5]. Danach ist Allelopathie das Verhalten, das sich aus dem Verhalten der nächsten Nachbarn ergibt und dann wieder auf diese zurückwirkt; sicherlich gibt es bei solchen sozialen Rückkopplungssystemen

men Emergenzen. Soziobiologen kennen noch eine andere Form der Allelopathie, beschrieben von dem US-amerikanischen Biologen Edward O. Wilson, der auch den Begriff der Soziobiologie prägte [6]. In der Insektenforschung bezeichnen sie damit Regeln, die – über die Vermittlung durch chemische Botenstoffe, Pheromone – zu bestimmten Verhaltensmustern zwischen Nachbarn führen. Dabei können Ordnungsphänomene ohne einen besonderen Steuermechanismus auftreten; ein bemerkenswertes Beispiel für eine derartige Emergenz liefern Termiten. Sie bauen bis zu fünf Meter hohe Nester, mehr als zehn Tonnen schwer und stabil genug, um 300 Jahre zu überdauern (Abbildung 3). Ihr Aufbau erfolgt über nur wenige genetisch festgelegte Verhaltensregeln, die auf allelopathische Vermittlung basieren.

Zu Beginn des Nestbaus sieht alles noch eher zufällig aus: Eine überschaubare Zahl einzelner Termiten läuft ohne Vorzugsrichtung über ein bestimmtes Areal, lagert hier und da etwas Material ab; von Bau ist da noch nicht zu sprechen. Das Material ist allerdings mit Pheromonen versetzt. Wächst die Population, lagern mehr Termiten Material ab; es ergeben sich zufällige Materialhäufungen. Diese ziehen durch ihre Pheromonkonzentrationen weitere Termiten an, die zu weiterer Botenstoffkonzentration beitragen – ein Selbstverstärkungsprozess, der zu einem Attraktorfeld führt. Darunter versteht man in der Theorie dynamischer Systeme einen mathematisch definierten Teilbereich, auf den hin sich im Laufe der Zeit die zunächst zufällig verteilten Einzelelemente des Gesamtbereichs hin bewegen (siehe auch weiter unten im Abschnitt *Chaos*). So geht das auch beim Termitenbau: Aus kleinen Baumaterialhäufchen entwickeln sich – gemäß steigender Pheromonkonzentration auf deren Spitze – einzelne Säulen. Mit wachsender Höhe bilden die zunächst einzelnen Pheromonwolken Brücken zwischen sich aus, Sattelpunkte, die dann selbst zu Attraktoren werden. Die Termiten auf den Pfeilern wandern bevorzugt in diese Richtung; die Pfeiler wachsen so zu Bögen zusammen. Schließlich bildet sich eine Art Dachboden aus mehreren „Kathedralpfeilern“, von dem aus ein weiterer Aufbau nach gleichem Muster möglich ist.

Notwendig für diesen allelopathischen Kuppelbau sind im Grunde nur zwei Regeln: 1. Folge der steigenden Pheromonkonzentration (der Richtung des Dufts); 2. Lagere den Baustoff bei der höchsten Konzentration ab (eine Schwellwertfunktion). Da dies für alle Individuen gilt, heißt das auch: Mach dasselbe wie alle anderen. Kein Wunder, dass sich solch ein Termitenbau durch evolutionäre Algorithmen simulieren lässt – was zum Beispiel in der Architektur für die Konstruktion statisch optimierter Bogenkonstruktionen genutzt werden kann.

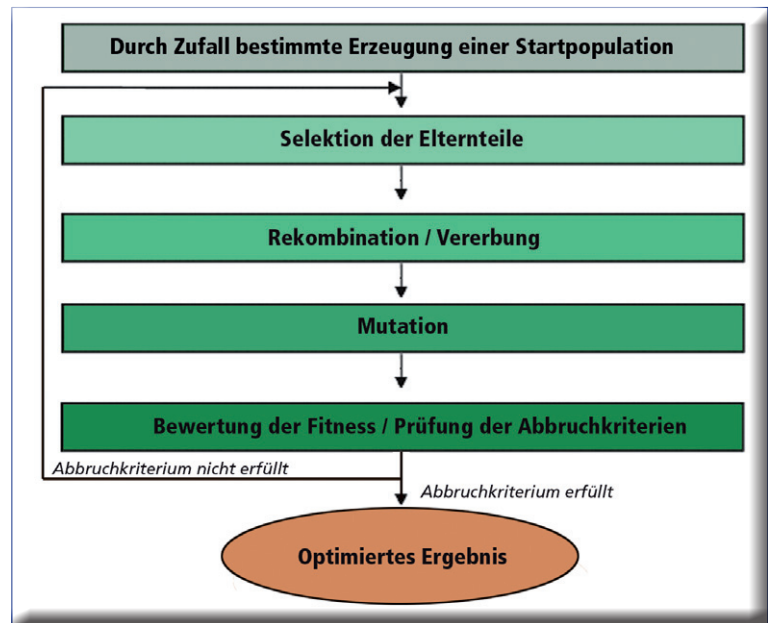


Abbildung 4: Prinzipieller Ablauf evolutionärer Optimierungsverfahren (Abb.: RK).

Evolutionäre Algorithmen

Evolutionäre Algorithmen sind ein Oberbegriff von Optimierungsalgorithmen, zu denen auch genetische Algorithmen gehören, ebenso wie auch etwa die Evolutionsstrategien oder auch genetische bzw. evolutionäre Programmierung. Die Übergänge zwischen den Verfahren sind jedoch teilweise fließend und verwischen mehr und mehr (siehe Kästen). Der Stammbegriff „evolutionärer Algorithmus“ macht jedoch schon sprachlich eins sehr deutlich: Es geht dabei um Entwicklungen, Optimierungen, um das Entstehen von Neuem, eben auch um Emergenz.

Das läuft bei evolutionären Algorithmen im Grunde einfach und in nur fünf Stufen ab (Abbildung 4):

1. Zunächst werden zufallsgesteuert eine bestimmte Anzahl von Individuen erzeugt;
2. daraus werden Elternteile selektiert (s. Kästen);
3. dann erfolgt eine Rekombination der Eigenschaften, die Vererbung. Was bei Mensch und Tier der Sex erledigt, übernehmen etwa bei genetischen Algorithmen Crossover-Verfahren. Beim Crossover schneidet man – in biologischer Analogie ausgedrückt – ein ausgewähltes Chromosomenpaar an jeweils gleicher Stelle auseinander und fügt die Teile über Kreuz wieder zusammen.
4. Eine Mutation ermöglicht dann eine meist geringfügige Veränderung des Nachkommens.
5. Schließlich wird mit Hilfe einer Bewertungsfunktion die Qualität der Individuen, ihre Fitness, bewertet. Auf dieser Grundlage wird entschieden, welche Individuen die nächste Generation bilden; dann beginnt der Zyklus erneut.

Abbildung 5: Auch Schwarmverhalten ist ein emergentes Phänomen. Es lässt sich mit wenigen Regeln beschreiben (Foto: RK).



Da diese Algorithmen nicht wissen können, ob nicht eventuell unter den Individuen ein Optimum gefunden wurde, definiert man noch Abbruchkriterien. Das kann entweder eine Festlegung der Generationenzahl sein, oder es kann eine mindest geforderte Nähe zu einer geforderten Lösung sein. Dies lässt sich durch Kostenfunktionen festlegen, die etwa bei technischen Problemstellungen meist bekannt sind, Beispiel: die minimale Kabellänge bei der Verbindung einer Anzahl von Stromkunden (solche Fragen der Wegstreckenoptimierung sind bekannt als „Travelling salesman problem“). Grundsätzlich arbeiten evolutionäre Algorithmen metaheuristisch: Sie sind in der Lage, mit vertretbarem Aufwand bei komplexen Problemen gute

Lösungen zu finden; die beste Lösung kann aber eine andere sein.

Eine erfolgreiche und effektive Anwendung evolutionärer Algorithmen hängt sehr stark von den verwendeten Verfahren (Codierung, Selektions-Schema, etc.) und Parametereinstellungen (Populationsgröße, Mutationsraten, etc.) ab. Beispielsweise gibt es Varianten, die ohne Rekombination auskommen, was jedoch durch geringere Streuung der Eigenschaftsprofile der Nachkommen meist weniger gute Ergebnisse erbringt. Werden Verfahren oder Parameter schlecht gewählt, so kann dies dazu führen, dass das Auffinden einer Lösung für das jeweilige Problem erschwert oder gar unmöglich gemacht wird.

Wie das Termitenbeispiel zeigte lassen sich mit evolutionären Algorithmen durchaus Selbstorganisationsprozesse und Phänomene der Emergenz darstellen; allgemeiner betrachtet ist dies ein Beispiel der Schwarmintelligenz. Auch das Schwarmverhalten von Fischen und Vögeln lässt sich mit wenigen Regeln beschreiben, ist jedoch ein emergentes Phänomen (Abbildung 5).

Evolutionäre Algorithmen: Verfahrensvarianten

Im Deutschen hält sich die Zitierung von „evolutionärer Algorithmus“ zu „genetischer Algorithmus“ laut Google mit 4:5 fast die Waage, im Englischen unterliegen die evolutionary algorithms allerdings trotz des Oberbegriff-Charakters mit 1:8. Tatsächlich verwischen die Übergänge zwischen den Verfahren immer mehr. Hier als Beispiel Unterschiede zwischen genetischen Algorithmen und Evolutionsstrategie: Die beiden Evolutionsverfahren arbeiten mit Populationen, die mögliche Lösungen in Form von Individuen enthalten. Auch selektieren sie auf ähnliche Art und Weise – oft nach dem Prinzip „survival of the fittest“ – erfolgversprechende Individuen, was gegebenenfalls dazu führt, dass mit den selektierten Individuen eine verbesserte Population potentieller Lösungen erzeugt wird.

Während jedoch bei den Evolutionsstrategien die Mutation und die selbstregulierende Schrittweitanpassung für Verbesserungen sorgt, ist dies bei den genetischen Algorithmen die genetische Rekombination durch die verschiedenen Crossover-Verfahren.

Die beiden Verfahren unterscheiden sich auch durch ihre unterschiedlichen Selektionsprozesse. Bei Evolutionsstrategien werden Elter-Individuen, unabhängig von ihrer Fitness oder Bewertung, rein zufällig ausgewählt. Aus den erzeugten Nachkommen werden dann jeweils die Besten ausgewählt. Hier handelt es sich also um ein „survival of the fittest“ bei den Nachkommen. Dagegen wird ein „survival of the fittest“ bei den genetischen Algorithmen schon bei der Auswahl der Eltern durchgeführt.

Ein weiterer Unterschied liegt in der bei den Evolutionsstrategien integrierten Selbstadaption, durch die Steuerungsparameter, wie die Mutationsschrittweite, selbstständig und automatisch angepasst werden können. Dies führt zu einer gewissen Reaktionsfähigkeit auf verschiedene Faktoren. Eine solche Selbstadaption wäre bei genetischen Algorithmen nur durch eine recht umständliche Codierung dieser zusätzlichen Parameter möglich.

Vergleicht man andererseits das Verfahren der genetischen Programmierung mit genetischen Algorithmen, dann erscheinen letztere eher als recht unflexibel. In ihnen werden meist nur die Parameter einer Gleichung oder eines in anderer Form vorgegebenen strukturierten Lösungsansatzes optimiert, anstatt jedes Individuum als eigenständiges Programm zu interpretieren.

Elektronik kann sich selbst evolvieren

In welchem erstaunlichem Maße Evolutionsalgorithmen auch bei technischen Systemen zu Emergenz führen können zeigen Arbeiten über evolvierbare Elektronik von Adrian Thompson an der Universität von Sussex in Brighton [7]. Schon in den 90er Jahren stellte er an einen elektronischen Schaltkreis die Anforderung, zwischen einem Ton von einem und einem Ton von zehn Kilohertz zu unterscheiden und entweder an seinen Ausgang eine Spannung von fünf Volt bzw. – beim hohen Ton – keine Spannung aufzuweisen. Nur: Er wollten keinen Schaltkreis bauen, auch keine Computersimulation durchführen. Den Schaltungsentwurf sollte ein Chip selbst erledigen, ein Field Programmable Gate Array (FPGA; übersetzt etwa (Anwendungs-) Feld-programmierbare (Logik-)Gatter-Anordnung). Dessen besondere Eigenschaften gegenüber einem normalen Chip: Universelle Logikelemente auf dem FPGA lassen sich flexibel untereinander verschalten („verdrahten“); ihre Verbindungen lassen sich durch gesteuertes Anlegen von Spannungen an Schaltpunkten über die Halbleitereigenschaften des Chipmaterials beliebig variieren.

Auf solch einem FPGA ließ Thompson nun einen evolutionären Algorithmus laufen, der die Konfiguration des Chips veränderte. Er begann mit einer Anordnung von einhundert logischen Zellen auf dem Chip und ließ einen Computer eine Population von fünfzig Anweisungs-codes zufällig zu erzeugen (Abbildung 6); jede der Zellen konnte jede boolesche Funktion mit zwei eingehenden Signalen ausführen (etwa Kontradiktion/Nullfunktion, Identität, Negation oder Tautologie/Einsfunk-

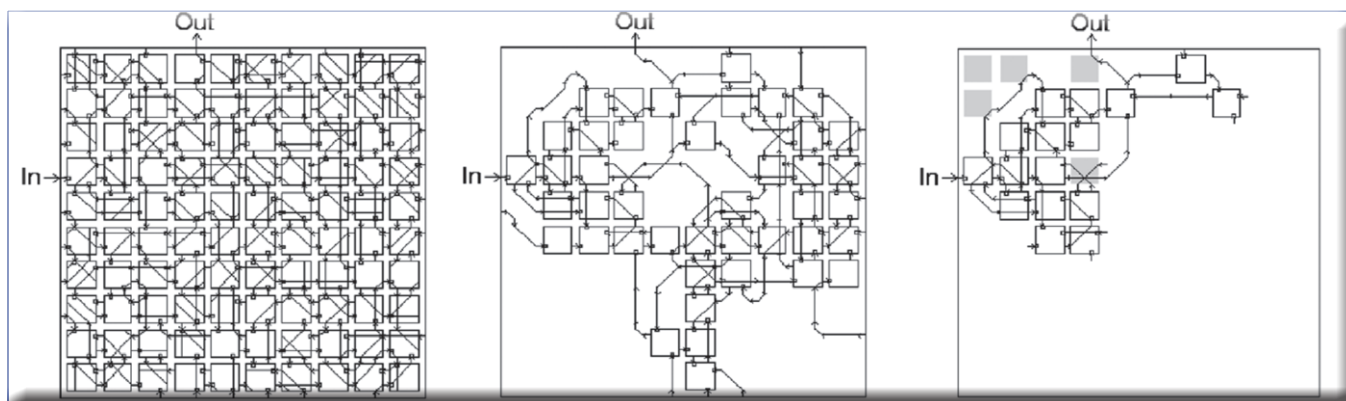


Abbildung 6: Ein Logik-Schaltkreis zur Unterscheidung von zwei Tönen auf einem FPGA-Chip, von dem ein Feld mit 10 mal 10 Logikzellen genutzt wurde. Er löste nach 4100 Schaltungsgenerationen, erzeugt durch einen genetischen Algorithmus, die Aufgabe, und zwar mit einer um ein bis zwei Größenordnungen geringeren Anzahl von Logikelementen als erwartet (linkes Bild: der „Gewinner“-Schaltkreis, der die Aufgabe löste; mittleres Bild: Zellen des Gewinner-Schaltkreises nach Löschen derjenigen, die keinen möglichen Weg zum Output haben. Man könnte annehmen, das sei die Mindestzahl; Versuche zeigten: E geht noch einfacher (rechtes Bild). Notwendig dafür sind wohl seine Vielzahl von Rückkopplungen; den genauen Funktionsablauf kennt man nicht. Allerdings: Es durften die fünf grauen Logik-Kompartimente, die eigentlich nicht verschaltet waren, nicht aus der Schaltung entfernt werden; sonst funktionierte sie nicht. Interaktionen mit elektromagnetischen Feldern etwa aus der Stromversorgung sah man als Ursache an (Abb.: Thompson).

tion). Der Computer ludt jede Anordnung in das Array, gab die beiden Töne ein, betrachtete die Ausgabesignale und versuchte eine Eigenschaft zu finden, die für die Entwicklung des geforderten Schaltkreises nützlich sein könnte.

Erfolg in Generation 4100

Der fitteste Schaltkreis der ersten Generation erzeugte tatsächlich ein Ausgangssignal von fünf Volt – allerdings bei jedem Eingangssignal. Nach der 220. Generation erzeugten die besten Schaltkreise Wechselstrom-Ausgangsspannungen, die den Eingangssignalen durchaus ähnlich waren. In Generation 1400 lieferten die optimierten Schaltkreise Outputs mit unterschiedlichen Signalen, je nach Input. Erst in Generation 4100 jedoch wurde das gewünschte 0 Volt / 5 Volt-Ausgabesignal erreicht.

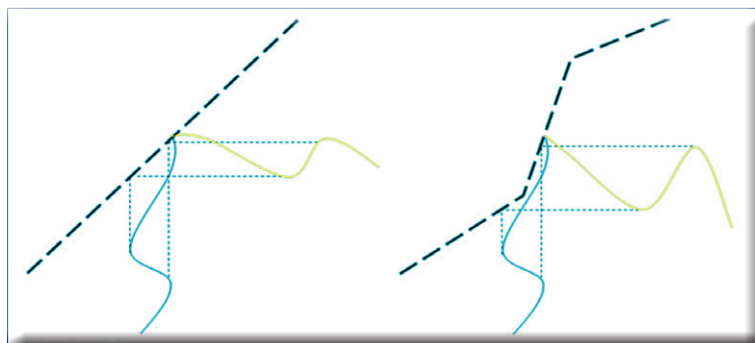
Das Erstaunlichste war jedoch die Struktur des gefundenen Logik-Schaltkreises aus nur 100 Zellen des FPGA-Chips. Kein Ingenieur wäre wohl darauf gekommen. Es galt ja, Frequenzen zu erkennen, also hätte man wohl irgendeinen Taktgeber eingebaut. Weitere Untersuchungen zeigten: Tatsächlich benötigte man nur einen Teil der 100 in den Schaltkreis des FPGA-Chips eingebundene Logik-Zellen; die anderen konnte man ohne Funktionsausfall entfernen (Abbildung 5 Mitte und rechts). Damit war die Schaltung um ein bis zwei Größenordnungen kleiner als erwartet, hätte sich ein menschlicher Entwickler an die Aufgabe gemacht – bei dergleichen Ressourcen. Fünf weitere Logikzellen auf dem Chip, die jedoch gar nicht in den Schaltkreis eingebunden waren (in Abbildung 5 rechts die grauen Flächen), durfte man jedoch nicht entfernen. Man vermutete, dass benachbarte elektromagnetische Einflüsse für die Funktion mitverantwortlich waren. Auf jeden Fall bestätigte

der Versuch Thompson, dass die Ausführung auf einem konfigurierbaren Chip mehr „Tricks“ ermöglichte als eine reine Computersimulation der Schaltung ohne Verwendung eines FPGA-Chips – ein interessantes emergentes Phänomen, auf das auch noch die definitionsgemäße Forderung der Nichterklärbarkeit zutrifft: die genauen Funktionsabläufe in der Schaltung kennt man nicht...

Nichtlineare Systeme: Erklärungsansätze

Ganz ohne Erklärungsansätze muss es jedoch bei Selbstorganisation und Emergenz nicht bleiben, geht es doch immer um prinzipiell dieselbe Konfiguration: Es liegt eine Menge einzelner Teilchen, Elemente vor, die irgendwie miteinander wechselwirken und dadurch nichtlineare Systeme bilden. Nichtlineare Systeme sind Systeme, welche auf Eingangssignale (Systemreize) nicht in jedem Bereich proportional antworten (Abbildung 7). Sie

Abbildung 7: Statisches nichtlineares System: Veranschaulichung einer linearen Kennlinie (= lineares System, linkes Diagramm) gegenüber einer nichtlinearen Kennlinie (= nichtlineares System, rechtes Diagramm). Die gestrichelte Diagonale veranschaulicht die lineare bzw. nichtlineare Transformation, die blaue Kurve ist das Eingangs-, die gelbe das Ausgangssignal (Abb.: kku).



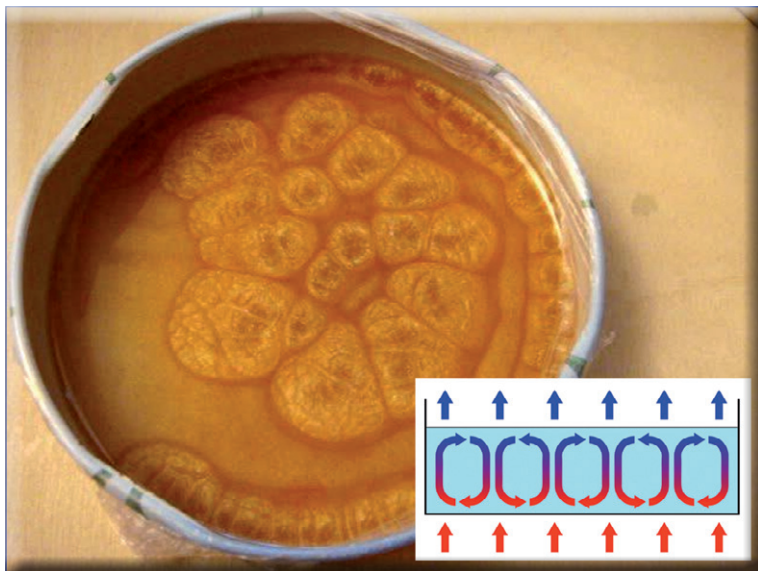


Abbildung 8: Wenn man Flüssigkeiten in einem Gravitationsfeld (also auf der Erde, nicht im Weltraum) erhitzt, bilden sich Konvektionsströme aus (kleines Prinzipbild), die verschiedene Muster bilden können. Durch Erwärmung verringert sich die Dichte, dadurch können entsprechende Volumenelemente aufsteigen. Einfache Rollen bis hin zu komplexen Mustern (u.a. Bénard-Zellen, eine bienenwabenartige fluide Zellstruktur) sind die Folge, abhängig vom Kontrollparameter Temperaturdifferenz zwischen unterer und oberer Oberfläche.

Das große Bild zeigt einen ungewöhnlichen Versuch, solche Bénard-Zellen darzustellen: Goldfarbe wurde in einer flachen Schale in Aceton gelöst, dann bedeckt, um Zeit für eine Stabilisierung zu haben. Danach wurde der Deckel entfernt, mit dem Ergebnis, dass die Verdampfung des Acetons zur Abkühlung der oberen Flüssigkeitsschicht führt und so die Konvektion startet (Abb.: Eryan/ WikiRigaou).

sind wesentlich komplexer als lineare Systeme. Auch wenn man für viele Reize eines solchen Systems sein Verhalten, seine Antworten kennt, heißt es trotzdem, für neue Reize kann man das Verhalten nicht voraussehen. Da es zu nichtlinearen Systemen keine geschlossene mathematische Theorie gibt – die entsprechende Wissenschaft heißt „Nonlinear Science“, gibt es auch keine allgemeine Methode zur Analyse unbekannter nichtlinearer Systeme. (Man unterscheidet noch statische und dynamische nichtlineare Systeme. Bei statischen erfolgt die Antwort unmittelbar auf das Eingangssignal; sie lassen sich im allgemeinen durch algebraische Gleichungen beschreiben. Dynamische nichtlineare Systeme besitzen hingegen Speicherelemente, ein „Gedächtnis“. Ihre Antwort hängt von der Stärke vorhergehender Eingangssignale, von einer „Vorgeschichte“ ab; siehe auch weiter unten: Strukturierung emergenter Prozesse.)

Synergetik: Lehre vom Zusammenwirken

Dennoch gibt es Ansätze zur Untersuchung nichtlinearer Systeme, und die wohl wichtigste Theorie dazu ist die Synergetik, formuliert beginnend in den 60er Jahren von Hermann Haken. Sie beschreibt die Selbstorganisation von Systemen, die sich aus hinreichend vielen miteinander wechsel-

wirkenden Einzelsystemen zusammensetzen und zu emergenten Vorgängen führen. Die Synergetik liefert eine einheitliche mathematische Beschreibung dieser Phänomene, die universell in der Physik, Chemie, Biologie und Soziologie vorkommen [8].

Ausgangspunkt der Synergetik war die statistische Physik der Nichtgleichgewichtssysteme. Sie behandelte demgemäß zunächst rein physikalische Systeme der Selbstorganisation fern vom thermodynamischen Gleichgewicht. Grundlage für den Selbstorganisationsprozess sind Kontrollparameter, zum Beispiel die Zufuhr von Energie in das System. Die Erzeugung von Strukturen höherer Ordnung hat dann andererseits zur Folge, dass „höherwertige Energie“ in „niederwertige Energie“ umgewandelt wird und die Unordnung (Entropie) im Umfeld des betrachteten Systems zunimmt.

In einem Selbstorganisationsprozess können einzelne Elemente des Systems mit gleichen Eigenschaften zufällig zusammenfinden. Unter dem Einfluss von Kontrollparametern wie zugeführter Energie oder äußeren Geometrien schließen sich ihnen dann eine Vielzahl anderer Elemente an. Es heißt, dass sich die individuellen Elemente durch einen durch die Kontrollparameter hervorgerufenen Ordner versklaven lassen und sich so ein Phasenübergang bildet: Farbmuster aus vorher einfarbigen Systemen, bevorzugte Bewegungsrichtungen aus vorher zufälligen Bewegungsabläufen. Während des Phasenübergangs zeigen sich bereits Eigenschaften von beiden Phasen.

Ein einprägsames Beispiel dafür ist die Ausbildung von Strukturen in von unten erhitzten Flüssigkeiten (Abbildung 8). Erreicht die Temperaturdifferenz – der Kontrollparameter – zwischen unterer und oberer Oberfläche einen kritischen Wert, setzt spontan eine Bewegung der Flüssigkeit ein, die zur Musterbildung führt. Typisch sind zunächst Rollen; weiterhin können auch komplexe Muster entstehen, abhängig von Ordnungsparametern, von Flüssigkeitsteilen, die ihre Bewegung unter den gegebenen Umständen – etwa der Behälterform – gegenüber anderen durchsetzen können. Im Menschengedrange können ja auch einzelne schnelle Personen einen ganzen Menschenstrom in eine Richtung hin auslösen.

Allerdings besteht keine Kausalität zwischen den Phasen. Auch hier gilt eine Eigenschaft von Emergenz: Es kann nicht vorhergesagt werden, welcher neue Zustand durch den Ordner hervorgerufen wird. Kleinste Änderungen der Systemstruktur – eine Fluktuation – können eine riesige Auswirkungen auf den Systemzustand haben. Das System verhält sich nichtlinear.

Durch die Ordner findet eine Komplexitätsreduzierung statt. Es ist nicht nötig das genaue Verhalten der einzelnen Individuen zu kennen, es reicht

zu wissen, welche Ordner für die Individuen maßgebend sind. Anders wäre es wohl nicht wie in der vorangegangenen Oktober-CLB beschrieben möglich, dass aus dem menschlichen Genom mit seinem Informationsgehalt von etwa einem Gigabyte ein Gehirn entsteht, dessen Komplexität sich vielleicht mit Petabyte an Informationen beschreiben lässt. Hierbei kommen wohl auch die aus der Chaostheorie bekannten Fraktale mit ihren Selbstähnlichkeiten von kleinen zu großen Strukturen zum Tragen.

Das ziemlich plötzliche Chaos

Die gerade genannte hohe Empfindlichkeit eines synergetischen Prozesses im Hinblick auf seine Anfangsbedingungen stellt einen Anknüpfungspunkt zur Chaostheorie dar. Sie ist ein Teil des Bereichs der Nonlinear Science (nahezu synonym zu Synergetik; international konnte sich der Begriff der Synergetik nicht durchsetzen), hat sich zunächst aber unabhängig davon entwickelt. Mathematisch beschreibt sie u.a., wie kleinste Änderungen der Systemstruktur – eine Fluktuation – eine riesige Auswirkung auf den Systemzustand haben kann; das System verhält sich also nichtlinear.

Dazu zwei erstaunliche Beispiele: Man nehme das kleinste Elementarteilchen, ein Elektron, platziere es möglichst weit weg, an den Rand des Weltalls, und betrachte die kleinstmögliche Kraft, die von ihm ausgeht, seine Gravitation: Sie reicht aus, um hier auf der Erde die Bahn eines Sauerstoffmoleküls bereits nach der 56. Kollision mit anderen Sauerstoffmolekülen unberechenbar zu machen. Nun stößt so ein Molekül unter atmosphärischen Bedingungen pro Sekunde milliardenfach mit Seinesgleichen zusammen. In einem Gas baut sich Chaos also außerordentlich schnell auf. Aber auch die Bahn einer Billiardkugel etwa wird schon nach der 9. Karambolage unberechenbar, nur weil die Gravitation eines Mitspielers Einfluss auf die Kugel nimmt; ähnlich sieht es übrigens bei den Lottokugeln aus (nach ca. 20 Zusammenstößen unberechenbarer Verlauf).

Chaos – vom griechischen Wortstamm her so etwas wie „gähnende Leere“ – und zwar dasjenige nichtlinearer Systeme bedeutet hingegen nicht Unordnung. Die Bewegungsgleichungen, die solch ein Chaos beschreiben, sind gänzlich deterministisch. Trotzdem ist sein Zustand nach einer bestimmten Zeit wegen der Nichtlinearität, der starken Empfindlichkeit gegenüber den Ausgangsbedingungen, völlig unbekannt, nach klassischer Physik ein Widerspruch in sich: Determinismus bedeutet ja, die Zukunft ist durch die Gegenwart vorherbestimmt. Schon die Quantentheorie versetzte dem Determinismus einen schweren Schlag; ein weiterer kam dann durch die Chaostheorie. Das durch sie beschriebene

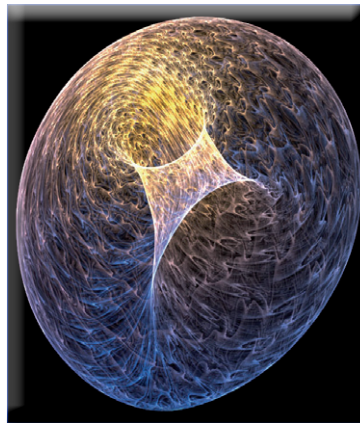
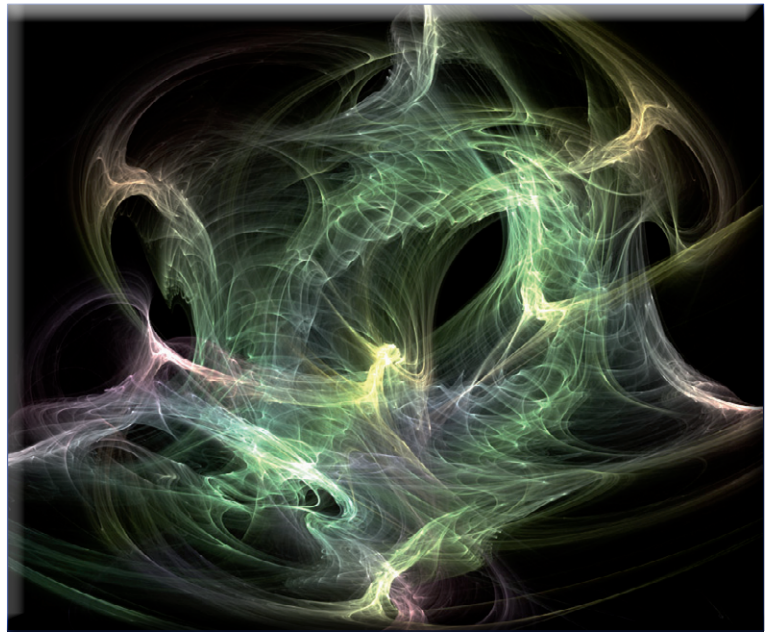


Abbildung 9: Drei Beispiele für die Visualisierung seltsamer Attraktoren. Sie wurden von Nicolas Desprez mit dem Programm Chaoscope berechnet (siehe www.chaoscope.org).

Chaos heißt daher auch deterministisches Chaos. Nebenbei: Es gibt auch stochastisches Chaos bzw. stochastische Prozesse, in denen nur der Zufall herrscht. Beispiele dafür sind etwa die Brownsche Bewegung oder Weißes Rauschen.

Chaotische Systeme verhalten sich also nicht zufällig; ihr Verhalten ist nur nicht vorhersagbar. Man kennt mittlerweile Kriterien, wann die Vorausberechenbarkeit solcher Systeme in chaotisches Verhalten übergeht. Das wahrscheinlich bekannteste Beispiel dafür ist der Periodenverdopplungsübergang: Bei Übergang von „normalem“, vorausberechenbarem periodischem Verhalten entsprechender dynamischer Systeme (Pendel, Planetenbahnen) zum Chaos nimmt die Oszillationsperiode stufenweise um den Faktor zwei zu. Dann wird das Verhalten unvorhersagbar, irregulär.

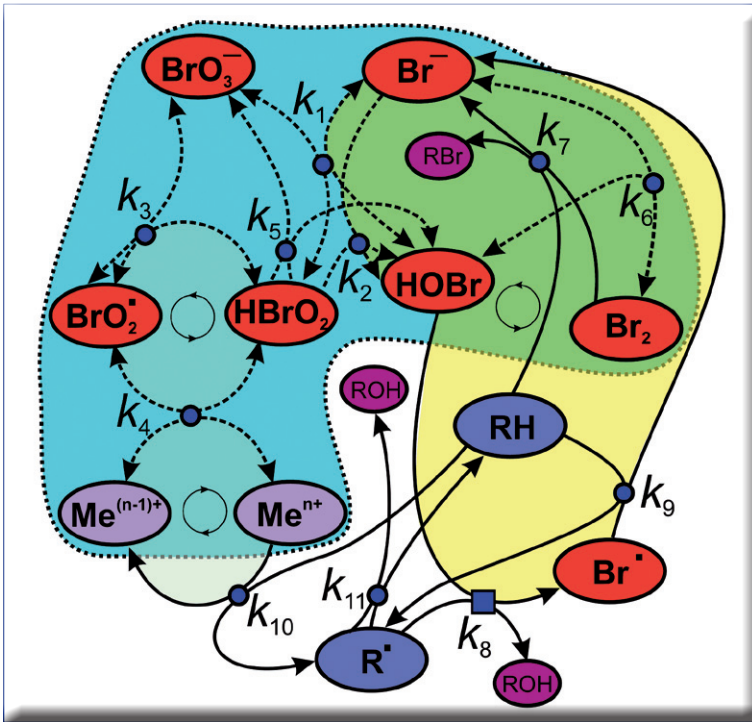
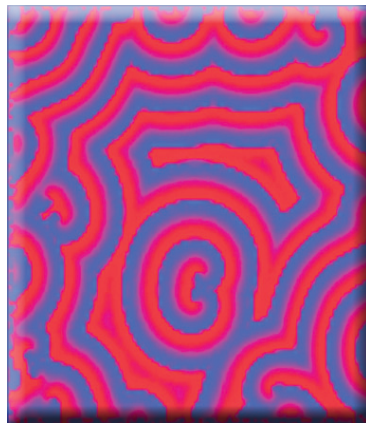


Abbildung 10 a (oben): Schema der komplexen Interaktionen und vielfältigen Rückkopplungen der Belousov-Zhabotinsky-(BZ)-Reaktion. An der Reaktion sind Lösungen von vier Stoffen, Kaliumbromat, Malonsäure, Kaliumbromid und konzentrierter Schwefelsäure, sowie Ferroin oder ein anderer Redoxindikator beteiligt (hier ohne detaillierte Aufschlüsselung; dargestellt werden sollte die Komplexität der Abläufe. Abb.: Andrew Ryzhkov).

Abbildung 10 b (rechts): Simulation der BZ-Reaktion auf einem zellulären Automaten (Abb.: Jan Krieger).



Auch mit der Quantenwelt lässt sich Chaos in Verbindung bringen. Bekanntlich sind Ort und Impuls eines Objektes nicht gleichzeitig beliebig genau bestimmbar. Diese Unschärfe ist bei makroskopischen Systemen gewöhnlich vernachlässigbar. Da sie bei chaotischen Systemen jedoch beliebig wächst, nimmt sie früher oder später makroskopische Dimensionen an.

„Attraktive Emergenz“

Wenn sich etwas deterministisch chaotisch bewegt kann dabei dennoch quasi ein Muster im Raum auftauchen, wenn man Werte, die man aus den dieses System beschreibenden Gleichungen erhält, als Punkte in einem Raum (Phasenraum) anordnet (die Koordinatenachsen des Phasenraums eines chaotischen Systems sind durch den

Satz seiner unabhängigen Zustandsgrößen und deren Geschwindigkeiten gegeben. Beim Beispiel Pendel wird der Phasenraum durch den Auslenkwinkel und die zugehörige Winkelgeschwindigkeit aufgespannt; eine periodische Pendelbewegung entspricht einer geschlossenen Kurve um den Koordinatenursprung.)

Die einzelnen Punkte eines Musters im Phasenraum sind zwar wiederum nicht vorhersehbar, d.h. wenn dem Punkt 1 ein Punkt 2 folgt, muss einem Nachbarpunkt 3 nicht auch ein Punkt 4 in ähnlicher Relation wie zwischen den Punkten 1 und 2 folgen. Dennoch ergeben alle diese Punkte ein Muster, sie scheinen sich um irgend etwas zu drehen, von etwas angezogen zu sein: von einem Attraktor eben; in dem Emergenz-Beispiel des Termitenbaus ist dieser Begriff bereits genannt worden. Für die Punkte im Phasenraum gesprochen bedeutet dies: Trotz unterschiedlicher Anfangsbedingungen streben sie immer auf dieselben Bahnen zu – oder auf ähnliche Bahnen, aber immer irgendwie abweichend, mit fraktaler Geometrie; das nennt man dann „seltsamer Attraktor“ (Abbildung 9). Visualisierungen solcher seltsamen Attraktoren erscheinen meist von geisterhafter Schönheit – eine „attraktive Emergenz“ sozusagen ;-)

Emergenz: Allgegenwärtig – und immer wieder erstaunlich

Hat man sich mit den verschiedenen Aspekten von Emergenz erst einmal vertraut gemacht – viele miteinander wechselwirkende Einzelelemente, Rückkopplungsmechanismen, Selbstorganisation, Synergetik, deterministisches Chaos – erkennt man fast überall emergente Prozesse. Die Synergetik etwa lässt sich durch ihre allgemeine Formulierung auf viele andere Bereiche ausweiten. Das Standardbeispiel in der Physik ist der Laser. In ihm bilden sich selbstorganisiert aus einer Vielzahl eingestrahelter, ungeordneter (chaotischer) Lichtwellen solche gleicher Frequenz und Phase aus, er emittiert monochromatisches Licht. Kontrollparameter sind dabei die zugeführte Energie sowie äußere Geometrien (etwa Spiegelabstände). Nach anfänglich ungeordneten Bewegungen der Lichtteilchen in dem Lasersystem gewinnt eins die Oberhand, das am besten zu den Rahmenbedingungen passt. Es wird mit seiner Frequenz zum Ordnungsparameter.

In der Chemie ist das bekannteste Beispiel die Belousov-Zhabotinsky-Reaktion, bei der periodische farbliche Muster emergieren (Abbildung 10 a und b). Weitere Beispiele für Synergetik und emergente Systeme sind etwa Wolkenmuster, Hirnströme, Räuber-Beute-Systeme oder auch die öffentliche Meinungsbildung.

Bottom up und Top down-Prozesse

Bereits angesprochen wurde auch das Beispiel der Schwarmbildung. Daran lässt sich gut ein Mechanismus erläutern, der emergente Phänomene mitbestimmt: Die gegenseitige Beeinflussung von Bottom up- und Top down-Prozessen.

Bottom up bedeutet dabei: Zwischen den unabhängigen handelnden Einzelementen – Vögeln, Fischen etc. – bilden sich lokale Interaktionen aus, die zu einer globalen Ordnung führen. Das hat jedoch auch einen Top down-Prozess zur Folge: Diese globale Ordnung führt zu einem Bindungsverhalten der Einzelemente. Vögel beobachten ja zunächst nur ihre Nachbarn im Flug. Sie müssen dabei aber durch geeignete Wahl von Geschwindigkeit und Flugrichtung – und dadurch gegenseitigen Abstand – Kollisionen einerseits wie auch ein Auseinanderbrechen des Schwarms vermeiden. Dieser bidirektionale Prozess und die damit verbundenen gegenseitigen Beeinflussungen von Einzelementen und der emergierten höheren Ordnung – und eventuelle Vorhersagemöglichkeiten – sind aktuell wichtiger Gegenstand der Emergenz-Forschung.

Ordnungsgrade der Emergenz

Über die Art der Wechselwirkung der jeweils involvierten Elemente lassen sich die verschiedenen emergenten Prozesse strukturieren – wobei die Komplexität jeweils zunimmt.

Demnach lassen sich *Emergenzen erster Ordnung* allein auf die äußere geometrische bzw. Kraftfeld-Form der beteiligten Elemente zurückführen. Ein Beispiel dafür ist die Oberflächenspannung des Wassers, die sich aus der Wirkung der Wasserstoffbrückenbindungen der Wassermoleküle ergibt.

Emergenzen zweiter Ordnung beziehen neben strukturellen Eigenschaften der Elemente auch den zeitlichen Verlauf eines Prozesses ein, so etwa das Wachsen von Schneekristallen oder von Eisblumen am Fenster (Abbildung 11).

Bei *Emergenzen dritter Ordnung* kommt zur Struktur der Elemente und zum Zeitverlauf ihrer Interaktion noch ein ihnen innewohnendes Programm zum Tragen, das die Bedingungen für die Emergenz setzt. So ein Konstrukt findet man natürlich bei dem genetischen Code von Lebewesen, der ihre räumlichen und zeitlichen Entfaltungsmöglichkeiten mitbestimmt.

Gerade Emergenzen der dritten Ordnung lassen sich heutzutage trefflich simulieren, Stichwort Programm. Wer Interesse daran hat kann erstaunliche emergente Phänomene in seinem Computer auftreten lassen und beobachten; dazu zählt das Turingmaschinenmodell „Ameise“, 1986 entworfen von dem US-Biologen und Mitbegründer der

Artificial Life-Forschung Christopher Langton (Abbildung 12 sowie Hinweise auf einige einfache Beispiele im Kasten nächste Seite).

Spielend Emergenz erkunden

Spiele-Emergenz lässt sich ganz aktuell online erleben mit dem Spiel „Minecraft“. Das Spiel ist eine Art Weltenbaukasten mit Klötzchen, nur gestört von Monstern ;-). Das erst vor etwa einem Jahr zunächst als kostenlose Entwicklungsvariante veröffentlichte Spiel hat seinen 30jährigen schwedischen Programmierer Markus Persson trotz seiner grafischen Einfachheit schon zum Millionär gemacht. Es ist so beliebt, weil es über eine Vielzahl Spielelemente verfügt, die für Emergenz sorgen.

Persson legt nur die Regeln fest, nach welchen Methoden sich welche Einzelteile wie zusammensetzen lassen. Einige Regeln: Wasser fließt, Bäume



Abbildung 11: Eiskristalle am Fenster sind ein Beispiel für die Emergenz zweiter Ordnung eines physikalischen Systems (siehe auch das Titelbild; Foto: Kickuth).

Abbildung 12: Turingmaschine Ameise: Eine Ameise befindet sich ursprünglich auf einem zunächst weißen Raster und sieht in eine beliebige Richtung. Wenn sie ein neues Feld betritt, so gelten folgende Regeln: Ist das Feld weiß, so färbt sie es schwarz und dreht sich um 90 Grad nach rechts. Ist das Feld schwarz, so färbt sie es weiß und dreht sich um 90 Grad nach links. Danach läuft sie auf das nächste Feld in der neuen Blickrichtung. In den ersten 10 000 Schritten entsteht ein komplexes, chaotisch erscheinendes Muster. Danach bildet sich eine regelmäßige Struktur (Abb.: Karl Bednarik).

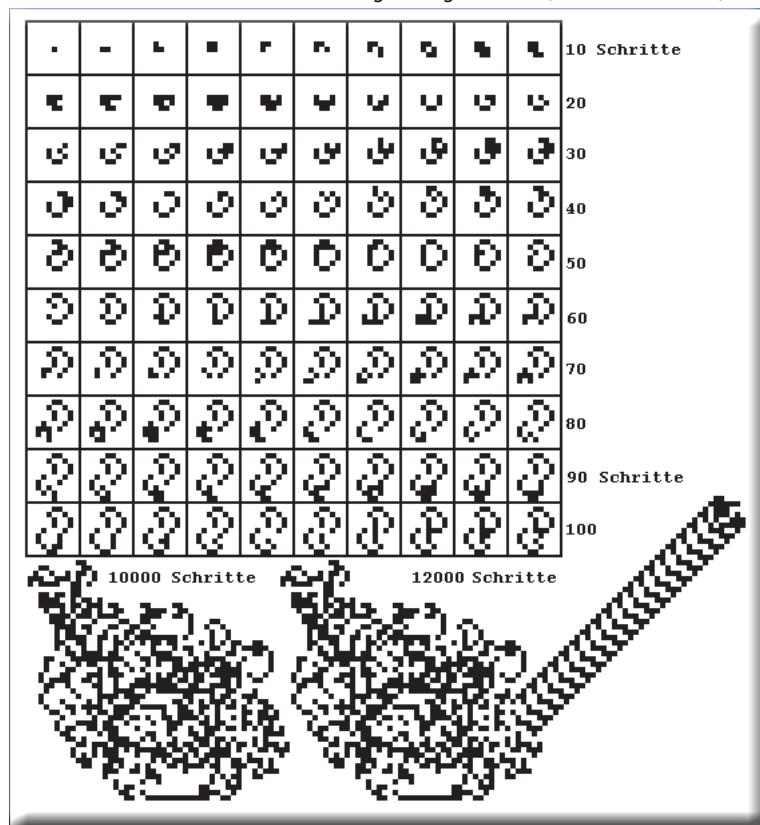




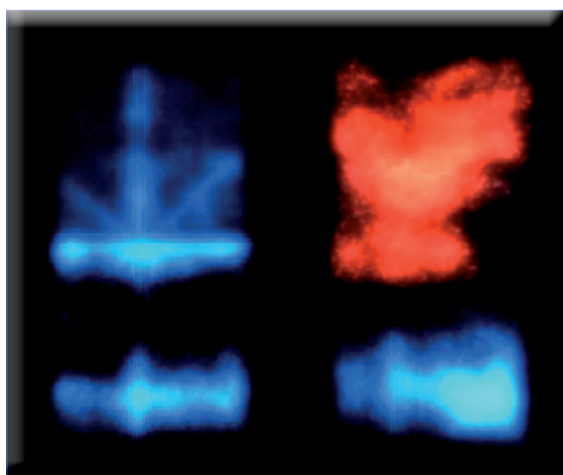
Abbildung 13: Beispiel einer bemerkenswerten Struktur des Spiels Minecraft: eine riesige, virtuell begehbare 16-Bit-Recheneinheit. Viele interagierende Elemente verleihen dem Spiel die Fähigkeit, eine Unmenge emergenter Strukturen hervorzubringen.

brennen, und aus einem Holzklötz gewinnt man vier Holzquadern. Aus zwei Holzquadern einen Holzstab, aus einem Holzstab und einem Stück Kohle eine Fackel und aus einem Holzstab und sechs Metallbarren ein Stück Gleis. Aus diesen einfachen Grundeinheiten bauen die Minecraft-Spieler dann komplexe Maschinen und Systeme. Selbst begehbare 16 Bit-Rechenwerke (Abbildung 13) oder Raumschiff Enterprise sind schon gebaut worden.

Emergenz und Zukunft

Die komplexeste Leistung von Emergenz und Selbstorganisation, die wir kennen, repräsentiert unser Gehirn. Mittlerweile gehen Forscher daran, neuronale Modelle aus einer Vielzahl von Einzelelementen zu entwerfen, die nach unterschiedlichen

Abbildung 14: Visualisierung der reinen elektrischen Aktivität im Blue Brain-Neocortex-Simulator nach Stimulation durch einen optischen Reiz (zwei Zeitausschnitte nebeneinander, präsentiert von Henry Markram auf der TED Global Conference 2009 in Oxford). Sehen so Gedanken aus? Erinnert das nicht auch an die bildliche Darstellung seltsamer Attraktoren (s. Abb. 9)?



Regeln miteinander interagieren, teilweise ganz ähnlich wie die Nervenzellen im Gehirn (siehe den Artikel über Neuromorphic engineering in der vorangegangenen CLB vom Oktober). Dabei emergieren elektrische Aktivitäten, die sich visuell darstellen lassen und helfen sollen, die Funktion des Gehirns zu verstehen (Abbildung 14).

Damit begibt man sich dann nach und nach mit technischen Mitteln in Komplexitätsregionen, die denjenigen des menschlichen Hirns nahe kommen. Aber kann es noch weiter gehen? Etliche spekulieren, durch das World Wide Web könnte eine so komplexe Struktur erwachsen, dass aus ihr eine Art Bewusstsein entsteht. Dem widerspricht Jaron Lanier, US-amerikanischer Virtual Reality-Pionier, in seinem auf der jetzigen Frankfurter Buchmesse vorgestellten Buch [9]. Ein wichtiges Argument: „Im Internet steckt viel weniger Information als die meisten annehmen. Das meiste ist Müll.“ Er erkennt in der massenhaft vernetzten Kommunikation des Webs nur Geblöke und nicht etwa Schwarmintelligenz. Andererseits setzt er auf einen neuen „digitalen Humanismus“, also auf Individualität und Autorschaft.

Ich denke, man muss differenzieren. Im WWW gilt sicher das alte Garbage in-Garbage out-Prinzip: Ist nur Mist drin, kann nur Mist rauskommen. Nur: Nicht alles ist Mist, das ist das Eine. Sicherlich gibt es auch so etwas wie kollektive Intel-

Einfache Programme führen zu emergenten Phänomenen

Die Ameise ist eine Turingmaschine mit einem zwei-dimensionalen Speicher und wurde 1986 von Christopher Langton entwickelt. Sie ist ein Beispiel dafür, dass ein deterministisches (das heißt nicht zufallsbedingtes) System aus einfachen Regeln zu sowohl komplex chaotischen, als auch komplex geordneten Strukturen führen kann. Eine Turingmaschine ist ein Rechenmodell. Es kann mit nur drei Operationen (Lesen, Schreiben und Schreib-Lese-Kopf bewegen) sämtliche mathematischen Grundfunktionen wie Addition und Multiplikation simulieren.

Zelluläre Automaten dienen der Modellierung räumlich diskreter dynamischer Systeme, wobei die Entwicklung einzelner Zellen zum Zeitpunkt $t+1$ primär von den Zellzuständen in einer vorgegebenen Nachbarschaft und vom eigenen Zustand zum Zeitpunkt t abhängt (siehe auch Abb. 10 b).

Conways Spiel des Lebens (Game of Life) ist ein einfacher zweidimensionaler zellulärer Automat, der verblüffende Strukturen erzeugt.

Langton-Schleifen simulieren zur Selbstreplikation fähige Organismen in einem zellulären Automaten.

Water ist der Name für eine diskrete Simulation für die Modellierung eines einfachen Räuber-Beute-Modells.

ligenzleistungen, die sich im Internet abspielen. Wikipedia und die nach gleichem Prinzip arbeitenden speziellen Wikis sind dafür frappierende Beispiele (Abbildung 15). Immerhin liegt Wikipedia nicht nur in der Anzahl und Aktualität der Artikel, sondern auch in der Anzahl fehlerhafter Darstellungen in einer Reihe von Vergleichstests vor etablierten Enzyklopädie-Formaten.

Das Andere: Wenn es Strukturen gibt, die komplex genug sind, um ein Bewusstsein zu hervorzubringen oder zu beherbergen – oder mehrere, wie in unserem Bewusstsein mehrere Gedanken Platz finden, dann wird das auch stattfinden; das sind dann aber wohl eher spezielle Supercomputer mit intrinsischer, „eingebauter“ Selbstorganisationsfähigkeit. Die heutigen Computer sind ja stupide, arbeiten Rechen Schritt für Rechen Schritt und Eingabewert für Eingabewert der Reihe nach ab. Schaltkreise jedoch mit Fähigkeiten, wie sie etwa FPGAs aufweisen (s.o.), gekoppelt mit flexiblen, fehlertoleranten, ähnlichkeits-entdeckenden Algorithmen wie künstlichen neuronalen Netzen und evolutionären Algorithmen, verwirklicht vielleicht u.a. mit analog arbeitenden Memristoren (siehe ebenfalls die CLB vom vergangenen Oktober) könnten wohlmöglich solch ein Bewusstseins-erzeugendes Substrat bilden.

Und wenn man solche Strukturkomplexe miteinander verknüpft, werden sich die Bewusstseinsinhalte auch austauschen. Vergleichbares soll bei den Menschen übrigens vor etwa 10 000 Jahren passiert sein; erst da soll das Corpus callosum, der Balken, die Hirnhälften miteinander verbunden haben. Die früher getrennten Hirnhälften haben dazu geführt, dass die Menschen Geister gesehen haben – und so dazu beigetragen, dass sich entsprechende religiöse Verhaltensweisen entwickelten, vermuten Wissenschaftler. Immerhin hätten die Menschen gleichzeitig mit der rationalen Hirnhälfte und der emotionalen Hälfte die Umwelt wahrgenommen, aber eben die Wahrnehmungen getrennt verarbeitet...

Nun, vielleicht können wir einmal unser Gehirn mit den mittlerweile denkbaren Computer-Bewusstseinskomplexen verbinden, die dann quasi über die Brain-Computer-Schnittstelle (siehe CLB 11/12-2007, Seiten 427-439) unser Bewusstsein wie ein Schwamm aufsaugen und zumindest unseren Gedanken so relative Unsterblichkeit bieten. Nur dürfte solch ein Vorgang alleine aufgrund der Langsamkeit, mit der über Selbstorganisationsprozesse Informationsinhalte von allen Teilen des Hirns nach außen getragen werden, sehr lange dauern; auch die Entwicklung neuronaler Strukturen im Gehirn ist ja kein schneller Prozess. Wohlmöglich dauert das dem Computer-Bewusstseinskomplex zu lange, und er erwartet eh keine besondere Bereicherung durch unsere Gedankenwelten – und kappt die Verbindung einfach ;-)

CLB

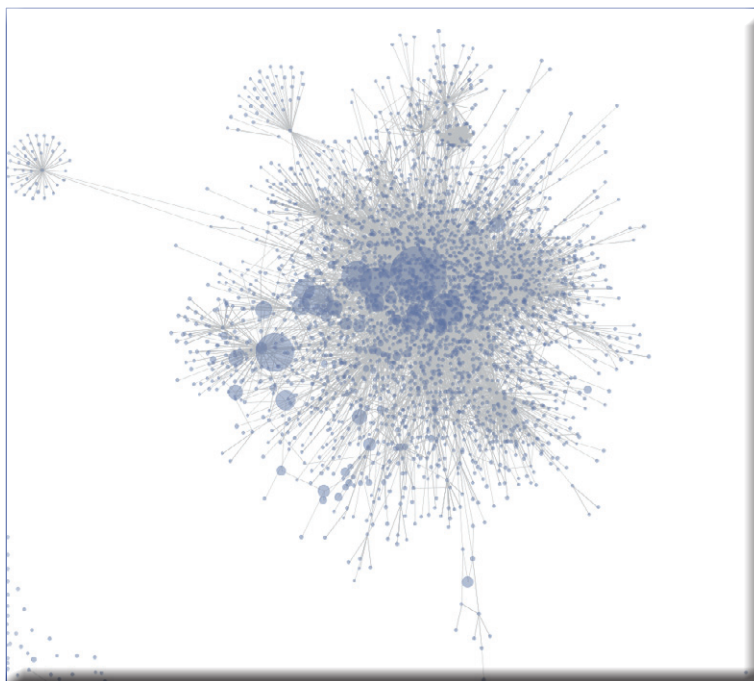


Abbildung 15: Visualisierung, wie sich die Link-Struktur eines Wiki-Webseitensystems im Laufe der Zeit entwickelt (verwendet dazu wurde das Prefuse visualization-Paket für Java). Die Größe der Knoten steht für deren relative Aktivität an einem bestimmten Tag (Zahl der Editierungen/Änderungen). Die Entwicklung gibt es auch als Video zu sehen (<http://www.youtube.com/watch?v=dCLc6oB3Q3o>). Sie kann als Beispiel für die Emergenz einer kollektiven Intelligenzleistung durch kollaboratives redaktionelles Bearbeiten gesehen werden (Abb.: Chris Davis).

Literatur

- [1] G. H. Lewes: Problems of Life and Mind (First Series), vol. 2, Trübner, London 1875
- [2] C. Schliehe, B. H. Juarez, M. Pelletier, S. Jander, D. Greshniykh, M. Nagel, A. Meyer, S. Förster, A. Kornowski, C. Klinke, H. Weller: Ultra-thin PbS sheets by two-dimensional oriented attachment; Science (2010), Vol. 329. no. 5991, pp. 550 - 553
- [3] R. B. Laughlin: A Different Universe: Reinventing Physics from the Bottom Down; Basic Books, Perseus Books Group, Cambridge MA, 2005
- [4] H. Molisch: Der Einfluß einer Pflanze auf die andere; Jena, Fischer, 1937
- [5] H. Mühlmann: Die Natur der Kulturen – Entwurf einer kulturgenetischen Theorie; Heidelberg, Springer 1996
- [6] E. O. Wilson: Sociobiology: The New Synthesis, 1975
- [7] A. Thompson: Hardware Evolution: Automatic design of electronic circuits in reconfigurable hardware by artificial evolution; Distinguished dissertation series; Springer-Verlag, Heidelberg 1998
- [8] H. Haken: Synergetik. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1982
- [9] J. Lanier: Gadget – Warum die Zukunft uns noch braucht; Suhrkamp / Insel 2010



Das Online-Magazin
für Labor und Analytik

[Kontakt](#) | [Newsletter](#) | [Anzeigen schalten](#) | [Über uns](#) | [FAQ](#) | [Shop](#)



Labor Magazin ANALYTIK NEWS

[Sitemap](#) | [Profisuche](#)

Labor Magazin

- Produktneuheiten
- Stellenangebote
- Veranstaltungskalender
- Aktuelle Nachrichten
- Fachbeiträge
- Webseite des Monats

LAB-SUPPLY Special

Labor interaktiv

- Diskussionsforum
- Stellensuche
- Gebrauchtes

Labor Branchenbuch

Labor Linktips

- Analysentechniken
- Qualitätssicherung
- Arbeitsicherheit
- Fachliteratur
- Laborsoftware
- Sonstiges

Ihr Ansprechpartner



Torsten Beyer

Weitere Webseiten

- [LabFirms.de](#)
- [LabCrawler.com](#)
- [LaborShop.de](#)
- [Chemiker.info](#)
- [Chemie-Datenbanken](#)

++ ANALYTIK NEWS Aktuell ++
[Produkte](#)
[Stellenangebote](#)
[Veranstaltungen](#)
[Nachrichten](#)
[Fachartikel](#)
[Links](#)

Das Online-Labormagazin ANALYTIK NEWS ist eine Zeitschrift der Dr. Beyer Internet-Beratung und bietet seit 1998 tagesaktuelle, unabhängige, redaktionell geprüfte Informationen aus den Bereichen Labor und Analytik.

In unseren wöchentlichen Email-Newslettern informieren wir mehr als 30.000 Anwender im deutschsprachigen Raum über Produktneuheiten, Nachrichten, Fachartikel, Veranstaltungen, Stellenangebote und vieles mehr aus Labor, Chemie, Pharma, Life Science, Biotechnologie, Biologie, Medizin und Materialforschung.

An indispensable resource for synthetic chemists

● 6.0 million molecules
● 2.8 million reactions

Produktneuheiten
[alle](#)
[Anzeigen schalten](#)

Aktuelle Neuheiten aus Labor, Analytik und Messtechnik inklusive Laborsoftware und Qualitätskontrolle

- **Wie Millipores Wasseraufbereitungssysteme die Arbeit im Labor rationalisieren**
In der heutigen schwierigen Wirtschaftslage, in der Labore "mehr mit weniger leisten" müssen, suchen Labormitarbeiter nach Mitteln und Wegen, um ihre Produktivität zu steigern. Ein oftmals ...
- **TemPro Spektrometer - Fluoreszenzlebensdauermessungen für jedes Labor leicht gemacht**
HORIBA Jobin Yvon, führender Hersteller auf dem Gebiet der Fluoreszenzspektroskopie, hat die Palette der Spektrometer zur Bestimmung der Fluoreszenzlebensdauer um ein weiteres System erweitert. Das S...
- **Tischzentrifugen ROTINA 380 / 380 R setzen Maßstäbe in Kapazität und Effizienz**
Mit den Modellen ROTINA 380 und ROTINA 380 R (gekühlt) ergänzt die Firma Hettich nicht nur ihr eigenes umfassendes Zentrifugenprogramm, sondern setzt auch innerhalb der Wettbewerbsklasse Maßstäbe in ...
- **Ministat® - Maßstab der Kompaktthermostate**
Ministat® sind äußerst kompakt aber leistungsstark. Seit 1976 ist der Ministat® der kleinste Kälthelostat der Welt. Heute gibt es drei Ministat® - jeder ist Kleinsten in seiner Klasse. Die gerin...

--> alle Produktneuheiten --> Chromatographie --> Spektroskopie --> Probenvorbereitung

Stellenangebote
[alle](#)
[Stellenanzeige schalten](#)

Aktuelle Jobs für Chemiker, Biologen, Ingenieure, Analytiker, Laborleiter, Laboranten und Techniker

- **Chemielaborant, CTA (m/w)**
Für unseren neuen Laborstandort in Augsburg suchen wir ab sofort Chemielaboranten/innen für die Bereiche Organik, Elementanalytik und die Probenvorbereitung. Ihre Aufgaben: Probenvorbereitung von Boden...
- **Teamleitung Qualitätskontrolllabor Pharmaproduktion (m/w)**
Planung, Koordination und Organisation der fristgerechten Bearbeitung von analytischen Untersuchungen flüssiger und fester Wirk- und Hilfsstoffe, Führung und Entwicklung eines Teams von etwa 10 Mitar...
- **Mitarbeiter Qualitätsmanagement - Auditierung und Zertifizierung (m/w)**
Das sind Ihre Aufgaben: Weiterentwicklung des Qualitätsmanagement-Systems gemeinsam mit dem Qualitätsmanagementbeauftragten Unterstützung des Qualitätsmanagementbeauftragten bei der Vorbereitung, Durc...

--> alle Stellenangebote



Titration



Ionenchromatographie



Elektroanalytik



ProcessLab



© 2000-2010 Dr. Beyer Internet-Beratung | [Kontakt](#) | [Newsletter](#) | [Anzeigen schalten](#) | [Über uns](#) | [FAQ](#) | [AGB](#) | [Impressum](#)

Was Sie bei uns finden

- E-Mail-Newsletter und RSS-Feeds
- Produktneuheiten
- Nachrichten und Fachbeiträge
- Stellenmarkt
- Veranstaltungskalender
- Laborbranchenbuch „LabFirms“
- Diskussionsforum und Gebrauchtes
- Linksammlung und Suchmaschine

Und hier ein Konstruktionsset für ein Universum mit reduzierter Emergenz. Macht alles etwas einfacher, Häuser, Menschen, Autos...



* Etliche Kosmologen vertreten heute die Ansicht, dass neben unserem Universum noch eine Vielzahl anderer Universen existieren. Diese könnten auch völlig unterschiedliche Naturkonstanten und physikalische Gesetze aufweisen. Reduzierte Emergenz wäre aber schon irgendwie ein Widerspruch in sich ;-)

Rohstoff für das Kunsthandwerk – oder auch Kraftwerksprodukt

Gips als Natur-, Synthese- und Industrie-Produkt

Wolfgang Hasenpusch, Universität Siegen

Im Calciumsulfat-Dihydrat, kurz „Gips“, finden wir einen vielseitigen Naturstoff, auf den sich die Menschen als vielseitig begleitende Ressource noch lange Zeit verlassen können. Er kommt mineralisch vor, und die Synthese in den Schwefel emittierenden Kraftwerken versorgt uns, ausgehend von dem ebenfalls reichlich vorhandenen Calciumcarbonat, oder kurz „Kalk“, reichlich mit diesem Rohstoff. Aber Baustoffe und Gipskarton sind nicht alles, zu dem der Gips im Stande ist.

Gips – Baustoff seit 7000 Jahren

Bereits in der Jungsteinzeit wussten die Menschen mit Gips umzugehen. Bis heute hat sich dieser farblose Bau- und Dekorstoff mehr und mehr in der Bauwirtschaft etabliert.

Rückgriff in die Gips-Geschichte

Schon vor neun Jahrtausenden brachten Bauherren in Kleinasien Gips-Verzierungen in ihren Innenräumen an. Babylonier und Sumerer berichten über die Verwendung von Gips und die Ägypter verwendeten den Gips bereits vor 5000 Jahren als Mörtel, beispielsweise bei der bekannten Sphinx-Statue in Giseh.

Die Ägypter kannten auch lichtdurchlässige Scheiben aus Alabaster, ein feinkörniger, durchscheinender, marmorartiger Gips.

In den Palästen von Knossos und Phaistos der minoischen Kultur befanden sich vor 4000 Jahren Bausteine, Fußbodenbeläge und Wandputz aus Gips und Alabaster.

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.



Eine Beschreibung zur Gips-Herstellung fanden Archäologen in den Schriften des griechischen Naturforschers und Philosophen Theophrastus von Eresos (372 – 287 v. Chr.), der als bedeutendster Schüler von Aristoteles auf der Insel Lesbos und in Athen lebte.

In Griechenland fand der Gips als Material für Bauornamente aufgrund seiner leichten Bearbeitbarkeit umfangreiche Anwendungen.

Das Abbinden des Gipses beruht auf der Rekristallisation der Dihydrat-Kristallnadeln aus dem kalzierten Halbhydrat durch Wasseraufnahme.

Der Name „Gips“ leitet sich aus dem griechischen Begriff „gypsos“ her, der auch im lateinischen „gypsus“ übernommen wurde. Als weitere Bezeichnung war auch „alabastron“ bekannt, die sich heute im „Alabaster“ wieder findet.

Zur Epoche der Römerzeit blieb der Gips auf die Ornamentik im Innenraum-Bereich beschränkt, da die Baumeister bereits den wesentlich beständigeren Kalk, CaCO_3 , im Außenbereich favorisierten.

Vor rund tausend Jahren fand der Gips auch in Europa vermehrten Einsatz beim Verfugen von Mauerwerk und im Wandputz. Ab dem 17. Jahrhundert wurde er für Stuck-Dekorationen verwendet.

Modernes Bauen mit Gips

Gips ist ein vielseitiger Werkstoff. In den Karstlandschaften bestimmt er eine umfangreiche Vegetation. Mit einer Jahresmenge von 4 bis 5 Mio. t zählen Gipssteine zu den viel verwendeten mineralischen Baustoffen. Mit zunehmender Bauwirtschaft wuchs auch der Bedarf an Gips in verschiedener Form.

Als 1983 der deutsche Gesetzgeber in der Großfeuerungsanlagen-Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz festlegte, dass große Verbrennungsanlagen (Kraftwerke) von fossilen Brennstoffen die Emissionen von Schwefeldioxid auf ein erträgliches Maß zu senken haben, standen dem Baustoffmarkt neben dem im Tagebau gewonnenen Gips auch große Mengen an synthetischem Gips zur Verfügung.

Ein großer Teil des Gipses geht in die Herstellung von Gipskarton-Bauplatten (Abbildung 1). Sie enthalten eine Gipsschicht zwischen zwei Kartonagen und

variieren in der Dicke zwischen 9,5 und 25 mm. Die Gipskartonplatten können auch doppelt in Stahl- oder Holz-Rahmen montiert werden, wobei Wandstärken von 7,5 bis 100 mm entstehen.

Eine Lage Gipskarton erreicht brandschutztechnisch eine Brandwiderstandsdauer von 30 Minuten (=F 30), zwei Lagen von 60 Minuten (= F 60), usw.

Der Vorteil der Gipskartonplatten liegt in dem schnellen und einfachen Einbau sowie einer geringen Wanddicke gegenüber herkömmlichen Mauerwerk. Aber sie sind nicht für den Außenbereich einsetzbar, vertragen wegen der Verschimmelung keine hohe Luftfeuchte und weisen nur eine geringe Stabilität auf.

Erfunden hatte die Gipskartonplatte Augustine Sackett in den USA bereits im Jahr 1894. Jedoch erst ab 1910 wurde sie industriell gefertigt. Auf dem europäischen Festland begann die Herstellung 1938 in Riga. Daher hält sich im deutschsprachigen Raum der Begriff „Rigips-Platte“.

Die Firmen Rigips GmbH, Düsseldorf, und Knauf Gips KG in Iphofen bei Würzburg zählen zu den größten Verarbeitern von Gips.

Eigenschaften von Calciumsulfat und seine Hydrate

In der Natur kommt Gips in verschiedenen Formen vor: als massive Gipsschichten, als flächige Nadeln (Abbildung 2) sowie als feinkörniger Alabaster aber auch in Form von Fasern (= „Fasergips“). Auch die Kristalle treten mit unterschiedlichem Habitus auf: spaltbar, in Form dicker Tafeln, verzwilligt oder auch mit gewölbten Flächen (Abbildung 3). Eine besondere Verwachsung findet man in den rosettenartig flächigen Strukturen der „Gipsrosen“, die auch als Sand- oder Wüstenrosen bekannt sind (Abbildung 4). In Wasser ist das Calciumsulfat relativ schwerlöslich.



Abbildung 1: Gips-Kartonplatten für den Innenwand-Ausbau.

Abbildung 2: Natürliche Gips-Kristallnadeln.



Abbildung 3: Anhydrit aus Chihuahua/Mexiko.



Abbildung 4: Gips-Sandrose.





Abbildung 6: Alabasterschale nach etruskischem Vorbild aus Volterra/ Italien.

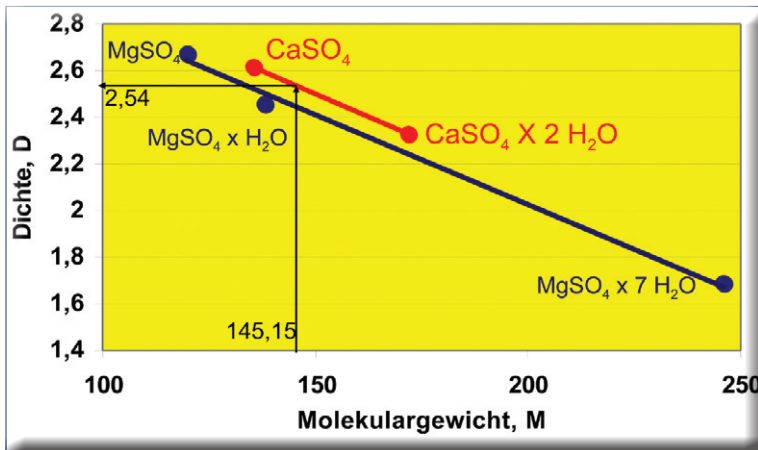
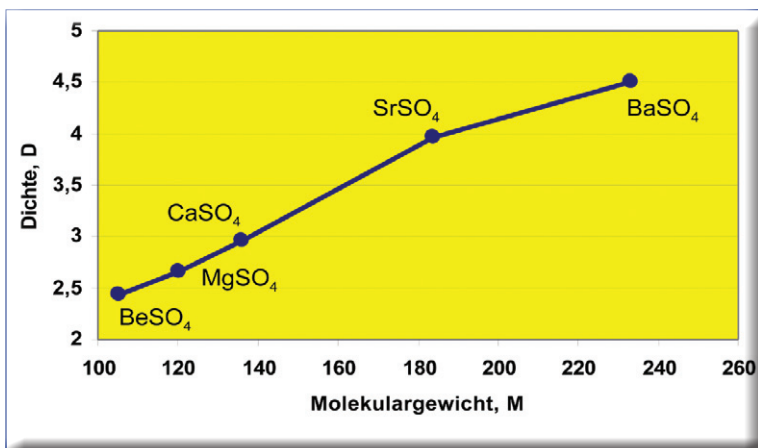


Abbildung 7: Dichten der Calcium- und Magnesiumsulfate und deren Hydrate in Relation zum Molekulargewicht.

Abbildung 8: Dichten der Alkalisulfate in Relation zu ihren Molekulargewichten.

**Meerwasser:**

$$M = 246,48$$

$$\rightarrow 0,0284 \text{ Mol}$$

$$M = 219,08$$

$$\rightarrow 0,011 \text{ Mol}$$



$$M = 172,17$$

$$M = 203,31$$

$$\rightarrow 1,89 \text{ g/l Gips (L = 2,41 g/l; } 20^\circ\text{C)}$$

Abbildung 5: Reziproke Salzpaare Mg/SO_4 und Ca/Cl führen nur in konzentrierten Lösungen zur Gips-Ausfällung – Konzentrationen im Meerwasser reichen dafür nicht!

Minerale: Gips und Alabaster

Gips ist auf der Oberfläche unseres Erdballs häufiger zu finden, natürliche Lagerstätten sind jedoch oft mit Beimengungen versehen.

Geologisch sammelte sich der Gips als $\text{CaSO}_4 \times 2 \text{ H}_2\text{O}$ durch Auskristallisieren aus verdunstetem, übersättigtem Meerwasser (Abbildung 5).

Die gigantischen natürlichen Gipskristalle stammen aus der Mine von Naica in dem größten mexikanischen Staat Chihuahua mit der Hauptstadt gleichen Namens. Sie haben dort eine Länge bis zu 15 Metern.

Obwohl die Struktur des Gipses bereits 1933 vorgeschlagen wurde, konnte das Halbhydrat erst 2009 von den BASF-Wissenschaftlern Bräu und Weiss mittels Röntgenbeugung an Einkristallen präzisiert werden.

Danach sind die Wasser-Moleküle fest in das Calciumsulfatgitter einbezogen, während sie untereinander keine Wechselbeziehungen eingehen.

Sehr reine und große Gipskristalle sind in der Soxhlet-Apparatur erhältlich. Als Lösungs- und Extraktionsmittel kann reines Wasser oder azeotrope Lösungsmittel-Gemische dienen.

Dem Carara-Marmor sehr ähnlich sieht der ebenfalls in dünnen Schichten durchscheinende Alabaster. Aus ihm werden Vasen, Schalen und Lampenschirme gefertigt (Abbildung 6).

Dichte und Löslichkeit

Analog zur Dichte der Kristallwasser haltigen Magnesiumsulfate nimmt die Dichte auch beim Calciumsulfat mit zunehmendem Wassergehalt in Relation zum Molekulargewicht nahezu linear ab (Abbildung 7).

Wäre das Wasser ohne jeglichen bindenden Effekt im Hydrat-Kristall, ließe sich die Dichte aus der des wasserfreien Calciumsulfats und der des Wassers sowie ihren mengenmäßigen Anteilen im Molekül errechnen.

Das nämlich führt zu einer Dichte von 2,55. Die in der Literatur allgemein zitierte Dichte für das Dihydrat liegt jedoch bei 2,32. Also noch niedriger, als hätte man es mit einem zusätzlichen Volumen verringernden Effekt zu tun.

Auch die wasserfreien Sulfate der Erdalkalimetalle vom Beryllium bis zum Barium folgen in etwa einer Geraden, wenn man von der leichten Abweichung des Strontiumsulfats absieht (Abbildung 8).

Bei den Erdalkalimetallsulfaten fällt auch die relativ niedrige Löslichkeit in Wasser auf. Nur das Magnesiumsulfat weist eine höhere Löslichkeit auf (Tabelle 1).

Die Löslichkeit des Calciumsulfats liegt bei Raumtemperatur höher als bei 100 °C. Den gebogenen Verlauf der Löslichkeit von Gips in Wasser zeigt Abbildung 9. Durch Zugabe von Chlorid kann die Löslichkeit deutlich, um mehr als das Doppelte, gesteigert werden, wie die Abbildung 10 am Beispiel des Natriumchlorids belegt. Der Löslichkeit steigernde Effekt macht sich besonders bis 1 Mol NaCl bemerkbar.

Eine noch gesteigerte Löslichkeit lässt sich in Mineralsäuren beobachten. Zweimolare Säuren lösen etwa die zehnfache Gipsmenge im Vergleich zu reinem Wasser (Abbildung 11).

Sulfat	Formel	M	D	Smp. [°C]	Löslichkeit [%]
Beryllium	BeSO ₄	105,07	2,44	550 (Z.)	unlöslich
Magnesium	MgSO ₄	120,37	2,66	1.124 (Z.)	27 (0°C); 73,8 (100°C)
Calcium	CaSO ₄	136,14	2,96	1.450	0,209 (30°C); 0,162 (100°C)
Strontium	SrSO ₄	183,68	3,96	1.605	0,0112 (0°C); 0,014 (30°C)
Barium	BaSO ₄	233,40	4,50	1.580	0,00022 (16°C); 0,000413 (100°C)

Tabelle 1: Eigenschaften der Erdalkalisulfate.

Betrachtet man die Löslichkeit auch anderer Calciumverbindungen, so ist leicht zu erkennen, dass einige andere Calciumsalze noch schwerer löslich sind als der Gips (Tabelle 2).

Tabelle 2: Calcium-Verbindungen und ihre Parameter (CaSO₄ und in Wasser schwerer als CaSO₄ lösliche Verbindungen hervorgehoben).

Verbindung	Formel	M	Dichte	Smp. [°C]	Löslichkeit L ₁	L ₂ [% in H ₂ O]
Acetat	Ca(CH ₃ COO) ₂	158,17		Z.	37,4 (0°C)	29,7 (100°C)
Borat	Ca(BO ₂) ₂	125,70		1.154		
	Ca(BO ₂) ₂ × 6 H ₂ O	233,79	1,88		0,25 (30°C)	
Bromid	CaBr ₂	199,90	3,35	730	142 (20°C)	312 (105°C)
Carbonat; Aragonit	CaCO₃	100,09	2,93	520: Calcit	0,00153 (25°C)	0,0019 (75°C)
Carbonat, Calcit	CaCO₃	100,09	2,71	1.339	0,00140 (25°C)	0,0018 (75°C)
Chlorid	CaCl ₂	110,99	2,15	782	74,5 (20°C)	159 (100°C)
	CaCl ₂ × H ₂ O	129,00		260		
	CaCl ₂ × 2 H ₂ O	147,02	0,84			
	CaCl ₂ × 6 H ₂ O	219,08	1,71	30: - 2 H ₂ O		
Fluorid	CaF₂	78,08	3,18	1.423	0,0016 (18°C)	0,0017 (26°C)
Formiat	Ca(HCOO) ₂	130,12	2,02	Z.	16,2 (0°C)	18,4 (100°C)
Hydroxid	Ca(OH) ₂	74,09	2,24	580: - H ₂ O	0,185 (0°C)	0,077 (100°C)
Iodid	CaI ₂	293,89	3,96	784	209 (20°C)	426 (100°C)
Laurat	Ca(C₁₁H₂₃COO)₂	438,73			0,004 (15°C)	0,055 (100°C)
Nitrat	Ca(NO ₃) ₂	164,09	2,50	561	121,2 (18°C)	376 (100°C)
Oxalat	CaC₂O₄	128,10	2,2	Z.	0,00067 (13°C)	0,0014 (95°C)
Palmitat	Ca(C₁₅H₃₁COO)₂	550,93			0,003 (25°C)	
Phosphat	Ca₃(PO₄)₂	310,18	3,14	1.670	0,002 (20°C)	
Propionat	Ca(C ₂ H ₅ COO) ₂	188,24			49 (0°C)	55,8 (100°C)
Silikat	CaSiO₃	116,16	2,91	1.540	0,0095 (17°C)	
Sulfat	CaSO ₄	136,14	2,96	1.450	0,209 (30°C)	0,162 (100°C)
	CaSO ₄ × 0,5 H ₂ O	145,15		163: -0,5 H ₂ O	0,3 (20°C)	
	CaSO ₄ × 2 H ₂ O	172,17	2,32	128: -1,5 H ₂ O	0,241 (20°C)	0,222 (100°C)
Valerinat	Ca(C ₄ H ₉ COO) ₂	242,33			8,28 (0°C)	7,39 (100°C)

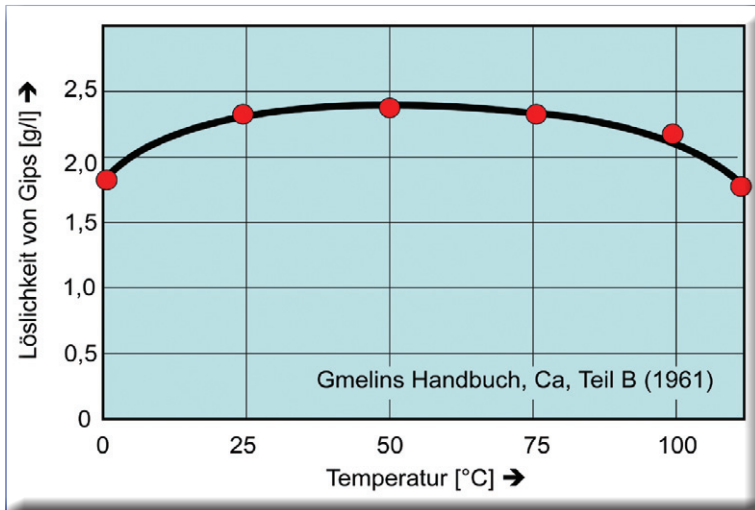


Abbildung 9: Verlauf der Löslichkeit von Gips, $\text{CaSO}_4 \times 2 \text{H}_2\text{O}$, in Wasser bei unterschiedlichen Temperaturen.

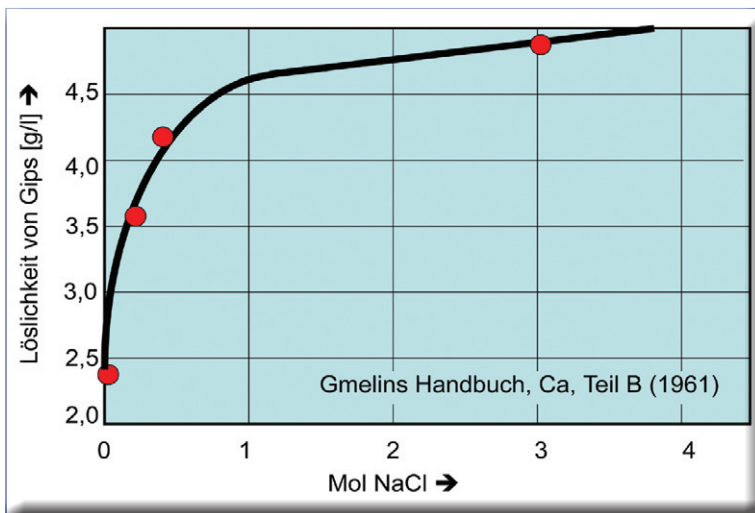
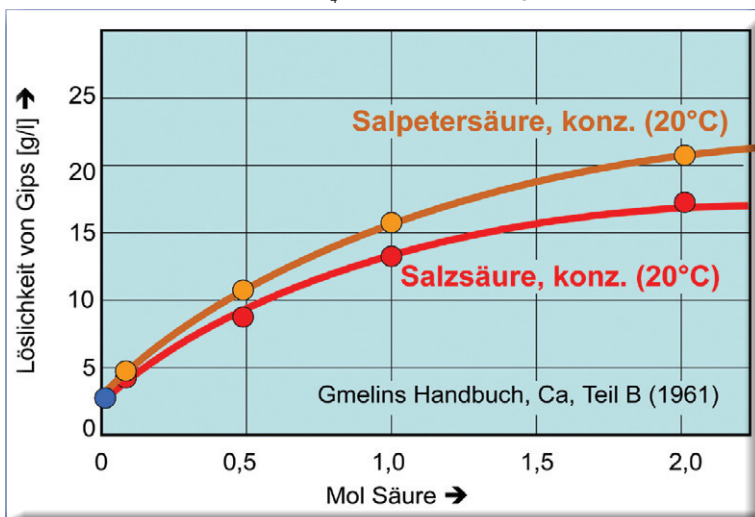


Abbildung 10: Steigerung der Löslichkeit von Gips in Wasser durch Zugabe von Kochsalz.

Abbildung 11: Löslichkeit von Calciumsulfat, CaSO_4 , in Wasser durch Zugabe von Mineralsäure.



Die Löslichkeit der Calciumsulfate ist rot hervorgehoben. Die schwerer löslichen Verbindungen als Gips sind in dickerer Schrift angegeben.

Interessant in diesem Zusammenhang ist es auch, einen Blick auf die Calciumsalze der n-Alkylcarbonsäuren zu werfen: bis zur Propionsäure entstehen in steigendem Maße gut lösliche Calcium-Verbindungen. Die Löslichkeit der höheren n-Carbonsäuren nimmt mit Calcium-Kationen parabolisch ab (Abbildung 12).

Nach dem Prinzip „reziproker Salzpaare“ können mit den Anionen der schwerlöslichen Calcium-Verbindungen eine Reihe von Umsetzungen mit Gips durchgeführt werden.

Industrielle Synthese: REA-Gips

Kraftwerke, die mit fossilen Brennstoffen beheizt werden, müssen aufgrund des enthaltenen Schwefels in der Kohle, weniger im Erdgas, nach gesetzlicher Vorschrift eine Rauchgas-Entschwefelungs-Anlage (REA) betreiben, um die niedrigen Emissionswerte für Schwefeldioxid einhalten zu können.

Auf diese Weise ist neben dem bergmännischen Gips-Abbau auch zwangsweise eine zusätzliche chemische Synthese im industriellen Maßstab mit steigenden Rohgips-Mengen etabliert worden. Allerdings werden von den Baustoff-Produzenten hohe Anforderungen gestellt, so dass nicht alle REA-Gips-Chargen akzeptiert werden.

Ein zu hoher Mangan-Gehalt in der Kohle beispielsweise lässt den Gips durch den entstehenden Braunstein oder Mangan(II)oxid zu dunkel werden.

Die Entschwefelungsanlagen arbeiten in der Regel mit Kalkmilch, die zuvor aus kalziniertem Kalk und Wasser gewonnen wurde:

1. Kalzination von Kalk: $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
2. Kalkmilch-Herstellung: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$

Das Calciumhydroxid (Kalkmilch) besitzt selbst nur eine sehr geringe Löslichkeit, die noch unterhalb der des Gipses liegt: 0,185 % bei 0°C und nur 0,077 % bei 100°C. Die Neutralisation ist bei der REA-Gips-Bildung mit dem Schwefeldioxid aus den Kraftwerks-Abgasen die entscheidende Triebkraft für die Reaktion:

3. Rauchgas-Entschwefelung:
 $\text{Ca(OH)}_2 + \text{SO}_2 \rightarrow \text{CaSO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Das zunächst entstehende Calciumsulfit ist ebenfalls sehr schwer wasserlöslich: bei 18°C löst es sich nur zu 0,0043%, bei 100°C gar nur zu 0,0011%.

Steuert man allerdings die Entschwefelung so, dass lösliches Bisulfit entsteht, wird die Oxidation mit Sauerstoff wesentlich erleichtert:

4. Sulfit-Oxidation:
 $\text{Ca(HSO}_3)_2 + \text{O}_2 + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow 2 \text{CaSO}_4 \times 2 \text{H}_2\text{O}$

Nach dem Abtrennen des Gips-Niederschlages und dem Abfiltrieren der Suspension auf dem Bandfilter enthält der samtweich anfühlende, feinkörnige REA-Gips noch einen Feuchte-Gehalt von etwa 10%.

Die Weiterverarbeitung des REA-Gipses zu Baustoff-Gips verläuft analog zu der des Naturmaterials, wie das Ablauf-Schema der Abbildung 13 zeigt.

Seit 1989 vermarkten die Steinkohlekraftwerke neben Energie und Flugstaubaschen jährlich auch ca. 2,5 Mio. t REA-Gips.

Für seinen industriellen Einsatz muss der REA-Gips aber noch eine Reihe chemischer und physikalischer Analysen über sich ergehen lassen.

Analyse von Gips

Naturgips wie auch das Kraftwerksprodukt enthalten, in Abhängigkeit von der eingesetzten Kohle, noch eine Reihe von Verunreinigungen: beispielsweise Halogenide (Chloride, Fluoride) und Inertstoffe (Tone, Schwermetalloxide).

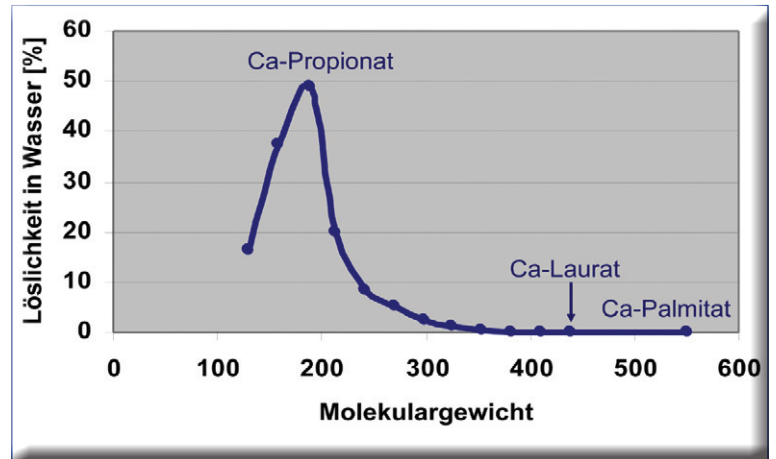


Abbildung 12: Löslichkeit der Calcium-n-Alkylcarbonsäuren mit steigendem Molekulargewicht in Wasser.

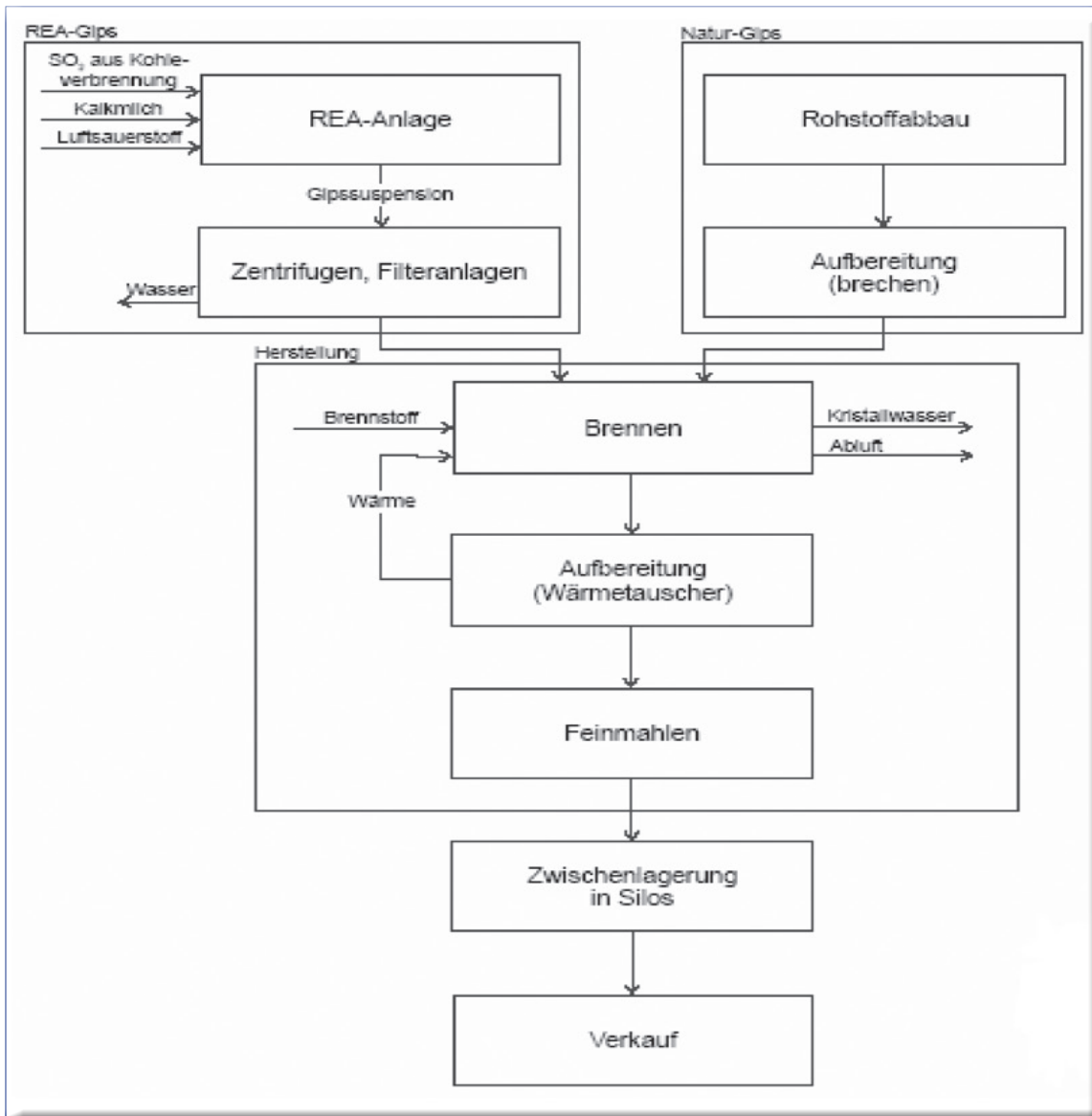


Abbildung 13: Gips-Herstellung aus Gipsstein und REA-Gips.

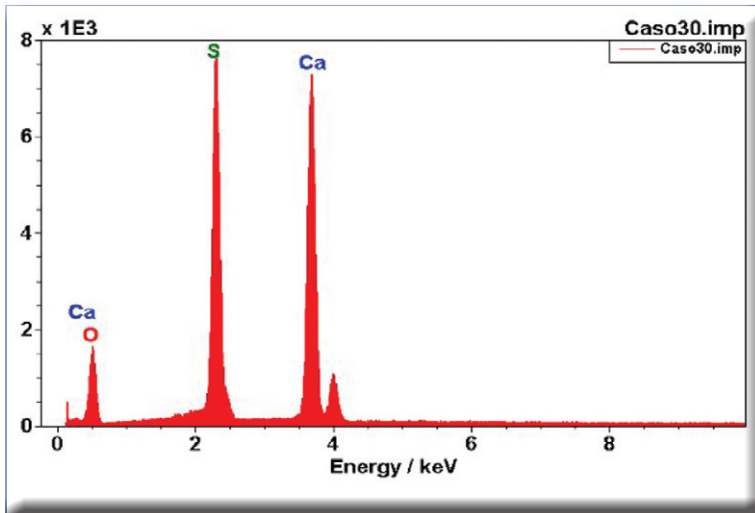


Abbildung 15:
EDX-Spektrum
von Calciumsulfat,
 CaSO_4 .

Die Reinheit des Gipses äußert sich auch an der thermischen Zersetzung in der Differential-Thermogravimetrie: Das Maximum für das Austreiben der ersten 1,5 Mol Wasser sollte bei 131,0 °C liegen; das restliche Wasser sollte bei 147,4 °C das Gips-Molekül $\text{CaSO}_4 \times 2 \text{H}_2\text{O}$ hauptsächlich verlassen. Bei höheren Temperaturen liegen nur noch 79 Gew.-% der Einwaage als wasserfreie Verbindung vor (Abbildung 14).

Abbildung 14:
Thermische
Zersetzung von
Gips.

Elementspuren sind im Elektronen-Spektrum zu sichten. Abbildung 15 zeigt das energie-dispersive Röntgenspektrum (EDX) des reinen Calciumsulfats.

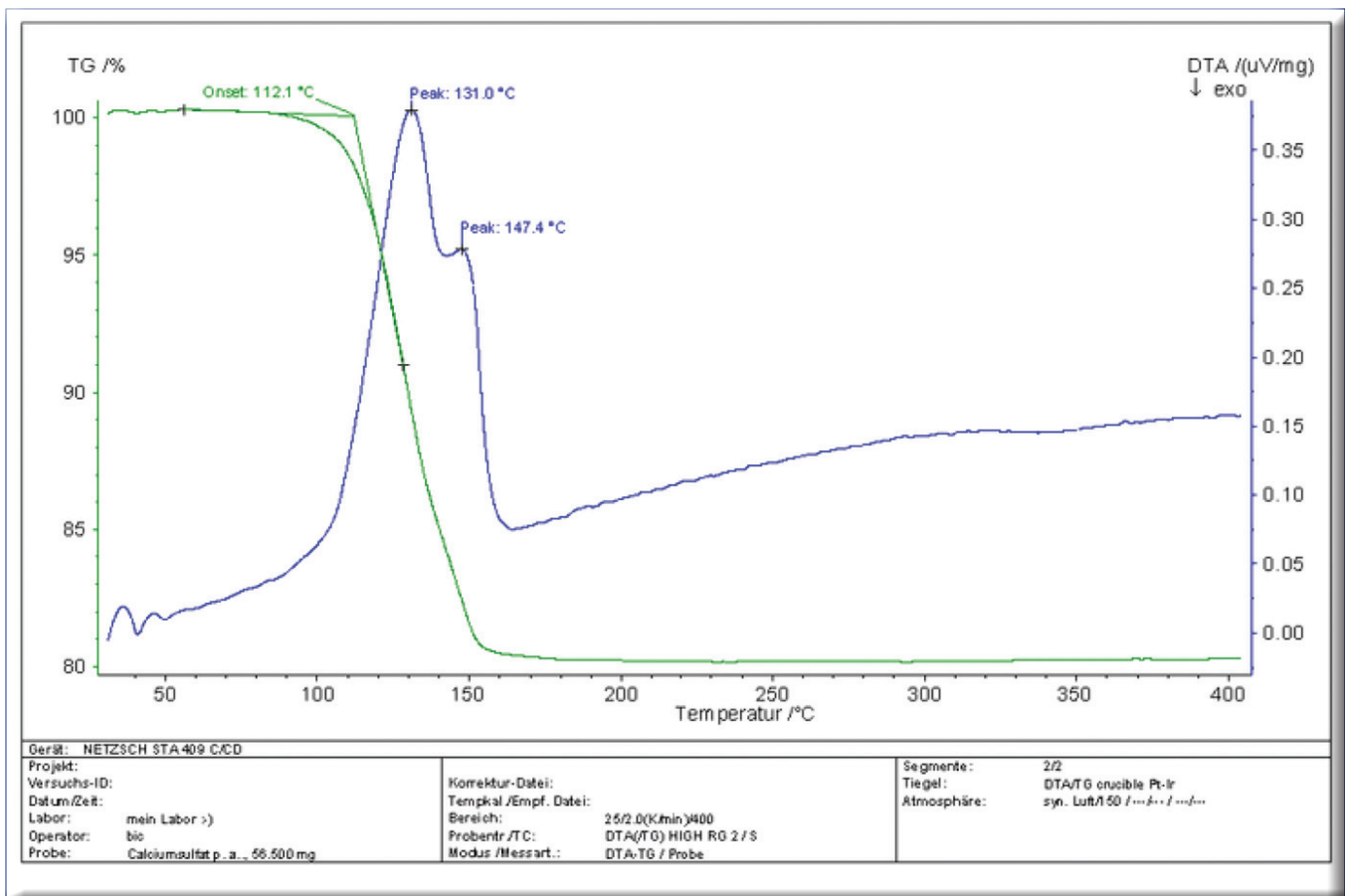
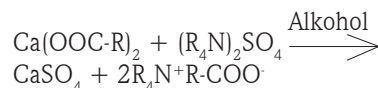
Aus der qualitativen Analyse sind die Gips-Nadeln oder auch Nadelbüschel bekannt, die unter dem Mikroskop zu diagnostizieren sind (Abbildung 16).

Der Calcium-Gehalt im Gips lässt sich auch über eine komplexometrische Titration bestimmen. Dafür eignet sich der Ethylendiamin-tetraacetat-Chelat (EDTA) mit Calconcarbonsäure als Farb-Indikator (Abbildung 17).

Darüber hinaus sind weitere Tests zur Feuchte, Farbe, Korngrößen-Verteilung u. a., je nach Kundenanforderung notwendig.

Chemische Reaktionen mit Calciumsulfat

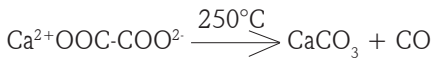
Schon die Betrachtung der unterschiedlichen Löslichkeiten der Calcium-Verbindungen zeigt eine Fülle von Reaktionen, die mit dem Gips als Ausgangsstoff möglich sind: durch Umfällung zu den schwerer löslichen Carbonaten, Oxalaten, Phosphaten, Fluoriden und anderen Salzen sind neue Verbindungen zu produzieren (Abbildung 18). Die schwerlöslichen Carbonsäuren lassen sich ebenfalls zu Umfällungen nutzen. Da die Calciumsalze der höheren Carbonsäuren in Alkohol und anderen organischen Lösungsmitteln löslich sind, können sich weitere Fällungen anschließen, wie z.B.:



Nach dieser Umfällung in organischen Lösungen ist auch sehr reines Calciumsulfat zugänglich.

Durch Reduktion von Gips mit Kohle entsteht Calciumsulfid, CaS. Es dient zur Herstellung von Leuchtstoffen und als Schmiermittel bei höheren Temperaturen. An Luft oxidiert es sich wieder langsam zum Sulfat.

Calciumoxalat kristallisiert mit einem Mol Kristallwasser, das erst bei 180°C wieder entweicht. Bei höheren Temperaturen entstehen Carbonat und Kohlenmonoxid:



Das Kohlenmonoxid kann für chemische Synthesen, zur Reduktion oder in der Verbrennung Verwendung finden.

In den letzten Jahren kam es in den USA zu Sammelklagen gegen korrosive Eigenschaften des Gipses. Das Calciumsulfat reagiert neutral und wirkt von sich aus alleine nicht korrosiv. Wenn aber in den Gips organische Säuren, Borsäure oder Kieselsäure untergemischt werden, um die Abbindezeit (= Erstarrungszeit) zu regulieren, dann können sich schwerlösliche organische Calciumsalze bilden und dabei die stark korrodierende Schwefelsäure freisetzen.

Früher als Erstarrungsbeschleuniger oft eingesetztes Calciumchlorid im Beton ist wegen der Korrosion von Stahlbewehrungen nicht mehr zugelassen.

Weitere Anwendungen

Neben der Verwendung von Gips als Baustoff für Ziegel- und Zement-Beimischung, Putz und Estriche hat Gips noch zahlreiche weitere Anwendungsmöglichkeiten gefunden. Der Bundesverband der Gipsindustrie in Berlin (www.gips.de/frames/main/publik_allg_main.html) informiert über die neuen Einsatzgebiete und aktuellen Themen rund um den Gips.

Einige Anwendungen des Gipses bedürfen noch einer näheren Betrachtung: der Einsatz in der Medizin,

Abbildung 18: Umsetzungen des Calciumsulfats.

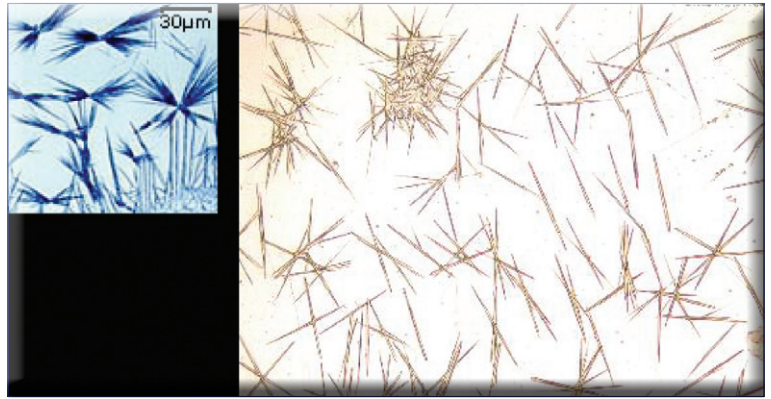
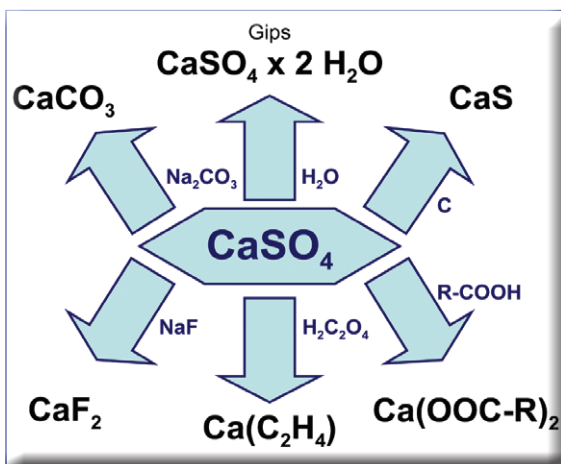
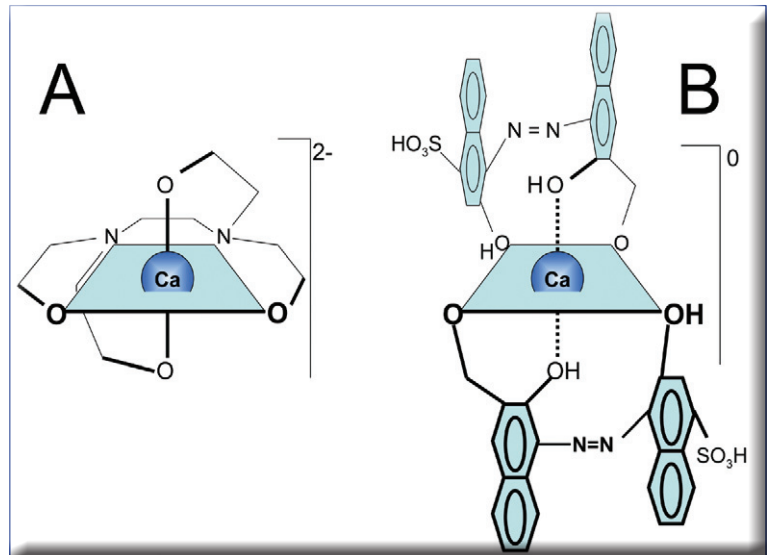


Abbildung 16: Gips-Nadeln unterm Licht-Mikroskop für die qualitative Analyse (Durchsicht).

Abbildung 17: Der stabilere Ca-EDTA-Komplex (A) und der labile Indikator-Komplex mit Calconcarbonsäure (B).



die Verwendung als Tafelkreide sowie künstlerische Arbeiten mit Gips.

Gips-Verband und Schüßler-Salze

Gipsverbände nach Knochenbrüchen kennen wir seit 1852, als der holländische Armee-Arzt Antonius Mathijssen (1805-1878) sie aus Baumwollstoff und Gips auch in der zivilen Medizin einsetzte (Abbildung 19).

Heute, nach über 100 Jahren, erkennen die Ärzte auch die negativen Auswirkungen von Gipsverbänden: die lange Ruhigstellung von Gelenken begünstigt Thrombosen und Versteifungen bei negativer Beeinflussung von Durchblutung und Nervenfunktionen. Die Muskelmasse baut sich während der Ruhigstellung ebenfalls ab.

Auf der Hypothese, dass Krankheiten die Folge eines gestörten Mineralstoffwechsels sind, basiert die Heilmethodik des Dr. Wilhelm Heinrich Schüßler (1821-1898) aus Oldenburg mit seinen zwölf anorga-



Abbildung 19: Gips-Verbandsmaterial und Gips-Verbände.

nischen Mineralstoffen. Eines dieser Minerale, die im ppm-Bereich als Stimulans zur Nahrungsergänzung verabreicht werden, ist das Calciumsulfat. Es trägt die offizielle Nr. 12. Calciumsulfat unterstützt Leber- und Gallentätigkeit, wirkt entzündlichen Prozessen entgegen und hilft bei chronischen Gelenkentzündungen.

Tafelkreide

Zur Herstellung der Tafelkreiden verwendeten die Hersteller während des 19. Jahrhunderts in Deutschland, Österreich und Skandinavien vor allem Calciumsulfat. Auch heute bestehen über die Hälfte der Kreiden in Deutschland aus Gips (Abbildung 20). Eine Alternative sind heute Kreiden aus gebranntem Magnesiumoxid. Gegenüber echter Kreide, dem Calciumcarbonat, haben Gips und Magnesiumoxid den Vorteil,

dass sie nicht alkalisch reagieren. Das macht sich besonders übel bemerkbar, wenn der Kreidestaub ins Auge gerät.

Mit etwas Zitronensaft kann schnell die Carbonat-Kreide, wie sie in Frankreich als „Champagnerkreide“ im Einsatz ist, durch ihr Aufschäumen identifiziert werden.

Künstlerische und handwerkliche Arbeiten mit Gips

Gips-Plastiken sind in der Bildhauer-Kunst weit verbreitet: sowohl die Modelle als auch Abdrücke sind in sehr praktischer Weise mit Gips anzufertigen.

Auch die Abformtechnik kann auf eine lange Tradition zurückblicken: Ton-Modelle lassen sich mit Gips einschalen, um sie mit Bronze auszugießen. Aber auch Reliefs können mit Hilfe der Gips-Abformtechnik beliebig oft kopiert werden, um sie auf der ganzen Welt in Museen zu präsentieren.

Das Familien-Unternehmen Knauf Gips KG spendierte seiner fränkischen Heimatstadt Iphofen unweit von Würzburg ein Gips-Museum, in dem auf mehreren Stockwerken Figuren und Reliefs, in vielfältiger Art über die Abformtechnik hergestellt, zu bestaunen sind.

Obwohl heute modernere Materialien zur Verfügung stehen, hat auch die Dentaltechnik lange mit Gips-Abdrücken gearbeitet.

Bei vielen Abdruck-Arbeiten spielt Gips weiterhin eine wichtige Rolle.

Ähnliches gilt für die Forensik, die durch ihre Gips-Abdrücke von Reifenspuren und Fußabdrücken schon so manchen Täter überführen konnte. **CLB**



Abbildung 20:
Herstellung
von Wandtafel-
Kreiden aus Gips.

SI-Einheiten				
Physikalische Größe	Einheit Name	Symbol	SI-Einheiten	andere bzw. USA-Einheiten
Länge l	Meter Millimeter Mikrometer	m	Basiseinheit mm μm	100 cm; 1,09361 yd; 3,2808 ft 0,1 cm; 0,03937 in 10,000 Å
Fläche A	Quadratmeter Quadratmillimeter		m^2 mm^2	0,01 ar; 10,764 sq ft 0,01 cm^2 ; 0,00155 sq in
Volumen V	Kubikmeter Liter	l	m^3 dm^3	35,3145 cu ft 0,2642 gal
Zeit t	Sekunde	s	Basiseinheit	day = $8,64 \cdot 10^4$ sec.
Masse m	Kilogramm	kg	Basiseinheit	2,2046 lb
Kraft F	Newton	N	kg m s^{-2}	0,102 kp; 10 dyn; 0,2247
Druck p	Pascal Megapascal	Pa Mpa	N/m^2 $\text{N/mm}^2 = 10 \text{ Bar}$	0,0075 Torr; 2,05 lb/sq ft 10,2 at; 142,23 lb/sq in (Psi)
Energie E	Joule	J	$\text{kg m}^2 \text{s}^{-2} (= \text{Nm}^2)$	0,2388 cal; 0,9476 BTU
Leistung P	Watt	W	$\text{kg m}^2 \text{s}^{-3} (= \text{J s}^{-1})$	$1,3610^{-3}$ PS
Stoffmenge n	Mol	mol	Basiseinheit	val; äq; eq
Massenkonzentration ρ_B			kg m^{-3} ; g/l^{-1} ; mg/l	[%w/v; ppm] obsolete
Massenverhältnis ω_B			kg/kg; g/kg; mg/kg	[%w/w; ppm] obsolete
Volumenverhältnis ϕ_B			$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$; 1; ml/l; $\mu\text{l/l}$	[vol%; %v/v; ppm] obsolete
Molarität C_B			mol m^{-3} ; mol/l; mmol/l	[M; N; m; n; äq/l] obsolete
Molalität m_B			mol kg^{-1} ; mmol/kg	
Katalytische Aktivität	Katal Microkatal Nanokatal	kat μkat nkat	mol s^{-1} $\mu\text{mol s}^{-1}$ nmol s^{-1}	$6 \cdot 10^7 \mu\text{mol/min} = 6 \cdot 10^7 \text{ U}$ 1 $\mu\text{kat} = 60 \text{ U}$; 1 U = 0,0167 μkat 16,67 nkat = 1 U = 1 $\mu\text{mol/min}$
Viskosität		η	$\text{Pa} \cdot \text{s} = \text{N m}^{-2} \text{s}$	1000 cP
Lichtabsorption		A	$-\log I/I_0$	E; OD; %A = $100 (1-10^{-A}) = 100\%T$

CLB

FAX: 06223-9707-41

Wollen Sie die CLB nicht erst als 4., 5. oder 6. in Ihrer Firma lesen?

Für nur 109 Euro pro Jahr erhalten Sie als persönlicher Abonnent monatlich die CLB mit dem Ausbildungs- und Umweltbezogenen Teil Erreichen&Erhalten.

Abo-Bestellcoupon

- JA, ich möchte die CLB abonnieren. Ich erhalte als persönlicher Abonnent die CLB zunächst für ein Jahr (=12 Ausgaben) zum Preis von 109 Euro zzgl. Versandkosten (Inland: 13,60 Euro, Ausland: 24,40 Euro). Das Abonnement verlängert sich automatisch um ein weiteres Jahr, wenn es nicht bis acht Wochen vor Ende des Bezugsjahres gekündigt wird.

Datum / 1. Unterschrift

Name / Vorname

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

Straße / Postfach

Land / PLZ / Ort

Datum / 2. Unterschrift

Telefon oder e-Mail

Körpergestalt von Schnecken umgeformt

Mukoviszidose: Körpereigene Qualitätskontrolle muss ausgeschaltet werden

Nur ein bis zwei Tage entscheiden während der Embryonalentwicklung der Süßwasserschnecke *Marisa cornuarietis* darüber, ob die Tiere während ihres Lebens ein Gehäuse tragen oder nicht. Dies ist ein Beispiel dafür, dass vergleichsweise geringfügige Modifikationen von Signalwegen sprunghaft die Gestalt von Organismen verändern können.

Wird während dieser Embryonalentwicklung die Wachstumsrichtung des schalenbildenden Gewebes „umprogrammiert“, so entwickeln diese Weichtiere keine äußere gewundene Schneckenschale. Stattdessen wächst ein kleiner Hohlkegel im Körperinneren – eine ähnliche Entwicklung nehmen die ebenfalls zu den Weichtieren gehörenden Tintenfische. Die Umprogrammierung hat bei der Schnecke auch Konsequenzen für die Lage anderer

Organe: So liegt die Kieme nicht, wie üblich, über dem Kopf in einer Mantelhöhle sondern erstreckt sich stattdessen am Hinterende des Tieres frei ins Wasser. Die vom Team um Prof. Heinz Köhler und Prof. Rita Triebkorn vom Institut für Evolution und Ökologie der Universität Tübingen vorgestellten Befunde unterstützen die Ansicht, dass sich die Körpergestalt von Organismen im Laufe der Evolution durch vergleichsweise geringfügige Modifikationen von Signalwegen sprunghaft verändert haben könnte.

Dass sich die Körperform von Schnecken künstlich umgestalten lässt, entdeckte Doktorandin Raphaela Osterauer bei Studien zur Giftwirkung von Metall-Ionen. Die Forschungsgruppe von Köhler erarbeitete hierzu vor einigen Jahren einen Biotest auf der Basis von sich entwickelnden Schneckeneiern, der sich als sehr empfindlich erwiesen hat. Als die Biologin die Toxizität des in Kfz-Abgaskatalysatoren eingesetzten Edelmetalls Platin überprüfen wollte, stellte sie bei hohen Konzentrationen zweierwertiger Platin-Ionen fest, dass die in den Eiern heranwachsenden Embryonen kein Gehäuse ausbildeten. Weitere Experimente zeigten, dass die Umprogrammierung nur in einer gewissen Zeitspanne von ein bis zwei Tagen während der Embryonalentwicklung möglich war. In dieser Zeit wird die Wachstumsrichtung der Schalendrüse festgelegt. Sie bestimmt darüber, ob der Eingeweidessack der Tiere von einem normalen Mantel, der die äußere Schale bildet, überwachsen wird oder ob sich das schalenbildende Gewebe stattdessen in den Körper einstülpt.

Es ist somit möglich, nur mit einer kurzzeitigen Platingabe während dieser entscheidenden Entwicklungsphase die Wachstumsrichtung dieses Gewebes mit all seinen Konsequenzen für die

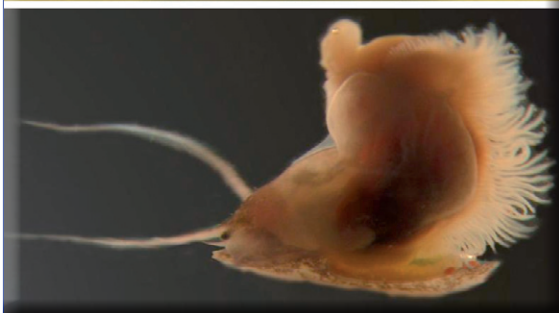
Schalenbildung, die Ausprägung des Mantels und die Lage der Kiemen unumkehrbar zu beeinflussen. Nach Absetzen von Platin entwickeln sich die Schnecken entsprechend ihres neuen Entwicklungsprogramms, schlüpfen aus den Eiern, nehmen wie üblich Nahrung auf und ändern ihre neu definierte Körpergestalt auch während des weiteren Wachstums nicht.

Sie erreichen ein Alter von mehr als einem halben Jahr. In dieser Zeit wächst in den Tieren eine innere, ebenfalls kalkige Schale in der Form eines leicht gebogenen Hohlkegels heran, die nach dem Tod der Schnecken zurückbleibt. Da auch natürlich vorkommende Nacktschnecken und Tintenfische in der Größe reduzierte innere Schalen ausbilden, könnte die künstlich modifizierte *Marisa-Schnecke* als entwicklungsbiologisches Modell für die Erklärung der Evolution innerer Schalen bei Weichtieren dienen. So wurde in jüngsten Studien der Forschergruppe das Fehlen eines Gehäuses nach Platinbehandlung auch bei zwei nur entfernt verwandten Lungenschneckenarten beobachtet.

Durch die Wirkung von Platin werden die Schnecken genetisch nicht verändert, sie sind keine Mutanten. Die Forscher nehmen jedoch an, dass die Regulation der Aktivität, das heißt das An- und Abschalten von Genen, modifiziert wird, und dass derartige Modifikationen auch während der Evolution von Körperformen der Weichtiere bedeutsam waren.

Die Tübinger Biologen gehen davon aus, dass künstlich „schalenlose“ Schnecken im Freiland nicht auftreten. Durch Abnutzung von Abgaskatalysatoren wird zwar Platin in die Umwelt eingetragen, doch solch hohe Platinkonzentrationen wie in den Experimenten mit Schnecken werden bisher nicht erreicht.

Oben: *Marisa-Schnecke* mit Haus; unten: *Marisa-Schnecke* umgestaltet (Fotos: Heinz Köhler, Irene Gust, Silke Grünewald/ Uni Tübingen).



Präzisionsfähre für Gentransfer

Nichtinfektiöses Virus arbeitet hochselektiv

Einer Forschergruppe des Paul-Ehrlich-Instituts (PEI) ist es gelungen, durch „Protein-Engineering“ ein nichtinfektiöses Virus zu konstruieren, mit dem gezielt Gene in Subtypen bestimmter Zellen übertragen werden können.

Dabei ist diese Genfähre nicht nur hochselektiv, sondern auch noch vielseitig einsetzbar. So sind nur kleine Veränderungen nötig, um sie für so verschiedene Zellen wie Endothel- und Blutstammzellen, Lymphozyten oder Neurone zu nutzen.

In der Gentherapie will man mutierte Gene durch intakte ersetzen. Mit lentiviralen Vektoren, Überträgern von Nukleinsäuren aus einer Untergruppe von Retroviren, lassen sich zwar auch schon bisher Gene in Zellen einschleusen. Die meisten Arbeitsgruppen arbeiten jedoch mit Genfähren, die zwar Gene sehr effizient übertragen, dabei aber nicht zwischen verschiedenen Zelltypen unterscheiden können. Sie sind nicht selektiv. Dies liegt daran, dass sich Viren im Laufe von Jahrmillionen optimal an ihren Wirt angepasst haben und für den Zelleintritt Rezeptoren nutzen, die auf vielen Zelltypen vorhanden sind.

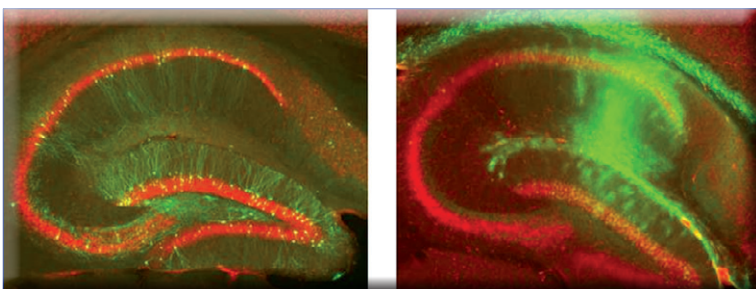
Jetzt hat die Arbeitsgruppe um Prof. Christian Buchholz die Hüllproteine des Masernvirus so verändert, dass sie in lentivirale Vektoren eingebaut werden kön-

nen. Für den Zelleintritt nutzen sie anstatt des natürlichen Rezeptors spezifische Zelloberflächenproteine einzelner Zelltypen. Dies gelang durch „Protein-Engineering“ – namentlich die gezielte Verkürzung der Proteine.

In einem zweiten Schritt veränderten die Forscher eines der beiden Hüllproteine – das Hämagglutinin-Protein – so, dass es jetzt nicht mehr an den Rezeptor binden kann, der auf vielen menschlichen Zellen vorhanden ist. Wie aus Schlüsselrohlingen durch Einfräsen von Zacken der passende Schlüssel für ein Schloss gemacht wird, so wandeln Buchholz und Mitarbeiter durch das Anheften kleiner Antikörperfragmente ihren „Rohling“ zu Präzisionsfähren um. Die Antikörperfragmente passen zu charakteristischen Markern auf Zellsubtypen wie der Schlüssel ins Schloss.

Um zu prüfen, ob sich damit tatsächlich Gene in definierte Zellen übertragen lassen, bauten die Wissenschaftler ein Gen für ein grün fluoreszierendes Protein ein. Durch die Fluoreszenz konnten sie nachweisen, dass die Gene tatsächlich ausschließlich in den gewünschten Zelltyp übertragen werden. Dies gelang sowohl in Zellkulturen als auch in vivo nach Injektion winziger Mengen der Genfähren in das zentrale Nervensystem der Maus.

Die neue Genfähre (A) ist hochspezifisch für bestimmte Neuronen im Gehirn der Maus, erkennbar an der grünen Fluoreszenzfärbung an Zellkörpern und deren Ausläufern. Die herkömmliche Genfähre (B) trifft dagegen viele verschiedene Zelltypen (Abb.: Prof. Monyer, Uni Heidelberg).



Krankheiten:

Mechanismen und Möglichkeiten

- Patienten mit einer spezifischen DNA-Variante zwischen zwei Genen auf Chromosom 8, PGCP und MTDH/AEG-1, haben ein erhöhtes Risiko, an einer **Migräne** zu erkranken. Eine mögliche Erklärung für diesen Zusammenhang sehen Wissenschaftler darin, dass diese DNA-Variante u. U. den Glutamat-Haushalt reguliert (Glutamat ist ein Neurotransmitter). Ziel neuer Therapieansätze wäre es, die Ansammlung von Glutamat an den Synapsen zu minimieren. In der Studie wurde das Genmaterial von mehr als 50 000 Menschen untersucht.
- Wissenschaftler des Helmholtz Zentrums München haben einen neuen zellulären Abwehrmechanismus entdeckt, der die Vermehrung von HI-Viren in bestimmten Gehirnzellen verhindert. Verantwortlich dafür sind die Risp-Proteine, eine Familie zellulärer Eiweiße, die mit dem Virusprotein Rev interagieren und dadurch die Produktion neuer Viruspartikel unterbinden. Im nächsten Schritt bleibt nun zu klären, inwieweit sich der Mechanismus für die Entwicklung neuartiger therapeutischer Konzepte zur **HIV-Bekämpfung** nutzen lässt.
- Medikamente zur Senkung des Cholesterinspiegels können vermutlich auch den Abbau gefährlicher Mini-Proteine im Gehirn beschleunigen. Das zeigt eine Studie der Universität Bonn. Demnach sorgen Wirkstoffe aus der Gruppe der Statine dafür, dass Immunzellen im Gehirn vermehrt ein bestimmtes Enzym ausscheiden. Dieses Enzym zerstört das Amyloid-beta-Peptid, das für den Tod der Nervenzellen bei **Alzheimer** verantwortlich sein soll.
- In drei verschiedenen Studien zur Untersuchung der Ursachen der **Psoriasis (Schuppenflechte)** haben Wissenschaftler insgesamt zehn neue Risiko-Gene entdeckt. Die Studie verlief über 2,5 Jahre mit mehr als 14 500 Studienteilnehmern – ca. 6500 Psoriasis-Erkrankte und ca. 8000 Gesunde. In der Studie wurde erstmalig im Gen TRAF3IP2 eine Genvariante gefunden, die die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Psoriasis erhöht.
- Opiorphin ist ein im menschlichen Speichel vorkommendes Endorphin. Forscher konnten jetzt in vivo nachweisen, dass Opiorphin die gleiche **schmerzstillende Wirkung** wie Morphin zeigt. Die Nebenwirkungen des Opiorphins sind deutlich geringer als die des Morphiums: Keine Gewöhnung, keine Verstopfung und nur eine geringe Suchtgefahr bzw. psychologische Abhängigkeit. Auch als **Antidepressivum** erwies es sich als sehr wirksam. Bei Tierversuchen zeigte das Molekül bei identischer Dosierung die gleiche Wirksamkeit wie Imipramin, ein zur Behandlung depressiver Syndrome eingesetzter Wirkstoff. Opiorphin verursacht jedoch keine Übererregbarkeit, keine sedative Wirkung und keine Auswirkung auf das Langzeitgedächtnis, wie es zuweilen bei Antidepressiva der Fall ist.

Indischer Bernstein: Perfekte Mumien, neue Geo-Hypothese

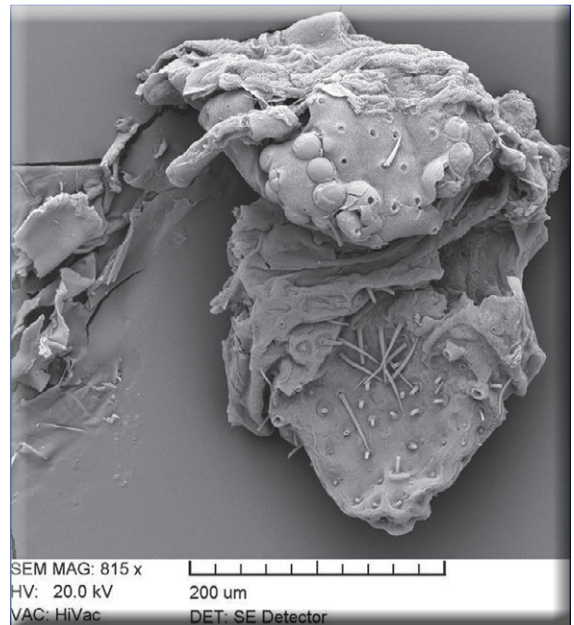
Zu CLB 03/2007, 88-93:
Bernstein: Gold Ostpreußens
und moderne Chemiefasern

Seit zwei Jahren untersuchen Forscher der Universität Bonn zusammen mit indischen und US-Kollegen Bernsteinfunde aus dem Nordwesten Indiens.

Inzwischen zeigt sich, dass es weltweit möglicherweise eines der größten Bernsteinvorkommen ist, das bislang entdeckt wurde. Die braunen Brocken stammen von der Küste der nordwestindischen Provinz Gujarat.

Die in das fossile Harz eingeschlossenen Insekten werfen ein neues Licht auf die Geschichte des Subkontinents. Dieser scheint längst nicht so lange isoliert durch die Weltmeere gedriftet zu sein wie bislang vermutet. Der Grund: Insekten-Fossilien wie in Gujarat wurden auch in Europa oder gar in Mittelamerika gefunden. Das spricht dafür, dass es schon lange vor Entstehung des Bernsteins einen regen Artenaustausch gegeben hat. Bisher galt: Indien soll vor 160 Millionen Jahren von der ostafrikanischen Landmasse abgebrochen und dann isoliert durch die Weltmeere gedriftet sein – mit einem hohen Tempo von etwa 20 Zentimetern pro Jahr. Erst vor etwa 50 Millionen Jahren ist Indien dann mit Asien zusammen gestoßen. Bei diesem Crash hat sich der Himalaja aufgefaltet. Möglicherweise gab es auch Vulkaninselketten, die die Verbindung zwischen Indien und Asien ermöglicht haben.

Noch interessant an den neuen Bernsteinfunden sind ihre Eigenschaften. Würde man die meisten bekannten Bernsteine auseinander sä-



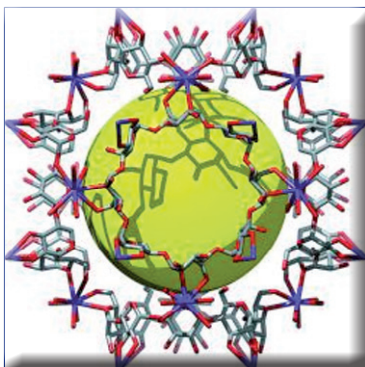
Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme einer Schildlaus mit ungewöhnlichen Augen, die im indischen Bernstein eingeschlossen war (Abb.: Steinmann-Institut, Uni Bonn).

gen, fände man nichts weiter als einen Hohlraum, ausgekleidet mit einer Art „Insekten-Fototapete“. Anders sieht es mit dem Gujarat-Bernstein aus. Sie enthalten zahlreiche Insektenleichen, die trotz ihrer 50 Millionen Jahre währenden Gefangenschaft teilweise extrem gut erhalten sind. Zudem ist der indische Bernstein nur unvollständig polymerisiert und lässt sich daher leicht auflösen.

Metal organic frameworks aus Naturprodukten

Zu CLB 03/2009, 94-99:
MOFs – multifunktionell und
umweltfreundlich

Schema eines nanoporösen metallorganischen Gerüsts aus Naturstoffen.



Die meisten der bisher hergestellten MOFs bestehen aus Bausteinen auf petrochemischer Basis (siehe auch den Artikel „MOFs im Industriemaßstab“ in dieser CLB auf Seite 476). Britische und US-Forscher haben jetzt MOFs aus Naturprodukten aufgebaut. Ihr Problem war dabei, dass natürliche Bausteine im allgemeinen nicht symmetrisch sind. Dieser Mangel an Symmetrie scheint eine Kristallisation zu hochgeordneten poröser Gerüste zu verhindern.

γ -Cyclodextrin hieß die Lösung für dieses Problem: Es besteht aus acht asymmetrischen Glucose-Gruppen, die in zu einem Ring verknüpft sind, der symme-

trisch ist. In vielen Ländern (z.B. USA, Japan) sind Cyclodextrine als Lebensmittelzusatzstoffe zugelassen. Zweite Zutat ist ein Alkalimetall-Salz. Unter den geeigneten Kandidaten finden sich auch Natriumchlorid, Kaliumchlorid oder Kaliumbenzoat, ein zugelassenes Konservierungsmittel. Die Zutaten werden in Wasser gelöst und dann per Dampfdiffusion mit einem Alkohol kristallisiert.

Die entstehenden Kristalle bestehen aus Würfeln aus sechs γ -Cyclodextrin-Molekülen, die dreidimensional über Kaliumionen verknüpft sind. Diese Würfel sind genau so angeordnet, dass sie ein poröses Gerüst mit offen zugänglichen Poren bilden. Eine solche Anordnung war bisher unbekannt. Das Porenvolumen macht 54 Prozent des Festkörpers aus. Besonders untypisch für poröse Materialien: Beim Auflösen in Wasser dissoziiert das Gerüst einfach wieder in seine Bestandteile, die sich dann wieder mit Alkohol kristallisieren lassen.

Nobelpreise 2010 in Chemie, Physik und Medizin

Auszeichnung für Kohlenstoff-Konstrukteure

Der Nobelpreis für Chemie wird in diesem Jahr für die Entwicklung eines wichtigen Werkzeugs zur Synthese organischer Moleküle vergeben: die palladium-katalysierte Verknüpfung von Kohlenstoffatomen. In der Physik erhalten die Erfinder des Graphens die begehrte Anerkennung. Der Nobelpreis für Medizin ehrt den Erfinder der In-vitro-Fertilisation.

Der Nobelpreis für Chemie geht an den Amerikaner Richard Heck und die Japaner Ei-ichi Negishi und Akira Suzuki (Abbildung 1) für „die palladium-katalysierte Verknüpfung in organischer Synthese“.

„Die von den Wissenschaftlern entwickelte Technik hat die Möglichkeiten erheblich verbessert, ausgefeilte chemische Verbindungen herzustellen, zum Beispiel Moleküle auf Kohlenstoffbasis, die genauso komplex sind wie natürlich entstandene“, teilte das Karolinska-Institut in Stockholm mit.

Kohlenstoffatome sind stabil und reagieren nicht leicht miteinander. Die palladium-katalysierte Verknüpfung bietet ein präziseres und effizienteres Werkzeug als frühere Methoden. In der Heck-Reaktion, der Negishi- und der Suzuki-Reaktion stoßen Kohlenstoffatome an einem Palladiumatom aufeinander und können dort miteinander reagieren (Abbildung 2). Die Technik wird weltweit angewendet, sowohl in der Forschung als auch zur Herstellung von Produkten wie Medikamenten (zum Beispiel das potentielle Krebsmedikament Discodermolid) und Molekülen, die in der Elektrotechnik zum Einsatz kommen.

Richard Heck arbeitete an der University of Delaware, Newark. Heute ist der 79-Jährige emeritiert. Ei-ichi Negishi, 75, ist in Japan aufgewachsen und arbeitet an der Purdue University in West Lafayette, Indiana. Der 80-jährige Akira Suzuki war Professor der Hokkai-

do University in Sapporo und ist ebenfalls emeritiert.

Heck begann bereits in den späten sechziger Jahren, die Reaktionen von Arylhalogeniden mit Alkenen mit Hilfe von Palladium als Katalysator zu untersuchen.

Zeitgleich mit dem inzwischen verstorbenen Japaner Tsutomu Mizoroki entdeckte er die nach ihm benannte Heck-Reaktion, auch Mizoroki-Heck-Reaktion genannt. Suzuki und Negishi entwickelten diese Form der Katalyse weiter.

Der Nobelpreis für Physik geht in diesem Jahr an den in der Sowjetunion geborenen Niederländer Andre Geim und den britisch-russischen Physiker Konstantin Novoselov für ihre Experimente mit Graphen (siehe dazu auch den Artikel über Graphene in CLB 07-08/2010: Jugend forscht – Anwendungen von Graphen, S. 310-319). Diese Kohlenstoff-Verbindung könnte in der Elektronik eine große Rolle spielen: „Weil es praktisch transparent ist und ein guter Leiter, kann Graphen für die Herstellung von transparenten Touchscreens, Leuchtschildern und vielleicht auch Solarkollektoren eingesetzt werden.“ Geim und Novoselov war es 2004 gelungen, Kristalle herzustellen, die lediglich aus einer Lage einzelner Kohlenstoffatome bestehen. Im Gegensatz zu allen anderen bekannten Materialien sind sie demnach tatsächlich zweidimensional. Um diese Graphene herzustellen, entwickelten sie die „Tesafilm-Methode“. Beide Forscher arbeiten derzeit in Großbritannien an der University of Manchester.

Den Nobelpreis für Medizin 2010 erhält Robert Edwards; 32

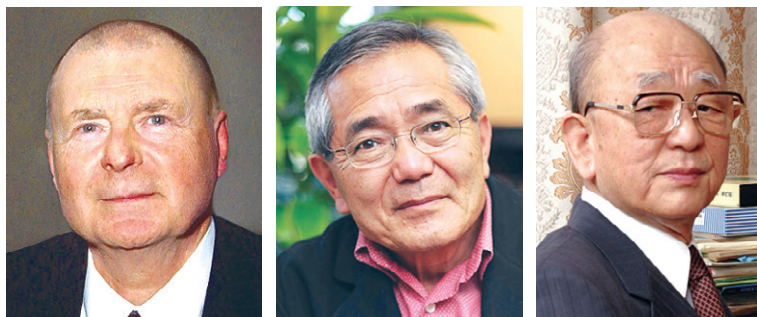
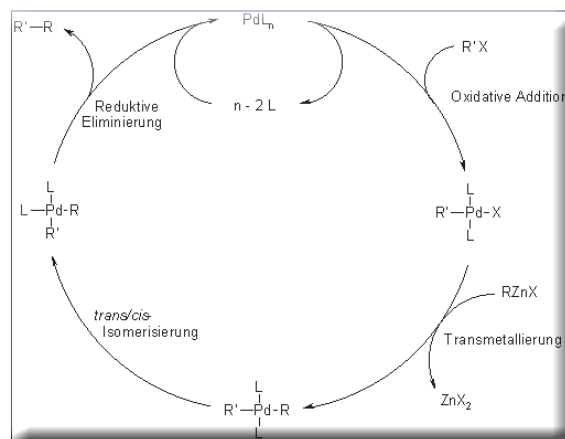


Abbildung 1: Richard Heck, emeritierter Professor der University of Delaware, Newark, USA (links), Ei-ichi Negishi von der Purdue University, West Lafayette, USA (Mitte) und Akira Suzuki, emeritierter Professor der Hokkaido University, Sapporo, Japan, erhalten den Chemie-Nobelpreis 2010.

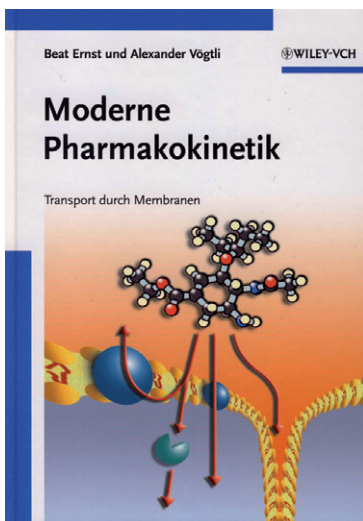
Abbildung 2: Mechanismus der Negishi-Kupplung. Typische Teilschritte aller Palladium-katalysierter Kreuzkupplungen sind Oxidative Addition, Transmetallierung, Trans-Cis-Isomerisierung und Reduktive Eliminierung. Die Negishi-Kupplung, im Jahr 1977 veröffentlicht, war eine der ersten Reaktionen, welche die Synthese von unsymmetrischen Biarylen in guten Ausbeuten ermöglichte. Die Kupplung zwischen einem Halogenid und einem Zinkorganyl findet unter Nickel- oder Palladium-Katalyse statt.



Jahre, nachdem er die künstliche Befruchtung erfunden hat (In-vitro-Fertilisation, IVF). Am 25. Juli 1978 wurde Louise Brown geboren, das erste Retortenbaby der Welt. Mehr als zehn Prozent aller Paare weltweit sind ungewollt kinderlos. Mehr als jedes hundertste Kind in Deutschland wurde in der Kulturschule gezeugt. Der 85-jährige Edwards ist schwer krank und lebt in einem britischen Seniorenheim.

Jeder Preis ist mit zehn Millionen Kronen (1,08 Millionen Euro) dotiert.

Pharmakokinetik – ein Zugang zum Verständnis von Arzneimittel-Wirkungen



Beat Ernst, Alexander Vögli: *Moderne Pharmakokinetik: Transport durch Membranen*; 340 Seiten; Wiley-VCH-Verlag Weinheim, 1. Auflage 2010; ISBN 978-3-527-32376-0; 59,90 Euro.

Ausgehend von der Feststellung, dass einschlägige Lehrbücher zwar die pharmakodynamischen Aspekte der Wirkstoff-Target-Wechselwirkung eingehend beschreiben, jedoch nur unzureichende Ausführungen zur Pharmakokinetik, insbesondere zum Transport durch Membranen, beinhalten,

legen die Autoren hiermit ein Werk vor, mit dem sie gemäß ihrem Vorwort auch Fragen beantworten wie:

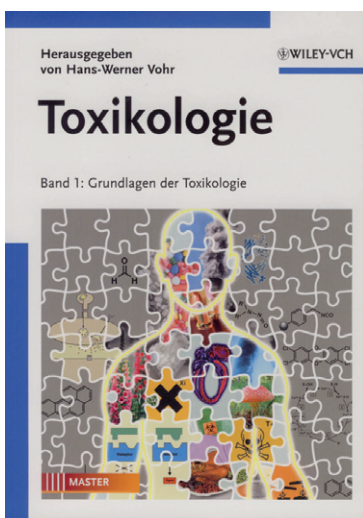
- Wie gelangen Arzneimittel an den Wirkort und docken an die richtigen Bindungsstellen an?
- Wie werden sie im Körper metabolisiert und wie werden die Metabolite ausgeschieden?
- Welches sind die Mechanismen, die diesen Transportprozessen zu Grunde liegen?

Auf eine kurze Einleitung folgt das Kap. 2 „Freisetzung aus der Arzneiform“, in dem auch sechs Wirkstoffe als „Fallbeispiele“ dienen. Nahezu die Hälfte des Buchumfangs entfällt auf das Kap. 3 „Gastrointestinale Absorption“ (163

Seiten; einschl. Übungen mit Angabe von Lösungen und Kommentaren) mit Schwerpunkten wie Transport durch Membranen, Transporter als Targets und Ionenkanäle. Kapitel 4 „Prozesse an der Leber“ (56 Seiten) beschreibt eingehend Transportvorgänge am Hepatozyten, Biotransformationen (auch an Prodrugs) und daran beteiligte Enzyme (wie Cytochrome) und die Hepatische Elimination. Kapitel 5 „Verteilung zum Target“ (61 Seiten) umfasst ein Unterkapitel über die Blut-Hirn-Schranke, die zu Grunde liegenden Transportmechanismen und beteiligten Transporter sowie Targets im Zentralnervensystem, und ein weiteres Unterkapitel über die Placenta-Schranke. Den Abschluss bildet Kap. 6 „Elimination an der Niere“.

Die Kapitel 3 mit 6 beinhalten auch anatomische und histologische Grundlagen. Die Lehrinhalte sind gut strukturiert und werden durch Merksätze (Fettdruck) und eingerahmte Zusammenfassungen („Fazit“) ergänzt. Am Schluss jedes Kapitels sind Literaturhinweise (insgesamt 639) zusammengestellt. Das mit 156 durchgehend vierfarbigen Abbildungen und mit 32 Tabellen ausgestattete Lehrbuch richtet sich insbesondere an fortgeschrittene Studierende der Pharmazie und der Medizinischen Chemie sowie an Pharmakologen, Apotheker und Ärzte, die an dem Fachgebiet Pharmakokinetik interessiert sind. Dieser empfehlenswerten Neuerscheinung ist weite Verbreitung zu wünschen. *Dr. Dieter Holzner*

Toxikologische Untersuchungen – von großer Bedeutung für viele Lebens- und Arbeitsbereiche



Hans-Werner Vohr (Herausgeber): *Toxikologie*; Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 2010; Band 1: Grundlagen der Toxikologie; 456 Seiten; ISBN 978-3-527-32319-7; 44,90 Euro.

Band 2: Toxikologie der Stoffe; 296 Seiten; ISBN 978-3-527-32385-2; 34,90 Euro.

Band 1 und Band 2 als Set; 752 Seiten; ISBN 978-3-527-32386-9; 72,00 Euro.

Diese aus zwei Bänden bestehende Neuerscheinung ist unter Mitwirkung von 30 Co-Autoren mit der Zielsetzung entstanden, ein Lehrbuch und Nachschlagewerk zu schaf-

fen, welches das für den Master-Studiengang Toxikologie und für die Ausbildung zum Fachtoxikologen erforderliche Grundwissen enthält. Wie Kapitel 1 aufzeigt, umfasst die Toxikologie eine Vielfalt an Fachdisziplinen, wie Klinische Toxikologie, Forensische Toxikologie, die toxikologische Bewertung von Nahrungsmitteln und Industriechemikalien sowie Veterinärtoxikologie und die „Regulatorische Toxikologie“. Die folgenden Kapitel in Band 1 betreffen die Gebiete Toxikokinetik (2), Fremdstoffmetabolismus (3/ durch Enzyme katalysierte Biotransformationen von Fremdstoffen), Toxikodynamik (4), Toxische Wirkungen auf Organe und Organsysteme (5), Gentoxizität und chemische Kanzerogenese (6) und Reproduktionstoxizität (7).

Es schließen sich Kapitel an über Epidemiologie (8), Dosis und Wirkung (9/ Risikobewertung)

sowie über Exemplarische Testverfahren in der Toxikologie (10). Weitere Kapitel informieren über Ökotoxikologie (11), toxische Wirkungen in Innenräumen (13) und an Arbeitsplätzen (14). Den Abschluß von Band 1 bilden die Kapitel Biozide und Pflanzenschutzmittel (12), Lebensmittel (15) und Arzneimittel (16). Jedes Kapitel der beiden Bände endet mit einer Zusammenfassung, mit Fragen zur Selbstkontrolle und mit Literaturhinweisen.

Band 2 „Toxikologie der Stoffe“ beinhaltet die Kapitel Metalle (1), Toxikologische Wirkungen Anorganischer Gase (2) und Asbest, Stäube, Ruß (3). Die folgenden Kapitel befassen sich mit der Toxikologie von Stoffen aus bestimmten organischen Verbindungsklassen, wie Kohlenwasserstoffe (4), Alkohole, Phenole, Ketone und Aldehyde (5), Aromatische Amine, Nitroverbindungen und Nitrosamine (6) sowie Organische Halogenverbindungen (7 und 8). Den Abschluss bildet ein Kapitel über Chemische Kampfstoffe (9). Von besonderem Nutzen ist der ausführliche

Anhang (33 Seiten) mit grundlegenden Ausführungen gemäß der Liste 2009 der Senatskommission der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe zu MAK- (Maximale Arbeitsplatz-Konzentration) und BAT-Werten (Biologische Arbeitsstoff-Toleranz-Werte).

Leider weist das Werk bei der Einordnung und Benennung organisch-chemischer Verbindungen und bei der Wiedergabe von Strukturformeln (nur ein Beispiel: Lycopin und beta-Carotin in Band 2, Seite 76) nicht zu übersehende Mängel auf.

Insbesondere in einem Lehrbuch wäre es (für Studierende) wünschenswert, sich konsequent an die *geltenden* Nomenklatur-Regeln zu halten und gebräuchliche Bezeichnungen zu verwenden (siehe dagegen Band 2 Kap.5, „monohydroxylierte“ Alkohole sowie die Aufzählung so genannter „Carbonyle“ in Kap. 5.7). Im Hinblick auf Vielfalt und Umfang der Lehrinhalte ist dieser Neuausgabe weite Verbreitung zu wünschen.

Dr. Dieter Holzner

Der Experimentator: Diesmal Biochemie der Proteine und Proteomics

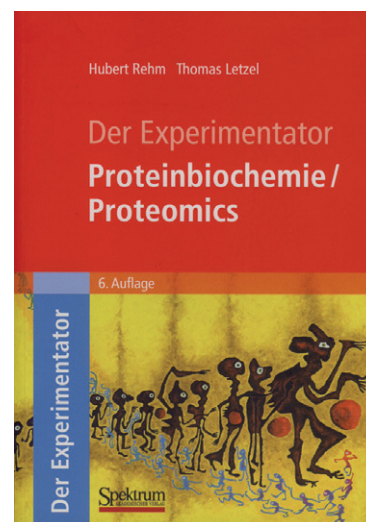
Hubert Rehm, Thomas Letzel: *Proteinbiochemie/ Proteomics*; 390 Seiten; Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 6. Auflage 2010; ISBN 978-3-8274-2312-2; 32,95 Euro.

Wie in dem „Konzept des Experimentators“ ausgeführt ist, richtet sich dieses Buch insbesondere an diejenigen, die „sich über die methodische Vielfalt eines Gebietes informieren wollen“. Die Autoren beabsichtigten jedoch nicht, die jeweiligen Methoden (in der Art eines „Kochbuches“) bis ins Einzelne zu beschreiben, sondern es werden unmittelbar nach der Beschreibung einer Methode in dem betreffenden Unterkapitel Hinweise auf Originalliteratur und auf solche Übersichtsartikel gegeben, in denen für das eigenständige praktische Arbeiten aktuelle und reproduzierbare Methoden verständlich beschrieben sind. Falls erforderlich, führen die Autoren „Tricks auf, die nirgends stehen“, wobei zahlreiche der in den Literaturhinweisen angegebenen Vorschriften von ihnen nachgearbeitet worden sind.

In der aktualisierten und erweiterten Neuauflage folgt auf das einführende Kapitel über die Herstellung von Puffer-Lösungen, Protein-Bestimmungen, Gele und ihre Verwendung, Fällungen und Konzentrieren sowie Blotten dann das zweitlängste Kapitel „Liganden-Bindung“ (71 Seiten) mit Unterkapiteln über Radioaktive Liganden-Markierung, Bindung, Auswertung von Bindungsdaten und Vernetzen von Liganden. Es

schließen sich Ausführungen an über das Solubilisieren von Membran-Proteinen (Kap.3) und (neu) über die Rekonstitution von Proteinen (4). Unter der Überschrift „Säubern und Putzen“ sind in Kapitel 5 die konventionellen Verfahren zur Aufreinigung von Proteinen beschrieben, ebenso wie die Affinitätschromatographie und die nicht-zerstörende präparative Massenspektrometrie.

Kapitel 6 beschreibt den Stand der Technik auf dem Gebiet der Antikörper. Das umfangreichste Kapitel (7/ 114 Seiten) ist dem in rascher Entwicklung begriffenen Forschungsgebiet „Proteomics“ mit dem in der 6. Auflage hinzu gekommenen Schwerpunkt „Massenspektrometrie von Proteinen und Peptiden“ (Kap.7.5/ 68 Seiten) gewidmet. Es folgen Ausführungen über die Bestimmung von Untereinheiten bei homoooligomeren und heterooligomeren Proteinen (8), über Glykoproteine (9) und eine Liste von Lieferfirmen für die erforderlichen Materialien und Geräte an. Eine Anzahl ganzseitiger Tabellen und Abbildungen trägt weiterhin zum Nutzen dieses Werkes bei, das für auf den genannten Gebieten arbeitende Laboratorien unentbehrlich ist. *Dr. Dieter Holzner*



ERREICHEN HALTEN

Die CLB-Rubrik für Ausbildung und Weiterbildung

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

November 2010

Deutschland attraktiv für Spitzen-Studierende Vor allem bei Ingenieuren und Naturwissenschaftlern hoch im Kurs

Internationale Studierende herausragender Universitäten zieht es als Berufs- und Lebensstandort vor allem in die USA, nach Großbritannien und nach Deutschland. 56 Prozent der Jungakademiker können sich vorstellen, nach ihrem Abschluss in den Vereinigten Staaten einen Job anzunehmen, 40 Prozent geben Großbritannien als einen ihrer bevorzugten Standorte an. Mit immerhin 27 Prozent der Nennungen rangiert Deutschland auf der Beliebtheitsskala an dritter Stelle, gefolgt von Frankreich (22 Prozent) und Australien (18 Prozent).

Das sind Ergebnisse der Studie „Wer gewinnt die Talente von morgen?“, die auf einer Befragung von rund 1000 Studenten an ausländischen Spitzen-Universitäten basiert. Die Studie wurde von der Prüfungs- und Beratungsgesellschaft Ernst & Young in Zusammenarbeit mit der Universität Witten/Herdecke erstellt.

23 Studierende der Universität Witten/Herdecke hatten für die Studie über 1000 Studierende in den G-20 Staaten und der EU befragt. (Argentinien, Australien, Brasilien, China, Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Indien, Indonesien, Italien, Japan, Kanada, Mexiko, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Spanien, Südafrika, Südkorea, Türkei und USA). „Das war eine tolle und sehr intensive Studienerfahrung, für

ein so renommiertes Beratungsunternehmen wie Ernst & Young eine Befragung durchzuführen und auszuwerten“, beschreibt Markus Ramme, einer der als Interviewer tätigen Studenten, seinen Eindruck. Das Projekt dauerte insgesamt über neun Monate und beinhaltete neben der Vor- und Nachbereitung auch Besuche an den jeweiligen Top-Universitäten, um die Qualität der Studie zu garantieren. „Wir haben die Interviews vor Ort und persönlich geführt und nicht etwa per Internet. Wir denken, dass so die Antworten ehrlicher und überlegter sind.“

Dass die Führungskräfte von morgen eindeutig für die USA und Großbritannien als attraktivste Standorte votieren, ist keine Überraschung. Immerhin beherrscht die große Mehrheit der befragten Studierenden die Weltsprache Englisch, was ein erheblicher Standortvorteil der englischsprachigen Länder ist. „Wenn aber Deutschland in diesem Ranking auf dem dritten Platz landet, darf man das durchaus als Überraschung werten“, so Peter Englisch, Partner bei Ernst & Young.

Im Ausland werde Deutschland dafür bestaunt und bewundert, dass es die Krise so gut gemeistert habe. Der Ruf des Standorts Deutschland sei derzeit exzellent. Das meinen insbesondere Studenten der Ingenieure- und Naturwissenschaften.

Ein besonderer Schwachpunkt Deutschlands sei die schwierige

Vereinbarkeit von Beruf und Familie, so Englisch. In Deutschland sei es nach wie vor eine echte Herausforderung, Arbeit, Karriere und Familie zu vereinbaren und dabei einen hohen Lebensstandard aufrecht zu erhalten und einen Karriereknick zu vermeiden. Zudem könnten gute Hochschulabsolventen in einigen anderen Ländern deutlich höhere Netto-Einkommen erzielen.

Entfaltung und Familie wichtig

Dass es denn angehenden Akademikern weltweit nicht nur um Karriere und Gehalt geht, zeigt die Umfrage sehr deutlich: Bei der Wahl des ersten Arbeitgebers geben die Studierenden den Möglichkeiten zur Persönlichkeitsentfaltung oder Entwicklung die höchste Priorität. Danach folgen mit etwas Abstand Gehalt und „Work-Life-Balance“, also die Möglichkeit Berufs- und Privatleben mit einander in Einklang zu bringen. Fast genauso wichtig sind dann aber auch die Möglichkeiten der Weiterbildung sowie die Chance, als Mitarbeiter Einfluss auf wichtige Entscheidungen nehmen zu können. An der Bedeutung eines hohen Gehalts scheiden sich allerdings die Geister: Für die Wirtschaftswissenschaftler ist die Vergütung sowohl in der kurz- als auch in der langfristigen Perspektive das wichtigste Kriterium bei der Wahl des Arbeitgebers, nicht jedoch bei den anderen Studierenden.

Zahl der Beanstandungen weiterhin gering BVL stellt Ergebnisse der amtlichen Lebensmittelüberwachung 2009 vor

2009 haben die amtlichen Lebensmittelkontrolleure der Bundesländer risikoorientiert 930 000 Inspektionen in rund 545 000 deutschen Betrieben durchgeführt und 387 000 Proben untersucht. Diese Zahlen präsentierte das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) am 21. Oktober. Der jährliche Bericht des Amtes zeigt, dass die Zahl der Beanstandungen weiter auf niedrigem Niveau liegt. Allerdings gibt es auch einzelne Bereiche, bei denen Handlungsbedarf besteht.

Bei 24 Prozent der Betriebe stellten die Lebensmittelkontrolleure Verstöße fest und leiteten entsprechende Maßnahmen ein. „Die meisten Beanstandungen betrafen – wie auch schon in den Vorjahren – die Betriebshygiene und das Hygienemanagement“, stellte der Präsident des BVL, Dr. Helmut Tschiersky-Schöneburg, bei einer Pressekonferenz in Berlin fest.

Um die Transparenz der Lebensmittelüberwachung für die Verbraucher weiter zu verbessern, hat die 6. Verbraucherschutzministerkonferenz in Potsdam beschlossen, ein bundesweit verbindliches Modell zur Veröffentlichung der Kontrollergebnisse einzuführen. „Die Rahmenbedingungen für dieses Modell werden bereits in einer Projektgruppe der Länderarbeitsgemeinschaft Verbraucherschutz (LAV) erarbeitet“, teilte der LAV-Vorsitzende Bernhard Remde aus dem Verbraucherschutzministerium Brandenburg mit. Ziel ist es, die zusammengefassten Kontrollergebnisse den Kunden auf gut verständliche Weise direkt in der Gaststätte, dem Lebensmittelgeschäft oder sonstigen Lebensmittelunternehmen nahe zu bringen.

Von den rund 387 000 im Jahr 2009 untersuchten Proben haben die Überwachungsbehörden 13,4 Prozent beanstandet und damit ungefähr so viele wie im Vorjahr. Bei den Lebensmitteln zeigten die Wa-

rengruppen Fleisch-, Wild- und Geflügel-Erzeugnisse sowie alkoholische Getränke mit 18 Prozent jeweils die höchste Beanstandungsquote. Die Grundnahrungsmittel Milch und Milchprodukte (13,0 Prozent), Eier und Eiprodukte (10,2 Prozent), Getreide und Backwaren (12,1 Prozent) sowie Obst und Gemüse (8,0 Prozent) wiesen deutlich geringere Beanstandungsquoten auf.

Ein Teil der Betriebs- und Produktkontrollen erfolgte in bundesweit koordinierten Programmen. Im Bundesweiten Überwachungsplan (BÜp) werden unter anderem gezielt jene Bereiche untersucht, die in einzelnen Ländern auffällig wurden. So soll festgestellt werden, ob es sich um ein allgemeines oder ein lokal begrenztes Problem handelt. „Der Bundesweite Überwachungsplan für das Jahr 2009 zeigt, dass in bestimmten Bereichen der Lebensmittelherstellung und -verteilung Handlungsbedarf besteht“, betonte Dr. Helmut Tschiersky-Schöneburg.

Speisen in Krankenhäusern

So wurde das Hygienemanagement bei der Herstellung und Verteilung von Speisen in Krankenhäusern untersucht. In fast allen der 414 inspizierten Krankenhausküchen war ein HACCP-Konzept (Hazard Analysis and Critical Control Points-Konzept) vorhanden, das die Sicherheit der zubereiteten Speisen gewährleisten soll. Allerdings wurde es in etwa zehn Prozent der Fälle nicht angewandt, war unvollständig oder es wurde unzureichend dokumentiert. „Die Ergebnisse des Programms zeigen, dass das Hygienemanagement in Krankenhausküchen weiterhin gezielt kontrolliert werden sollte“, sagte der Präsident des BVL. Dies gelte auch für die Kontrolle von kleinhandwerklichen Sushi-Betrieben. Bei 50 Prozent der insgesamt 136 überprüften Betriebe wurden Mängel bei den HACCP-Konzepten festgestellt. In nahezu jedem fünf-

ten Betrieb wurde die Einhaltung der Kühlkette bemängelt.

Schon seit einiger Zeit stellen die Lebensmittelüberwachungsbehörden fest, dass in der Gastronomie an Stelle von Schinken oder Formfleisch-Schinken zunehmend Schinkenimitate verarbeitet werden. 2009 haben die Kontrollbehörden der Länder deshalb in über 2000 Gaststätten und Imbissen überprüft, ob die eingesetzten Kochschinkenerzeugnisse den Angaben in Speisekarte bzw. Aushang entsprachen. Bei durchschnittlich der Hälfte der Fälle war die Bezeichnung des Produktes nicht zutreffend oder fehlerhaft. Auch hier müssen die Länder weiter stark kontrollieren, damit Verbraucher nicht über die Qualität der Produkte getäuscht werden.

Im Rahmen des Lebensmittel-Monitorings wurde auch 2009 wieder ein vorher festgelegter Warenkorb an Lebensmitteln repräsentativ auf unerwünschte Stoffe hin untersucht. Durch verbesserte Analysemethoden tritt das Vorkommen unerwünschter Stoffe aus Produktion und Herstellung sowie aus dem Umweltkreislauf stärker hervor. In Einzelfällen kann dies zu erhöhten Belastungen führen. Ein Beispiel ist die oft hohe Belastung des sehr selten verzehrten Lebensmittels Schafleber mit polychlorierten Biphenylen (PCB) und Dioxinen.

In vielen Produkten – etwa bei Weizenkörnern, Blumenkohl, Bananen und Orangensaft – wurden erfreulicherweise keine Pflanzenschutzmittelrückstände über den zulässigen Höchstgehalten gefunden. In Rucola, der in den Vorjahren wegen hoher Rückstandsgehalte negativ aufgefallen war, ist der Anteil mit Überschreitungen der Höchstgehalte zwar gesunken, lag mit 9,4 Prozent aber immer noch relativ hoch. Wie im Vorjahr war der Anteil an Proben mit Höchstgehaltsüberschreitungen bei Lebensmitteln aus inländischer Herkunft mit 1,5 Prozent deutlich geringer als bei Erzeugnissen aus anderen EU-Mitgliedstaaten (2,9 Prozent) und aus Drittländern (5,5 Prozent).

Komplexe Daten sorgen für Abstimmungsbedarf

Studie über vernetzte Primärdaten-Infrastruktur in der Chemie

In der Konzeptstudie „Vernetzte Primärdaten-Infrastruktur für den Wissenschaftler-Arbeitsplatz in der Chemie“ haben das FIZ Chemie, die Technische Informationsbibliothek (TIB) und der Arbeitskreis von Prof. Gregor Fels am Department Chemie der Universität Paderborn im Auftrag der Fachgruppe Chemie-Information-Computer (CIC) der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) am Beispiel der Synthesechemie ein Jahr lang untersucht, welche Voraussetzungen geschaffen werden müssen, um chemische Primärdaten besser nutzbar machen zu können. Nun haben die Projektpartner ihr Ergebnis vorgelegt.

Analyse- und Messdaten aus grundlegenden chemischen Untersuchungen und Experimenten, die chemischen Primärdaten, sollen in Zukunft viel stärker durch Dritte nachgenutzt werden können als dies bisher möglich ist. Damit eine breite wissenschaftliche Öffentlichkeit auf die oft mit teuren Geräten und Apparaten in aufwendigen Untersuchungen gewonnenen Forschungsdaten zugreifen kann, um darauf eigene Forschungsarbeiten aufzubauen, sollen diese online für den Zugriff nach Bedarf verfügbar gemacht werden. In der Chemie gibt es bislang kaum Möglichkeiten, primäre Forschungsdaten in zentralen Repositorien zu speichern, um sie so für eine breite Nachnutzung verfügbar zu machen.

Dr. Jost Bohlen, Leiter der Abteilung Produktentwicklung und Internet bei FIZ Chemie, erklärt dazu: „Das Prinzip der Nachnutzung von bereits existierenden Daten ist in der Chemie nicht sehr verbreitet.

Bisher haben meistens nur die Mitglieder der Forschungsgruppe, die am jeweiligen Experiment arbeitet, Zugriff auf die Forschungsprimärdaten. Bei der Publikation der Arbeitsergebnisse synthetisch arbeitender Wissenschaftler steht dann üblicherweise die Reproduzierbarkeit des beschriebenen Experiments an erster Stelle. Wenn man aber nicht nur ihre Ergebnisse, sondern auch die Ausgangsdaten einer breiten wissenschaftlichen Öffentlichkeit zur Verfügung stellt, können Dritte auf dieser Datenbasis eigene Forschungsansätze und vielleicht ganz andere Ideen mit einem ganz anderen Ziel aufsetzen“, so Bohlen. In anderen Wissenschaften wie der Meteorologie oder den Erd- und Umweltwissenschaften sei das bereits ganz selbstverständlich.

Dort könne eine breite wissenschaftliche Öffentlichkeit z.B. auf Unmengen an Wetterbeobachtungsdaten und Messdaten aus der Grundlagenforschung zugreifen. In der Chemie fehle eine solche Infrastruktur noch.

Ausgehend von der Erfassung der Ist-Situation und der Analyse wissenschaftlicher Arbeitsprozesse gibt die Studie Antworten darauf, was organisatorisch und technisch berücksichtigt werden muss, um eine vernetzte Primärdaten-Infrastruktur für den wissenschaftlichen Arbeitsplatz in der Chemie zu schaffen.

Wichtige Voraussetzung für die Nach- und Weiternutzung von Primärdaten ist die Vergabe eines eindeutigen und dauerhaften Identifiers wie dem Digital Object Identifier (DOI) für einen Primärdatensatz, um

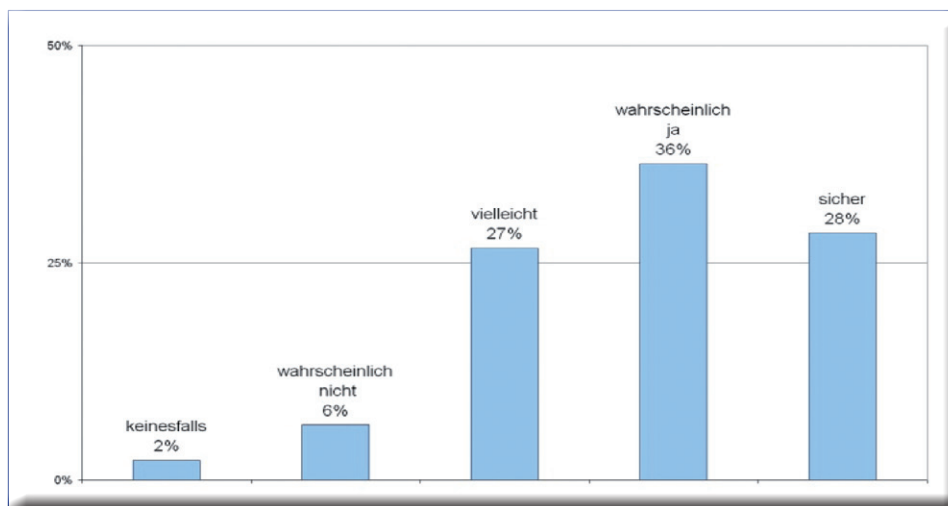
Beispiele für die Bereitstellung von Forschungsdaten

Eine öffentliche Bereitstellung von Forschungsdaten oder deren eigenständige Publikation haben in der Chemie bisher noch keine breite Umsetzung gefunden. Eine prominente Ausnahme stellen die Cambridge Structural Database (CSD) und die Inorganic Crystal Structure Database (ICSD) dar, in denen bereits seit Beginn der siebziger Jahre bibliographische, chemische und kristallographische Daten, die mittels Röntgenstrukturanalyse oder Neutronenbeugung untersucht wurden, erfasst werden. In der Datenbank können Strukturdaten, die zu einer wissenschaftlichen Publikation gehören, aber auch Daten in Form einer „personal communication“, hinterlegt werden. In der Datenbank abgelegte Strukturen erhalten eine Deposition Number, die als Identifier in Publikationen genutzt wird. Der Prozess der Datenhinterlegung ist peer-reviewed. Seit Anfang der neunziger Jahre erfolgt die Hinterlegung der Röntgenstrukturdaten im standardisierten CIF-Datei Format. Eine jüngere Entwicklung im Kontext Open Source und Open Data ist die NMR-Spektrendatenbank NMRShift-DB 4. In dieser Datenbank können chemische, spektroskopische und bibliographische Daten zu einem Molekül hinterlegt werden. Im Gegensatz zu den ursprünglichen Forschungsdaten werden in dieser Datenbank jedoch nicht die gemessenen Rohdaten hinterlegt, sondern die Daten, die sich aus der Auswertung der Rohdaten ergeben. Für NMR-Daten, beispielsweise ¹³C-Daten, bedeutet dies ein Speichern von Peaklisten. Ist die Verfügbarmachung solcher Spektrendaten grundsätzlich zu begrüßen, stellt dies doch nur einen ersten Schritt dar, um gemessene, experimentelle Daten einer breiten wissenschaftlichen Öffentlichkeit zur Verfügung zu stellen.

diesen jederzeit referenzieren zu können. Die TIB ist die weltweit erste DOI-Registrierungsagentur für Primärdaten. „In einem Pilotprojekt mit dem Georg Thieme Verlag haben wir bereits wertvolle Erfahrungen mit der DOI Vergabe für Primärdaten in der Chemie sammeln können, die wir in der Erarbeitung dieser Konzeptstudie erfolgreich anwenden konnten“, so Dr. Irina Sens, stellvertretende Direktorin der TIB.

Die Studie hat auch umfangreiche Informationen zur Bereitschaft der betroffenen Forscherinnen und Forscher erfasst, ihre Primärdaten der wissenschaftlichen Gemeinschaft zur Verfügung zu stellen. Um eine breite Akzeptanz zu bekommen, so eine wichtige Aussage der Studie, sei zur Gewinnung der Primärdaten eine weitgehende Automatisierung der Datenerfassung von grundlegender Bedeutung. Nur wenn es den forschenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern so einfach wie möglich gemacht werde, ihre Forschungsprimärdaten zu dokumentieren, könnten diese für eine breite Nutzung verfügbar gemacht werden. Hier sehen die Projektpartner große Chancen für Gerätehersteller und Anwendungsentwickler, ihre bereits jetzt hoch entwickelten technischen Systeme mit entsprechender Software nicht nur zur Messdatenerfassung, sondern auch zur Erfassung der Bedingungen, unter denen das Experiment ausgeführt wurde, auszurüsten und Schnittstellen für den Datenexport zu entwickeln.

Da die Chemie keine homogene Wissenschaft ist, gehen die Projektpartner davon aus, dass es notwendig sein wird, für die Bereitstellung chemischer Primärdaten am wissenschaftlichen Arbeitsplatz disziplinspezifische Ansätze zu entwickeln, die auf den Bedarf und die Arbeitsweise der



Die Umfrage zeigte: Die Mehrheit der Anorganiker und Organiker würde durchaus eine persistente Referenzierung ihrer spektroskopischen und spektrometrischen Daten genau so befürworten, wie sie das bereits seit vielen Jahren für Röntgenstrukturdaten akzeptiert hat. Es zeigten sich aber auch berechtigte Bedenken der Wissenschaftler hinsichtlich des Mehraufwandes, den ein erweitertes Datenmanagement mit sich führen würde (Abbildungen: : Konzeptstudie „Vernetzte Primärdaten-Infrastruktur für den Wissenschaftler- Arbeitsplatz in der Chemie“).

jeweiligen Fachrichtung bzw. des Fachbereiches ausgerichtet sind. Es werde, so eine zentrale Erkenntnis der Studie, nicht möglich sein, ein System oder einen Prozess zu entwickeln, der trivial auf alle Fachbereiche der Chemie übertragen werden könne. Manche Fachbereiche würden vergleichbar den Geowissenschaften eine zentrale Datenstruktur benötigen. Für andere würden unter Verwendung allgemeingültiger Standards individuelle Lösungen in Form von verteilten Datenrepositorien zu betreiben sein. Auch mit der Frage, wer diese zentralen Datenstrukturen und Repositorien betreiben könnte und wie die wissenschaftliche Wertschöpfungskette und die Zusammenarbeit der Partner gestaltet werden könnte, haben sich die Projektpartner befasst und dazu ein Pyramidenmodell skizziert.

Anforderungen an Forschungsdaten

Forschungsdaten können als „Artefakte des wissenschaftlichen Prozesses“ verstanden werden. Sie müssen daher immer im fachspezifischen Kontext ihrer Datenentstehung

betrachtet werden. Bereits innerhalb einzelner Fachdisziplinen gibt es beispielsweise eine große Heterogenität der Daten und zugehörigen Metadaten. Täglich fallen in der Chemie enorme Mengen an Forschungsdaten bei Experimenten an, beispielsweise in der Analytik (NMR, MS, UV/VIS, IR, X-Ray etc.).

Diese Forschungsdaten sind die Grundlage jeglicher wissenschaftlicher Arbeit. Ausgehend vom Experiment durchlaufen Forschungsdaten viele, dem Wissenschaftler bekannte Stadien, die letztendlich als Erkenntnisgewinn in einer wissenschaftlichen Publikation münden. Danach verliert sich der bis dahin so klare Weg der Forschungsdaten, was deren Dokumentation, langfristige Speicherung oder Nachnutzbarkeit für andere Wissenschaftler betrifft.

Eine solche (langfristige) Sicht auf Forschungsdaten hat bisher bei Wissenschaftlern oft nur eine untergeordnete Bedeutung. Die Anforderung für einen gesicherten, langfristigen Zugang zu Forschungsdaten lassen sich in folgenden Kernaussagen zusammenfassen:

- Es muss dem Wissenschaftler so einfach wie möglich gemacht werden, seine Forschungsdaten zu dokumentieren und in eine Infrastruktur zur langfristigen Speicherung einzubringen.
- Forschungsdaten müssen als Anreizsystem für den Wissenschaftler zitierbar sein und somit die Sichtbarkeit seiner Arbeit erhöhen.
- Es müssen Mehrwertdienste für veröffentlichte Forschungsdaten zur Verfügung stehen.

Die Analyse des wissenschaftlichen Workflows von Forschungsdaten erfolgte exemplarisch mittels einer Umfrage unter Wissenschaftlern der anorganischen, organischen und analytischen Chemie.

Die Beschränkung auf diese Bereiche der Chemie war vorgenommen worden, da hier vergleichsweise standardisierte Messdaten in Form von spektroskopischen, spektrometrischen und Röntgenstruktur-Daten anfallen. Exemplarisch wurde der Umgang mit NMR, IR, UV/

VIS, MS, X-Ray sowie HPLC/GC/GPC abgefragt. Zusätzlich erlaubte der Fragebogen Anregungen und Kommentare, die aufschlussreiche Hinweise zum Meinungsbild der Wissenschaftler lieferten.

Insgesamt führte die Umfrage zu 386 Rückläufen aus 106 Arbeitskreisen. Damit haben circa 20 Prozent der an deutschen Hochschulen tätigen Arbeitsgruppen der oben erwähnten Fachbereiche teilgenommen.

Quintessenz der Umfrage

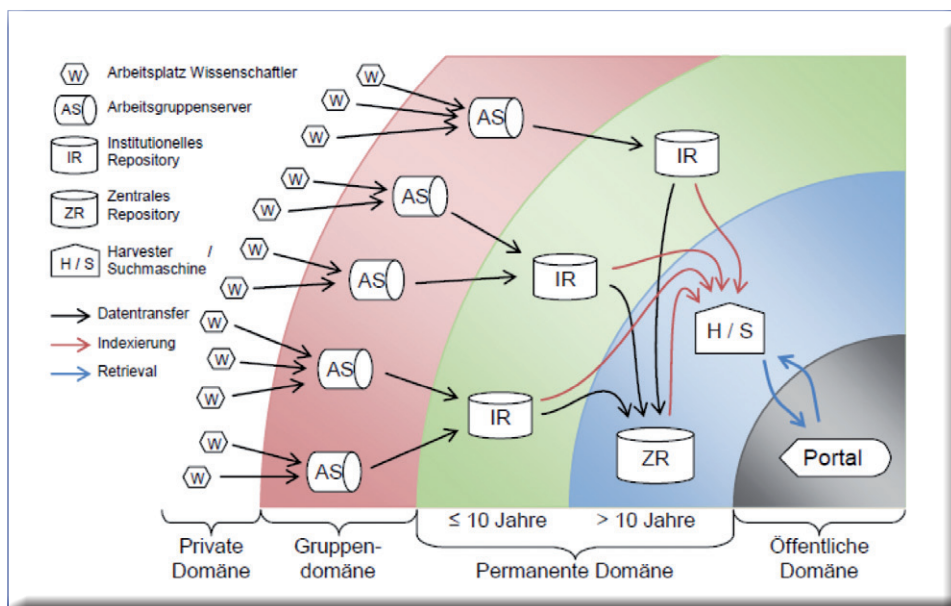
Die wesentlichen Ergebnisse der Umfrage stellt diese Zusammenfassung dar.

- Während Primärdaten überwiegend als ASCII-Dateien oder in einem proprietären Format vorliegen, werden die analysierten Daten in verschiedenster Form als Daten oder Graphik-Files dezentral elektronisch gespeichert sowie von vielen Befragten auch heute noch ausgedruckt.
- Mit JCAMP-DX liegt ein Datenformat vor, mit dem zumindest für einige der Analysemethoden

gemessene Daten archivierte und wiederverwendet werden können, aber weder ist dieses Datenformat bislang allgemein bekannt, noch lässt es sich derzeit routinemäßig fehlerfrei einsetzen.

- Etwa die Hälfte der Befragten wurde bereits mit der Situation konfrontiert, dass Daten nicht zugänglich waren aufgrund von Problemen der Lesbarkeit von Datenformaten oder allgemeinem Datenverlust.
- Die verbesserte Zugangsmöglichkeit zu den eigenen Daten und denen anderer Forschergruppen ist der größte Antrieb einer Referenzierung von Daten mit DOIs zuzustimmen.
- Die große Mehrheit der Befragten befürwortet eine persistente Referenzierung ihrer spektroskopischen und spektrometrischen Daten.
- Es besteht eine gewisse Unsicherheit in Bezug auf Missbrauchsmöglichkeiten bei der Veröffentlichung vollständiger Datensätze.
- Daten werden immer in Verbindung mit einer wissenschaftlichen Publikation gesehen. Eine eigenständige Datenpublikation ist derzeit nicht vorstellbar.

Konzept für eine vernetzte Forschungsdaten-Infrastruktur auf nationaler Ebene. Eine Vernetzung aller Repositories ist nur möglich, wenn die Betreiber ausnahmslos einen gemeinsamen Standard verwenden. Gleichzeitig wird damit auch der Weg für eine zukünftige interoperable Einbindung der aufzubauenden nationalen Forschungsdaten-Infrastruktur in internationale sowie interdisziplinäre Netzwerke geebnet.



Problem Metadaten

Ein besonderes Problem bei der erweiterten und standardisierten Darstellung von Forschungsdaten stellen laut Studie die Metadaten dar. Darunter versteht man solche Angaben, die beispielsweise Techniken, Methoden oder Parameter der Versuche beschreiben.

Im Umgang mit verschiedenen Disziplinen werden jeweils ganz individuelle Strukturen und Daten-Philosophien vorgefunden. Gerade in der Chemie erweist sich das Datenmanagement aufgrund besonderer technischer Voraussetzungen als sehr komplex. Es existiert ein breit gefächertes

Spektrum an Messmethoden und -verfahren, die unterschiedliche Verbreitung gefunden haben. So gibt es einerseits Messverfahren, wie z. B. die NMR-Spektroskopie, die in nahezu jedem Fachbereich Chemie zur Anwendung kommen. Andererseits finden in einigen Teilgebieten der Chemie eher seltene, sehr spezielle Verfahren Anwendung, so dass nur wenige Institute entsprechende Messgeräte besitzen, z.B. die Partikelgrößenbestimmung mittels einer Scheibenzentrifuge (Biotechnologie, Polymerchemie). Im Extremfall gibt es auch individuelle, im Arbeitskreis einer Universität konzipierte Messapparaturen mit eigenentwickelter Software für die Datenauswertung, z. B. speziell angepasste Kalorimeter in der Polymeren Reaktionstechnik.

Zwar sei mit dem JCAMP-DX-Format bereits seit längerem ein akzeptiertes Austauschformat für wissenschaftliche Daten gegeben. Das Format sei allerdings weder allgemein verbreitet bzw. bekannt, noch gebe es in JCAMP-DX Files eine standardisierte Auflistung der Metadaten. Auch der Umfang der Metadaten variere beispielsweise sowohl hersteller- und geräteabhängig, als auch in ganz besonderem Maße in Abhängigkeit von der Messmethode. Darüber hinaus sei eine herstellerunabhängige Wiederverwendung bestehender Datensätze zurzeit ohne Weiteres nicht gegeben, d.h. dass selbst beispielsweise JCAMP-DX Files von NMR-Spektren nicht in allen Fällen herstellerunabhängig gelesen und in das entsprechende Spektrum umgesetzt werden können.

Hier werde es daher in Zukunft notwendig sein, verschiedene Szenarien zu erarbeiten und zu erproben, um z.B. die Regenerierung eines Spektrums unabhängig von Gerät und Hersteller auch nach Jahren zu ermöglichen.

Zusammenfassende Empfehlungen

Fachleute der Projektpartner, von Verlagen sowie der GDCh diskutierten im Frühjahr in einem Workshop erforderliche Maßnahmen zur erwünschten Darstellung der Primärdaten in der Chemie. Als Ergebnis der Umfrage und des Workshops empfehlen sie, als Grundlage für eine mögliche Realisierung von einem prozessorientierten Ansatz auszugehen, in dem der klassische Weg der Publikation von wissenschaftlichen Ergebnissen in Aufsätzen durch eine Publikation vollständiger Datensätze ergänzt wird.

Dabei ist es wichtig, die öffentliche Bereitstellung der Daten als Dienstleistung für die Wissenschaftler zu betrachten und nicht als Angebot für die Verlage.

Löst man die Aufgaben der Datenablage, sieht die Studie auch unmittelbare Vorteile für die Forscher. So entbindet das Ablegen von Publikationsdaten im Datenzentrum den Wissenschaftler zudem von der Aufgabe, selbst seine Daten nach GLP-Richtlinien mindestens zehn Jahre aufzubewahren.

Die Studie fasst demnach zusammen: Generell kann man nicht davon ausgehen, dass ein System oder Prozess entwickelt werden kann, der trivial auf alle Fachbereiche übertragen werden kann. Vielmehr muss es Ziel sein, in Zusammenarbeit mit den Fachgesellschaften disziplinspezifische Ansätze zu entwickeln, die dann prototypisch realisiert werden können. Dabei wird es Disziplinen geben, die eine zentrale Datenzentrenstruktur benötigen, aber auch Disziplinen, die unter Verwendung allgemeingültiger Standards individuelle Lösungen in Form von verteilten Repositorien betreiben. Die Studie, die von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert wurde, ist kostenlos auf der Webseite von FIZ Chemie zum Herunterladen bereitgestellt.

Aus der Bildungslandschaft

- Im Rahmen ihres Gesundheitsschwerpunktes hat die Hochschule Lausitz in Senftenberg den stark nachgefragten **Bachelor-Studiengang Medizintechnik** neu konzipiert und um ein konsekutives Masterangebot ergänzt. Geplant ist ab dem Sommersemester 2011 die Einführung eines auf dem Bachelorstudium aufbauenden dreisemestrigen Masterstudiengangs

- Im September nahm das neue **HIS-Institut für Hochschulforschung** seine Arbeit auf. Mit rund 70 Mitarbeitern ist es das größte Hochschulforschungsinstitut in Deutschland. Das Institut ist Teil der HIS Hochschul-Informationssystem GmbH, die auch auf den Feldern Hochschul-IT und Hochschulentwicklung aktiv ist.

- Das Modellprojekt „**Kooperative Ausbildung im technischen Lehramt (KATLA)**“ wurde an der TU Dresden gestartet. Die Integration beruflicher Ausbildungsinhalte in das Studium soll die Qualität des Lehramtsstudiums für technische Berufe und der Berufsausbildung spürbar verbessern. Im Wintersemester 2011 sollen die ersten insgesamt 50 Studierenden in den lehramtsbezogenen Bachelor-Studiengang Berufsbildende Schulen mit kooperativer Ausbildung immatrikuliert werden. Dies ist in vier verschiedenen beruflichen Fachrichtungen möglich: Chemietechnik, Elektrotechnik, Holztechnik und Metall- und Maschinentechnik. Das Studium wird vier Jahre dauern und neben dem Bachelor-Abschluss zu einem Berufsabschluss in einem der Berufe Chemielaborant/in, Elektroniker/in für Geräte und Systeme, Tischler/in sowie Industriemechaniker/in führen.

- Gemeinsam mit internationalen Partnern wollen Wissenschaftler der Universität Bremen die **Aus- und Fortbildung von Lehrerinnen und Lehrern in den Naturwissenschaften auf europäischer Ebene** stärken. Dafür wurden jetzt zwei EU-Projektanträge genehmigt. Die Professionalisierung von Lehrkräften der Chemie und der anderen Naturwissenschaften steht im Mittelpunkt des Projekts „PROFILES – Professional Reflection Oriented Focus on Inquiry-based Learning and Education through Science“. In diesem Projekt soll die Kompetenz der Lehrkräfte durch Kooperationen untereinander und mit der Universität gestärkt werden, einen stärker problemorientierten und allgemeinbildend ausgerichteten Unterricht in den Naturwissenschaften zu entwickeln. Das Besondere bei dem zweiten Projekt „SALIS – Student Active Learning in Science“ ist die Kooperation von EU-Ländern mit weniger entwickelten Staaten aus Mittel- und Osteuropa. Denn im Schulunterricht wie auch bei der Ausbildung von naturwissenschaftlichen Lehrkräften ist dort insbesondere das Experimentieren in Laboren noch gering entwickelt. Ziel ist deshalb die Förderung und Stärkung eines problemorientierten und experimentellen Unterrichts in Chemie und den Naturwissenschaften.

Konstrukteure verzweifelt gesucht

Projekt „Konstrukteur 2020“ gestartet – Berufsbild attraktiver darstellen

Innerhalb eines Projekts der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech) starten Wissenschaftler am Produktionstechnischen Zentrum der Leibniz Universität Hannover (PZH) zusammen mit weiteren Partnern das Projekt „Konstrukteur 2020“, um das aktuelle Berufsbild sichtbar und die Ausbildung attraktiver zu machen.

Die Konstrukteure fehlen. Und es fehlen immer mehr. Das Problem ist das Image: „Es gibt dieses Bild, dass Konstrukteure den ganzen Tag nur vorm Rechner sitzen, dabei sind sie eigentlich die Treiber und Gestalter im

Entwicklungsprozess, von der Ideenfindung bis zur Erprobung“, sagt Friedrich Charlin, Diplom-Ingenieur und Projektbetreuer am Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW). Mit dem Projekt „Konstrukteur 2020“, das am 8. Oktober offiziell startete, will ein interdisziplinäres Team aus Mitgliedern der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften, des Instituts für Produktentwicklung des Karlsruhe Instituts für Technologie, der Hochschulforschung Wittenberg und des IFW der Leibniz Universität Hannover dem Klischee Fakten entgegensetzen. Ziel ist es, den Studienschwerpunkt „Konstruk-

tion“ für angehende Ingenieure attraktiver zu machen und so dem bestehenden und prognostizierten Mangel an Konstrukteurinnen und Konstrukteuren entgegenzuwirken.

Großer gestalterischer Spielraum

Der gestalterische Spielraum für Konstrukteure könnte kaum größer sein – gleiches gilt aber auch für die Anforderungen an sie: In den vergangenen Jahren haben sich Materialien, Produkte, Prozesse und computergestützte Entwurfstechnologien enorm verändert. Längst ist nicht mehr nur von mechatronischen, sondern auch von adaptiven und optoelektronischen Komponenten die Rede, zum Berufsalltag gehören komplexe Abstimmungs- und Managementaufgaben.

Innovation und Wertschöpfung in der Produktion hängen daher immer mehr vom Know-how exzellenter ausgebildeter Konstrukteure ab. Doch der Arbeitsmarkt entwickelt sich gegenläufig: Die ohnehin zu wenigen Absolventen der ingenieurwissenschaftlichen Studiengänge meiden noch dazu die Konstruktion, offenbar erscheinen ihnen Schwerpunkte wie Produktion, Betriebsorganisation oder Logistik attraktiver. Und es fehlt nicht nur an Nachwuchs – für die bereits in der Industrie tätigen Konstrukteure gibt es kaum angemessene Weiterbildungskonzepte.

Im Projekt „Konstrukteur 2020“ wird zunächst der Ist-Zustand erhoben: Was lernen Konstrukteure in deutschen Hochschulen heute, wie arbeiten sie zurzeit, welche Anforderungen kommen aus der Industrie? Daraus werden – in Zusammenarbeit mit Experten aus der Hochschullehre und der Industrie – Empfehlungen für die künftige Hochschulausbildung von Konstrukteuren und deren spätere berufsbegleitende Weiterbildung abgeleitet.

Künstliche Enzyme aus dem Schülerlabor

Schülern aus Österreich ist es kürzlich gelungen, ein funktionstüchtiges Protein der Verdauung, das Enzym Amylase, mit zwei künstlichen Aminosäuren herzustellen. Das Projekt wird am 13. Dezember mit dem Schulforschungspreis „Sparkling Science“ ausgezeichnet.

Proteine bestehen aus Aminosäuren, deren Abfolge bereits in der Erbinformation festgelegt ist. 20 Aminosäuren bilden den Standardsatz, aus dem Proteine entstehen. In der Natur jedoch treten mehrere hundert verschiedene Aminosäuren auf, und neue Varianten können zudem im Labor hergestellt werden. Diese synthetischen Aminosäuren unterscheiden sich von den 20 Standard-Aminosäuren, sodass durch ihren Einbau in Proteine bestimmte Eigenschaften eines Proteins gezielt verändert werden können; das ist eine Forschungsaufgabe der synthetischen Biologie.

Initiiert und unterstützt von Nediljko Budisa, Forscher am Max-Planck-Institut für Biochemie (MPIB) in Martinsried bei München, führte die Höhere Land- und Forstwirtschaftliche Schule (HLFS) in Ursprung, Österreich, kürzlich ein Projekt zur synthetischen Biologie durch: Amylase 2.0. Im Rahmen dieses Projekts gelang es den Schülerinnen und Schülern, ein funktionstüchtiges Protein der Verdauung, das Enzym Amylase, mit zwei künstlichen Aminosäuren zu erzeugen, das sogar aktiver ist als die natürliche Variante.

Die Amylase ist Bestandteil unseres Speichels. Sie baut Stärke ab, sodass daraus Zucker entsteht, den der Körper dann weiterverarbeiten kann. Das Enzym wird auch in der Industrie vielfach eingesetzt, zum Beispiel beim Bierbrauen oder zur Herstellung von Bioethanol aus Biomasse. Hier könnte künftig viel Energie eingespart werden, wenn die Amylase effektiver und schon bei niedrigeren Temperaturen arbeiten würde. Amylase 2.0 gewann bereits den ersten Preis in der Kategorie Klimaschutz bei „Jugend innovativ“, dem österreichischen Pendant zu „Jugend forscht“ (Foto: Voglhuber/aws).



Weiterer Investitionsbedarf in Ausbildung

Deutschland hinkt Österreich und Schweiz bei Bildungsausgaben hinterher

Beim Vergleich der Bildungsausgaben in Deutschland, Österreich und der Schweiz wird deutlich, dass die Finanzausstattung je Bildungsteilnehmer in Deutschland wesentlich niedriger ist als in den Nachbarländern.

Das Forschungsinstitut für Bildungs- und Sozialökonomie (FiBS), das Ende September eine Vergleichsstudie zur Bildungsfinanzierung von der Kita bis zum Abschluss der Erstausbildung vorlegte, sieht weiteren Investitionsbedarf in die nachwachsenden Generationen, will Deutschland seine Stellung im zunehmenden Wettbewerb nicht gefährden.

Die aktuelle FiBS-Studie zeigt, wie weit Österreich und die Schweiz Deutschland bei den Bildungsausgaben voraus sind. Österreich und die Schweiz investieren mit 5,5 bzw. 5,8 Prozent des BIP deutlich mehr in die Bildung als Deutschland mit 4,7 Prozent. Für einen jungen Menschen wird bis zur abgeschlossenen Berufsausbildung mit 57 000 Euro nur halb so viel ausgegeben wie in den Nachbarländern. Für einen Hochschulabsolventen steht mit 106 000 Euro etwa ein Drittel weniger Geld zur Verfügung als in Österreich (149 000 Euro) oder der Schweiz (165 000 Euro). Dies ist in Deutschland doppelt so viel wie für einen Berufsausbildungsabsolventen.

In den beiden Nachbarländern wird hingegen deutlich mehr für die vorhergehenden Bildungsbereiche als für das Hochschulsystem ausgegeben, sodass der Abstand sich deutlich verringert.

Im Primarschulbereich reiht sich Deutschland international auf den letzten Plätzen ein und gibt mit rund 4600 Euro ein Drittel weniger je Kind aus als seine beiden Nachbarn, die zur internationalen Spitzengruppe gehören.

Dieses Bild ändert sich auch in der Sekundarstufe I nur insofern, als die Beträge in allen drei Ländern um 20 bzw. 15 Prozent höher sind als in

der Primarschule. Deutschland gibt hier immer noch rund ein Drittel weniger aus als Österreich und die Schweiz.

In der Sekundarstufe II sind die Ausgaben aller drei Länder international überdurchschnittlich, was auch an den hohen Ausgaben für die berufliche Bildung liegt. Allerdings unterscheiden sich die jeweils eingesetzten Gelder auch hier beträchtlich: Österreich gibt ein Viertel mehr aus als Deutschland, die Schweiz gar fast drei Viertel; dies bedeutet zugleich, dass die Schweiz ein gutes Drittel mehr als Österreich in diesen Bildungsbereich investiert. Bemerkenswert sind dabei die Unterschiede in Deutschland und der Schweiz zwischen der allgemein- und berufsbildenden Sekundarstu-

fe II. Während in Deutschland die Ausgaben für die beruflichen Bildungsgänge die der allgemein bildenden Bildungsgänge um etwa das Doppelte übersteigen, sind es in der Schweiz immerhin noch 60 Prozent. Nur in Österreich sind die Abstände mit 10 Prozent deutlich geringer.

Die Abweichungen bei den Ausgaben je Teilnehmer setzen sich an den Hochschulen fort. Die ausschließlich auf die Lehre bezogenen Ausgaben je Studierenden liegen in Deutschland aufgrund eines hohen Anteils, der für Forschung und Entwicklung ausgegeben wird, mit knapp 6900 Euro unter dem OECD-Durchschnitt und unter denen der Nachbarn. Österreich gibt hier fast 9300 Euro und die Schweiz gar mehr als 10 600 Euro aus.

Verleihung des Miltenyi-Biotec-Preises 2010

Der diesjährige Miltenyi-Biotec-Preis für die beste Praktikumsarbeit an den TA-Schulen in Nordrhein-Westfalen ging an angehende Biologisch-technische Assistenten (BTA) vom Berufskolleg Hilden und vom Lessing-Berufskolleg in Düsseldorf. Der Preis ist vom Biotechnologie-Unternehmen Miltenyi Biotec aus Bergisch Gladbach gestiftet und mit insgesamt 500 Euro dotiert.

Im Rahmen der Preisverleihung stellten die nominierten BTA-Schüler in einem Kurzvortrag ihre Praktikumsberichte vor, die sie im In- und europäischen Ausland angefertigt hatten. Eine Fachkommission aus Wissenschaftlern und Pädagogen im naturwissenschaftlichen Bereich hatte die von den BTA-Berufsfachschulen aus NRW eingereichten Arbeiten begutachtet und Rebekka Schüler vom Berufskolleg Hilden den ersten Preis zugesprochen. Frau Schüller erhielt den Preis für ihre Studien an dem Wattvogel *Calidris canutus*, dessen Flugverhalten sie auf der Nordseeinsel Texel in den Niederlanden beobachtete. Am Royal Netherlands Institute for Sea Research (NIOZ) analysierte die Preisträgerin den Einfluss des Nahrungsangebotes auf den Flugradius dieser Vögel. Der zweite Preis ging an die Hildener Auszubildende Jacqueline Dols. Sie hatte am John Innes Centre von Norwich in Großbritannien die zelluläre Lokalisation bestimmter Proteindomänen untersucht. Platz drei belegte Michael Gobs vom Düsseldorfer Lessing-Berufskolleg für eine quantitative Bestandsaufnahme der Bodenfauna in Misch-, Nadel- und Laubwäldern. Seine Laboranalysen führte Michale Gobs im Berufskolleg Düsseldorf durch.

„Die Vorträge zeigen das breitgefächerte Tätigkeitsfeld von BTA und das fachlich hohe Niveau der eingereichten Praktikumsarbeiten“, so Stephan Wahle, Vorsitzender der Fachkommission (Foto: Prof. Dr. Uwe Heinlein (rechts) von Miltenyi Biotec gratuliert den nominierten BTA-Azubis Daniel Kordt, Stefanie Thoma, Michael Gobs, Jacqueline Dols, Hanno Schneider, Victoria Sattler und Alexis Weigt (von links)).



Probenvorbereitung und erste Analysen

Mehrere richtige Antworten pro Frage sind möglich.

1 Ein Aufschluss ...

- A** öffnet Zellen, um an ihren Inhalt zu gelangen.
- B** ist eine bewuchsfreie Stelle der Erdoberfläche.
- C** überführt schwerlösliche Substanzen in wasser- und säurelösliche Verbindungen.
- D** überführt die Nahrungsbestandteile in einen Zustand, der ihre Verdauung ermöglicht.
- E** ist die Gesamtheit von baulichen Maßnahmen und rechtlichen Regelungen für den Zugang zu Grundstücken.

2 Welche Aussage gilt für einen Aufschluss in der Chemie?

- A** Beim Aufschließen erfolgt stets eine chemische Reaktion.
- B** Der Königswasseraufschluss findet in einem basischen Medium statt.
- C** Reduzierende Aufschlüsse sind grundsätzlich nicht möglich.
- D** Proben aus der Mineralogie müssen häufig aufgeschlossen werden.
- E** Kunststoffproben können nicht aufgeschlossen werden.

3 Welcher Aufschluss verwendet Natriumcarbonat?

- A** Soda-Pottasche-Aufschluss.
- B** Saurer Aufschluss.
- C** Freiburger Aufschluss.
- D** Oxidationsschmelze.
- E** Natriumaufschluss.

4 Welche Methode erlaubt in der Lebensmittelchemie die Bestimmung des Proteingehalts?

- A** Aufschluss im Schöninger-Kolben.
- B** Kjeldahl-Aufschluss.
- C** Aminosäureanalyse.
- D** Redoxaufschluss.
- E** Ultra-Mikroanalyse.

5 Mit welcher Methode lässt sich die Reinheit eines Stoffes bestimmen?

- A** Potenziometrische Bestimmung.
- B** Dichtebestimmung.

- C** Schmelzpunktbestimmung.
- D** Brechungsindexbestimmung.
- E** Siedepunktbestimmung.

6 Über die optische Aktivität ist bestimmbar die Reinheit von

- A** Ölen.
- B** Zuckerlösungen.
- C** Ethanol.
- D** Salicylsäure.
- E** Aceton.

7 Mit welchem Titrationsverfahren lässt sich der Wassergehalt einer Probe bestimmen?

- A** Neutralisationstittation.
- B** Komplexometrie.
- C** Iodometrie.
- D** Gravimetrische Titration.
- E** Säure-Base-Titration.

8 Welcher Säure-Base-Indikator ist im Alkalischen gelb?

- A** Methylrot.
- B** Thymolblau.
- C** Phenolrot.
- D** Phenolphthalein.
- E** Methylorange.

9 Murexid ist ...

- A** ein Säure-Base-Indikator.
- B** ein Redoxindikator.
- C** ein Mischindikator.
- D** ein Komplexindikator.
- E** ein Fluoreszenzindikator.

10 Welche Aussage trifft auf einen Kontrastindikator zu? Ein Kontrastindikator ...

- A** zeigt das Erreichen einer gewünschten Temperatur an.
- B** besteht meist aus einem Indikator und einem Farbstoff, der seine Farbe beibehält.
- C** verstärkt den Kontrast des Umschlagbereichs.
- D** führt einen Farbwechsel aus, wenn bestimmte Luftfeuchtwerte überschritten werden.
- E** ist beispielsweise Eriochromschwarz T in Mischung mit Methylorange.

11 Wo liegt der Äquivalenzpunkt, wenn eine starke Säure mit einer schwachen Base titriert wird?

- A** Am Neutralpunkt.
- B** Im alkalischen Milieu.
- C** Im sauren Milieu.
- D** Es gibt keinen Endpunkt.
- E** Je nach Indikator verschieden.

12 Was ist eine Pufferlösung?

- A** Ammoniak-/Ammoniumchloridlösung.
- B** Eine Lösung aus einer schwachen Säure und einem ihrer Salze.
- C** Essigsäure-/Acetatlösung.
- D** Eine Lösung aus einer schwachen Base und einem ihrer Salze.
- E** Eine Lösung aus einer starken Säure und einem ihrer Salze.

13 Die permanganometrische Bestimmung von Eisen ist ein Beispiel für eine ...

- A** Fällungstittation.
- B** Redoxstittation.
- C** komplexometrische Titration.
- D** acidimetrische Titration.
- E** alkalimetrische Titration.

14 Wenn eine abgemessene Menge an Reagenzlösung mit der Probelösung titriert wird, handelt es sich um eine ...

- A** Rückstittation.
- B** inverse Titration.
- C** Suttitutionstittation.
- D** direkte Titration.
- E** indirekte Titration.

Lösungen zu Seite 470 (CLB 10/2010):

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

(Lösungen zu den Fragen hier finden Sie in CLB 12/2010 sowie auf www.clb.de)

Bezugsquellenverzeichnis

ANALYSEN

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

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

ARBEITSSCHUTZARTIKEL



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

CHEMIKALIEN



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

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

DEUTERIUMLAMPEN



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

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

KÜVETTEN

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

LABORCHEMIKALIEN



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

LABOREINRICHTUNGEN

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

LABORHILFSMITTEL



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

LABOR-SCHLÄUCHE UND -STOPFEN AUS GUMMI

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

LABORZENTRIFUGEN, KÜHLZENTRIFUGEN



LAB TECHNOLOGY

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



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

LEITFÄHIGKEITS-MESSGERÄTE



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

MIKROSKOPE



Labor- und Routine- Mikroskope Stereolupen und Stereomikroskope

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

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

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

OPTISCHE TAUCHSONDEN

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

PARTIKELANALYSE



PH-MESSGERÄTE



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

REINIGUNGSMITTEL FÜR LABORGLAS



SAUERSTOFF-MESSGERÄTE



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

STERILISATOREN

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

TEMPERATUR-MESSGERÄTE



TEMPERATUR-MESSGERÄTE



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

THERMOMETER



VAKUUMKONZENTRATOREN

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

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



Gesicherte Analyseergebnisse durch kontrollierte Bedingungen



Bestell-Coupon

Bestellungen bitte an den Buchhandel oder per E-Mail: ESV@ESVmedien.de

Fax-Nr. 030/25 00 85-275

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

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

AQS-Merkblätter

für die Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung

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

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

Firma/Institution

Vorname/Name/Kd.-Nr.

Funktion

Straße/Postfach

PLZ/Ort

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

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

Datum/Unterschrift

1101

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

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

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

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

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

AQS-Merkblätter bedeuten konkrete Arbeitshilfen:

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

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



ERICH SCHMIDT VERLAG

ERFOLG UND KOMPETENZ MACHEN HIER SCHULE

Berufliche Bildung in den Branchen

Naturwissenschaften/Hochtechnologie - Technischer Umweltschutz -

Wir unterstützen und organisieren die berufliche Ausbildung Ihrer Fachkräfte

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



Wir bilden Ihre zukünftigen Führungskräfte aus

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



Wir qualifizieren Ihre Mitarbeiter zu Meistern

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

Wir schulen Ihre Mitarbeiter zu den Themen

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



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



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

Gutenbergstraße 6
Tel.: 0351 4445-60
info@sbgdd.de

01307 Dresden
Fax: 0351 4445-612
www.sbgdd.de