

CLB

Chemie in Labor und Biotechnik

Analytik

Biotechnik

Optimierte Prozesse

Komplexe Materialien

Maßgeschneiderte Moleküle

Mensch und Chemie

Aus- und Weiterbildung

- Pyrolyse von Holz
- Aptamere
- Farbsehen und Farbstoffe der Natur
- Berufspraktikum bei Chemie-Ingenieuren



FORTBILDUNGSKALENDER 2011

Tel.: 069 7917-364/-291, Fax: - 475, E-Mail: fb@gdch.de, Internet: www.gdch.de/fortbildung2011

ANALYTISCHE CHEMIE, CHROMATOGRAPHIE			
374/11	DC für Anwender	Prof. Dr. B. Spangenberg	Offenburg in der Ortenau
299/11	Flüssig-Flüssig-Verteilungschromatographie	Prof. Dr. J. Kinkel	Nürnberg
365/11	Proteom-Analytik	Prof. Dr. B. Küster	Freising-Weihenstephan
364/11	Multidimensionale u. Comprehensive Chromatographie	Dr. M. Geißler	Frankfurt am Main
335/11	Hochleistungs-DC-MS	PD Dr. rer. nat. habil. G. Morlock	Stuttgart
393/11	Online-Chromatographie	Prof. Dr. Astrid Rehorek	Köln
321/11	Enantiomerentrennung im synthetischen Labor	Prof. Dr. J. Kinkel	Nürnberg
ANALYTISCHE CHEMIE, SPEKTROSKOPIE			
319/11	Massenspektrometrie, Einführung	Prof. Dr. D. Kuck	Bielefeld
503/11	Schwingungsspektroskopie für Qualitäts- und Prozesskontrollen	Prof. Dr. H. W. Siesler	Essen
506/11	NMR-Spektrenauswertung, Fortgeschrittenenkurs	PD Dr. R. Meusinger	Frankfurt am Main
363/11	Photoelektronenspektren	Prof. Dr. R. Szargan	Leipzig
395/11	Prozess-Spektroskopie	Dr. rer. nat. M. Maiwald	Berlin
ANALYTISCHE CHEMIE, ANWENDUNGEN UND VERFAHREN			
302/11	Röntgenbeugung, Rietveldanalyse	Dr. J. Birkenstock	Bremen
353/11	Pyrolyse-GC/MS von Kunststoffen	Prof. Dr. G. Knupp	Rheinbach (bei Bonn)
142/11	Chemometrik	Prof. Dr. J. W. Einax	Jena
298/11	Feld-Fluss-Fraktionierung	Prof. Dr. J. Kinkel	Nürnberg
517/11	Qualitätssicherung, Teil I	Prof. Dr. Dr. h.c. A. Zschunke	Frankfurt am Main
394/11	Spektrales Imaging	Prof. Dr. R. W. Kessler	Reutlingen
518/11	Qualitätssicherung, Teil II	Prof. Dr. Dr. h.c. A. Zschunke	Frankfurt am Main
507/11	Chromatographie u. Spektroskopie von Polymeren, Überblick	PD Dr. R. Meusinger	Frankfurt am Main
523/11	Methodenvalidierungen	Dr. B. Pohl	Frankfurt am Main
512/11	Umweltanalytik, AQS	Prof. Dr. rer. nat. G. Papke	Frankfurt am Main
347/11	Analytische Mikroarrays	Univ.-Prof. Dr. R. Nießner	München
BIOWISSENSCHAFTEN			
166/11	Fluoreszenzanwendungen in der Biochemie	Prof. Dr. rer. nat. R. Ebbert	Nürnberg
169/11	Medizinische Chemie, Einführung	Prof. Dr. M. Wiese	Bonn
157/11	Toxikologie, Einführung	Prof. Dr. Dr. U. Heinrich	Hannover
175/11	Einführung in die Biomarker Forschung	PD Dr. rer. nat. H.-P. Deigner	Villingen-Schwenningen
159/11	Nachhaltigkeitsbewertungen, Ökoeffizienz-Analyse und SEEBALANCE	Dr. P. Saling	Frankfurt am Main
167/11	Bioraffinerie	Prof. Dr. Wladimir Reschetilowski	Frankfurt am Main
SYNTHESEMETHODEN			
052/11	Moderne Synthesemethoden der Organischen Chemie	Prof. Dr. K. Rück-Braun	Berlin
056/11	Präparative Organische Chemie für Laboranten	Prof. Dr. H. Butenschön	Frankfurt am Main
014/11	Selektive Oxidationsreaktionen	Prof. Dr. A. Berkessel	Frankfurt am Main
034/11	Organokatalyse für die Asymmetrische Synthese	Prof. Dr. B. List	Frankfurt am Main
907/11	Chemical Development and Scale-Up	Dr. W. Watson	Frankfurt/Main
LEBENSMITTEL-CHEMIE			
674/11	HPLC-MS/MS in der Lebensmittel-/Futtermittelanalytik	Prof. Dr. H.-U. Humpf	Münster
672/11	Fruchtsäfte	Dr. V. Ara	Paderborn
656/11	Pestizidanalytik	Dr. G. Kempe	Frankfurt am Main
702/11	Lebensmittelbedarfsgegenstände, Sicherheit und Recht	Prof. Dr. A. H. Meyer	Frankfurt am Main
678/11	Health Claims-Verordnung	Prof. Dr. A. H. Meyer	Frankfurt am Main
609/11	Real-Time-PCR in der Lebensmittelanalytik	LM-Chem. H.-U. Waiblinger	Freiburg
MODERNE METHODEN UND VERFAHREN			
596/11	Tenside, Aufbaukurs	Dr. F. Müller	Essen
024/11	Präparative Chemie in Mikroreaktoren	Prof. Dr. W. Reschetilowski	Dresden
011/11	Nanotechnologien	Prof. Dr. Dr. h.c. M. Veith	Saarbrücken
665/11	Funktionelle und nanostrukturierte Polymermaterialien	Prof. Dr. M. Stamm	Dresden
595/11	Emulsionen und Suspensionen, Rheologie	Prof. Dr. K.-H. Jacob	Nürnberg
594/11	Biofilme	Prof. Dr. rer. nat. H. Horn	Frankfurt am Main
605/11	Emulsionstechnologie	Prof. Dr. S. Ortanderl	Rheinbach (bei Bonn)
593/11	Industrielle Statistik, grundlegende Methoden	Dipl.-Math. S. Soravia	Frankfurt am Main
004/11	Polymeradditive	Dr. C. Kröhnke	Gersthofen (bei Augsburg)
732/11	Polymere, Grundlagen und Anwendung	Prof. Dr. Werner Mormann	Frankfurt am Main
CHEMIE UND UMWELT			
200/11	Toxikologische Wirkung chemischer Stoffe	Prof. Dr. G. Schüürmann	Leipzig
192/11	Polyfluorierte Verbindungen, aktuelle Erkenntnisse und Analytik	Dr. rer. nat. T. Stahl	Frankfurt am Main
CHEMIE UND WASSER			
349/11	Praxisgerechte Wasserbeurteilung	Prof. Dr. E. Worch	Dresden
CHEMIE UND WIRTSCHAFT			
929/11	F&E-Management	Dr. K. Griesar	Frankfurt am Main
900/11	Betriebswirtschaftslehre, Einführung für Chemiker	Dr. C. Schaffer	Frankfurt am Main
997/11	Informationsquellen Chemie, Bewertung	Dr. E. Zaß	Frankfurt am Main
950/11	Bewertung von Bauwerkschäden	Prof. Dr. A. Gerdas	Eggenstein-Leopoldshafen (bei Karlsruhe)
CHEMIE UND RECHT			
908/11	Technische Schutzrechte, Teil I	Dr. A. Bieberbach	Würzburg
JUNGCHEMIKER			
417/11	Volition, erfolgreiche Zielumsetzung	Prof. Dr. W. Pelz	Frankfurt am Main
406/11	Führung für Nachwuchsführungskräfte	Dipl.-Kfm. A. Ploch	Frankfurt am Main
CHEMIE FÜR NICHTCHEMIKER			
958/11	Grundlagen Anorg./Allg. Chemie für Mitarbeiter Produktion u. Technik	Dr. J. Hocker	Bad Dürkheim
985/11	Grundlagen Allg./Anorg. Chemie für Kaufleute u. Ing.	Dr. J. Hocker	Frankfurt am Main
959/11	Grundlagen Org. Chemie für Mitarbeiter Produktion u. Technik	Dr. J. Hocker	Bad Dürkheim

(Stand: 28.07.2011)

Liebe CLB-Leserin, lieber CLB-Leser,

kurz vor Redaktionsschluss – das Editorial ist immer die letzte Redaktionsarbeit – erreichte uns noch die Meldung „Neue magnetische Ordnung entdeckt – Physiker aus Jülich, Kiel und Hamburg finden atomares magnetisches Wirbelgitter in dünner Metallschicht“ (mehr dazu in der nächsten CLB). Das Bemerkenswerte an der Meldung: Wieder einmal handelt es sich um eine durch Computerberechnungen gefundene Eigenschaft von stofflichen Strukturen und Reaktionsmechanismen. Auch in dieser CLB finden sich dazu mehrere Beispiele: „Aus Fett wird Zucker“ sowie „ γ -Azidoaldehyde bilden keine Oxatriazole“ auf Seite 313 sind dafür interessante Beispiele. Auch Vereinheitlichungen wie die bei der Datenbank auf Seite 318 beschrieben gehören zur besseren Leistungsfähigkeit computerunterstützter Forschungsergebnisse. Entscheidend für solch früher unvorstellbaren Berechnungen sind natürlich die immer leistungsfähigeren Computer, aber auch Fortschritte in der Optimierung von Algorithmen. Beides beleuchten wir auf den Seiten 312 und 313. Dort sieht man auch, wie rasend schnell die Entwicklung fortschreitet – und wie schnell man abgehängt werden kann: Deutschland hat keinen Supercomputer mehr, der in den Top 10 der entsprechenden Weltrangliste geführt wird.

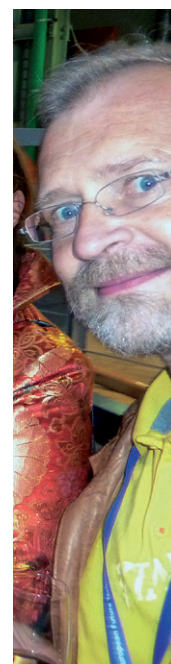
Für den realen Kontakt mit der Chemie gibt es in dieser CLB aber auch jede Menge Experimentorientierte Informationen, sei es in „Basisreaktionen mit Alltagsprodukten“ ab Seite 309, „Die Pyrolyse von Holz im Einweg-Reagenzglas“ ab Seite 320 oder auch in dem Artikel „Sechsmonatiges Berufspraktikum bei Biotechnologie- und Chemie-Ingenieuren“ ab Seite 294.

Klar abzusehen ist jedoch, dass immer mehr wegweisende Forschung mit Computerhilfe erzielt wird, oft auch mit sehr teuren Computern, eben Supercomputern. Unter anderem in diesem Umfeld darf der Föderalismus in Deutschland, das Primat der Subsidiarität, wie es die Kanzlerin einmal ausführte – was laut einer Fernstudie kaum jemand der Bevölkerung verstand – durchaus mal in Frage gestellt werden. Grundsätzlich vertrete ich zwar Dezentralität und größtmögliche Freiheit kleiner Organisationsformen. Nur: Wenn es gilt, große Aufgaben zu erfüllen, stößt man damit an Grenzen.

Das sieht auch die Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) so. Sie spricht sich in ihrem „Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands“ für die Überarbeitung der Föderalismusreform aus. Insbesondere die Regelungen zu dem Kooperationsverbot zwischen Bund und Ländern im Bereich der Investitionen sollten überdacht werden. Beispielsweise wurde im Rahmen der Föderalismusreform im Jahr 2006 untersagt, Bundesmittel in Schulen und Hochschulen zu investieren. Die Folge: Die EFI spricht von einer „Helmholtzifizierung“ von Forschungseinrichtungen: Immer mehr Mittel gehen in die außeruniversitären Einrichtungen; die Unis bleiben langfristig außen vor. Von daher gibt die EFI klar die Empfehlung: Für die Sicherung der freien Forschung solle an den vor der Föderalismusreform erreichten Status eines kooperativen Föderalismus angeknüpft werden, bei der auch bundesstaatliche Investitionen im Hochschulbereich möglich waren. Hoffentlich gibt es den Mut, auch mal eine Fehlentwicklung aus einer vermeintlichen Verbesserung von Verwaltungsstrukturen zu stoppen.

Noch schöne Sommertage, vielleicht ja auch mit der Lektüre dieser CLB, wünscht

Ihr

INHALT

Aufsätze

Aptamere finden ihren Bindungspartner Nukleinsäuren als Erkennungsmoleküle für Analytik und Medizin _____	288
Wichtigste Phase im Ingenieur-Studium Sechsmonatiges Berufspraktikum bei Biotechnologie- und Chemie-Ingenieuren _____	294
Farbsehen und Farbstoffe der Natur Nur wenige sind für Kleidung, Kosmetik, Lebensmittel oder Malerfarben geeignet _____	300

Rubriken

Editorial _____	281
Impressum _____	283
F & E im Bild _____	283
Unternehmen _____	284
Personalia _____	286
Förderungen / Preise _____	287
Nachschlageseite _____	299
Aktuelles Ereignis _____	250
Basisreaktionen mit Alltagsprodukten – Vortrag und Workshop von Georg Schwedt	
Forschung und Technik _____	311
Der neueste Stand _____	315
Literatur _____	316
Bezugsquellenverzeichnis _____	327
CLB-Geschichte _____	U3



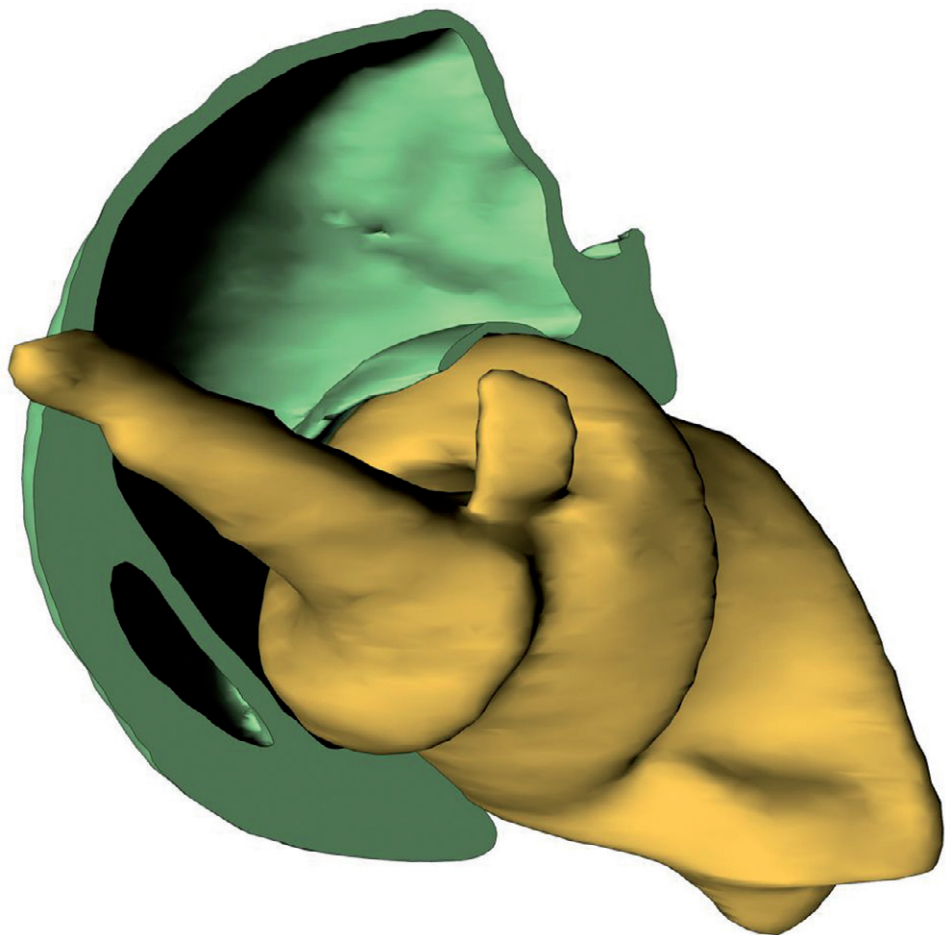
Zum Titelbild: Das Bild weist hin auf den Artikel *Holzgas ist brennbar – Die Pyrolyse von Holz im Einweg-Reagenzglas* ab Seite 320 (Abb.: Frank Behnsen).

Erreichen & Erhalten

Mehr als Baum, Strauch und Gräser Funktionale Merkmale von 70 000 Pflanzenarten einheitlich abrufbar Weltgrößte Datenbank zu Pflanzeigenschaften veröffentlicht _____	318
Holzgas ist brennbar Die Pyrolyse von Holz im Einweg-Reagenzglas _____	320
Chemiestudiengänge weiterhin beliebt Aber Absolventenzahlen 2010 leicht zurückgegangen _____	326

Wie Schraube und Mutter

Ein bislang im Tierreich unbekannter Bewegungsapparat wurde jetzt bei Rüsselkäfern entdeckt. Die Hüfte von *Trigonopterus oblongus* besitzt nicht wie gewöhnlich Scharniergelenke, sondern Gelenke, deren Teile wie Schraube und Mutter ineinander greifen. Dieses erste biologische Schraubengewinde ist rund einen halben Millimeter groß und wurde mittels Synchrotronstrahlung sehr detailliert untersucht. Die Versorgung des Beins kann nur durch eine winzige Öffnung im Zentrum der Schraube geschehen. Aber die Transformation eines Scharniergelenks in ein Schraubengelenk ermöglichte Rüsselkäfern, mit ihren Beinen weiter nach unten greifen zu können, was sie zu besseren Kletterern machte. Vermutlich bietet das Schraubengelenk auch Vorteile beim Bohren in Pflanzenteile. Das Gelenk bei allen Rüsselkäfern vorzukommen, von denen ein enormer Artenreichtum von weltweit mehr als 50 000 verschiedenen Arten bekannt ist. Die detaillierten dreidimensionalen Bilder der Gelenke entstanden an der Nationalen Synchrotronstrahlungsquelle ANKA am KIT.



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. Kleinerhanns, 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 Soigné-Stark
(CS, E-Mail: stark@clb.de).

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

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

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

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

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

CLB erscheint monatlich.
© 2011 Agentur und Verlag Rubikon
Rolf Kickuth

Bezugspreise:
CLB Chemie in Labor und Biotechnik
Einzelheft – außerhalb des Abonnements
– 14,00 Euro, im persönlichen Abonne-
ment jährlich 109,00 Euro zuzüglich Ver-
sandkosten; ermäßigter Preis für Schüler,
Studenten und Auszubildende (nur ge-
gen Vorlage der Bescheinigung) jährlich
79,45 Euro zuzüglich Versandkosten, in-
kl. 7% MWSt. Ausland sowie Firmenbzw.
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 Kün-
digung erfolgt.

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

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

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

ISSN 0943-6677



NACHRICHTEN & NOTIZEN

SQI Diagnostics Inc. aus den USA übernimmt die Sci-enion AG (Dortmund und Berlin). Die Unternehmen sind auf dem Gebiet der Diagnostik mit Microarrays tätig.

SiMoNa wird aus dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) ausgegründet. Dies unterstützt die unterstützt die Helmholtz-Gemeinschaft mit 100 000 Euro. Die neue Firma bietet angepasste Simulationslösungen in Form von Dienstleistungen und Lizenzen für Kunden in den Bereichen Chemie und organische Elektronik an. Kernelement ist die Modellierung komplexer Werkstoffsysteme auf molekularer Ebene.

Cynora GmbH, Karlsruhe, erhält über die Bayerische Patentallianz GmbH, die zentrale Patent- und Vermarktungsagentur von 28 bayerischen Universitäten und Hochschulen für angewandte Wissenschaften, mehrere Patente von der Universität Regensburg. Die Cynora GmbH, ein Unternehmen im Bereich der Forschung und Entwicklung von organischen Funktionsmaterialien, kauft sie und kann dann durch das neue Singulett-Harvesting-Verfahren und den Einsatz neuentwickelter Emittermaterialien OLEDs (Organische Leuchtdioden) verbessert und zudem kostengünstig diese etwa für großflächige Displays auf den Markt bringen.

Bayer will die Vereinbarung zur Beschäftigungssicherung in Deutschland bis Ende 2015 verlängern. Erklärtes Ziel ist es, die entsprechenden Verhandlungen noch im laufenden Jahr zum Abschluss zu bringen. In der gemeinsamen Erklärung wird auch festgestellt, dass zur langfristigen Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit Kostenstrukturen auf Marktniveau ebenso Voraussetzung sind wie die verstärkte Ausrichtung der Arbeitsbedingungen auf Flexibilität und Mobilität.

LECO Instrumente GmbH hat in Deutschland ein European Life Science & Chemical Analysis (LSCA) Centre eröffnet, um die europäischen Partner und Kunden des Unternehmens im Bereich der Time-of-Flight-Massenspektrometrie (TOF-MS) europaweit – insbesondere applikativ – besser und umfangreicher unterstützen zu können. Neu im LECO Applikationsteam ist Dr. Jürgen Wendt, der erst kürzlich von Agilent Technologies zu LECO gewechselt ist.

Roche NimbleGen und Caliper entwickeln gemeinsam ein automatisches Genanreicherungs-system für die Next-Generation-Sequenzierung.

Neste Oil liefert ab sofort der Lufthansa den Bio-Flug-treibstoff NExBTL zum Einsatz bei kommerziellen Flügen.

Axel Semrau GmbH & Co. KG ist eines der größten Handels- und Dienstleistungsunternehmen im Bereich der instrumentellen Analytik Deutschlands. Sie feierte jetzt ihren 30. Geburtstag.

mtm laboratories AG, Heidelberg, wurden jetzt zu 100 Prozent von Roche übernommen. mtm ist führend in der Entwicklung von In-vitro-Diagnostika mit Schwerpunkt Gebärmutterhalskrebs. Roche zahlte sofort 130 Mio. Euro; erfolgsabhängig können 60 Mio. Euro dazukommen.

BASF expandiert weiter Zwei neue Anlagen, neue Forschungskooperation

Die BASF plant am Standort Ludwigshafen die Produktion des phthalatfreien Weichmachers Hexamoll DINCH bis 2013 von 100 000 auf 200 000 Jahrestonnen zu verdoppeln. Zur Umsetzung der beschlossenen Kapazitätserhöhung wird eine zweite Produktionsanlage in Ludwigshafen gebaut. Zudem errichtet das Ludwigshafener Unternehmen einen World-scale Produktionsstandort für kundenspezifische Formulierungen von Antioxidantien im Nahen Osten. Zukunftsorientiert startet das Unternehmen zusammen mit der niederländischen Forschungsorganisation FOM ein Forschungsprogramm für magnetokalorische Materialien.

Mit der Produktionsanlage für den phthalatfreien Weichmacher soll die weltweite Liefersicherheit erhöht werden. Hintergrund der Entscheidung sind die stark gestiegene Nachfrage in allen Regionen sowie der weiterhin wachsende Bedarf an alternativen Weichmachern. Nach der erfolgreichen Markteinführung im Jahr 2002 ist dies die zweite Kapazitätserweiterung für Hexamoll DINCH. Im Jahr 2007 wurde die ursprüngliche Produktionskapazität von 25 000 bereits auf 100 000 Jahrestonnen vervierfacht.

Stammte die Nachfrage zunächst vor allem von Herstellern von Spielzeugen und Freizeitartikeln, wird der phthalatfreie Weichmacher aufgrund seiner guten Eigenschaften mittlerweile auch verstärkt in medizinischen Anwendungen und Lebensmittelverpackungen eingesetzt. Er verfügt unter anderem über eine Empfehlung des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) zum Einsatz in Lebensmittelverpackungen sowie die Zulassung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) für die Verwendung in Produkten mit Lebensmittelkontakt.

Mit dem Bau dieser Anlage für kundenspezifische Formulierungen für

Antioxidantien (Customer Specific Blends, CSB) in Bahrain wird

Antioxidantien in Bahrain

BASF ihre Präsenz in der Region Naher Osten weiter ausbauen. CSBs sind wichtige Zusatzstoffe für die kunststoffverarbeitende Industrie bei der Herstellung von Polymeren, insbesondere in der Region Naher Osten. Baubeginn für die neue Anlage ist September 2011. Mit einer Jahreskapazität von circa 16 000 Tonnen wird dies eine der größten CSB-Anlagen weltweit sein. Die Inbetriebnahme ist bereits für Ende 2012 geplant.

Mit dem Bau dieser Anlage investiert das Ludwigshafener Unternehmen in das Arbeitsgebiet Kunststoffadditive, das 2009 vom ehemaligen Unternehmen Ciba erworben wurde. Diese neue Anlage entsteht zusätzlich zu einem bestehenden Abkommen mit dem Unternehmen Astra Polymers zur Auftragsproduktion von CSBs im Königreich Saudi-Arabien.

Magnetokalorische Materialien

Die niederländische Stiftung für Materialgrundlagenforschung (FOM) und die BASF starten ein weiteres gemeinsames Forschungsprogramm für magnetokalorische Materialien. Diese neue Materialklasse soll Kühlsysteme energieeffizienter und leiser machen. Das zweite gemeinsame Forschungsprogramm von FOM und BASF wird über einen Zeitraum von vier Jahren laufen.

Magnetokalorische Materialien erwärmen sich in einem Magnetfeld und kühlen sich wieder ab, sobald sie aus dem Magnetfeld gezogen werden. Daher kann eine Wärmepumpe mit magnetokalorischen Materialien eine Alternative zu herkömmlichen Kühlaggregaten sein. Kühlgeräte auf Basis von magnetokalorischen Materialien haben das Potenzial, den Energieverbrauch deutlich zu reduzieren. Theoretische Betrachtungen zeigen ein Energieeinsparpotenzial von bis zu 50 Prozent.

Erfreulich: Kurzarbeit ist kein Abstellgleis

Studie des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung IAB

Zwei Drittel der Kurzarbeiter waren maximal vier Monate von Kurzarbeit betroffen. Nur jeder sechste war länger als ein halbes Jahr, nur jeder 25. länger als ein Jahr in Kurzarbeit. Das zeigt eine am 27. Juli veröffentlichte Studie des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), die auf Daten aus der Stadt Nürnberg beruht.

Zur Kurzarbeit waren bisher nur die Gesamtzahlen der Anmeldungen, der dann tatsächlich betroffenen Beschäftigten sowie der die Kurzarbeit einsetzenden Firmen verfügbar. Das IAB analysierte jetzt erstmals genauer den von Kurzarbeit betroffenen Personenkreis. Dazu wurden die Abrechnungslisten aus der Stadt Nürnberg für den Zeitraum von Juni 2008 bis Juni 2010 detailliert erfasst. Heraus kam: Die Kurzarbeiter verblieben im Durchschnitt fünf Monate in Kurzarbeit und mussten im Schnitt weniger als 50 Ausfallstunden hinnehmen. Befürchtungen, dass Kurzarbeit im großen Stil als Abstellgleis für nicht mehr benötigte Beschäftigte genutzt wird, haben sich der IAB-Studie zufolge damit nicht bestätigt. Der Einsatz von Kurzarbeit sei für die Betriebe nicht kostenlos, betonen die Arbeitsmarktforscher. Die Betriebe würden Kurzarbeit daher vor allem dazu nutzen, um Mitarbeiter mit wertvollem betriebsspezifischem Wissen bei vorübergehendem Arbeitsausfall zu halten.

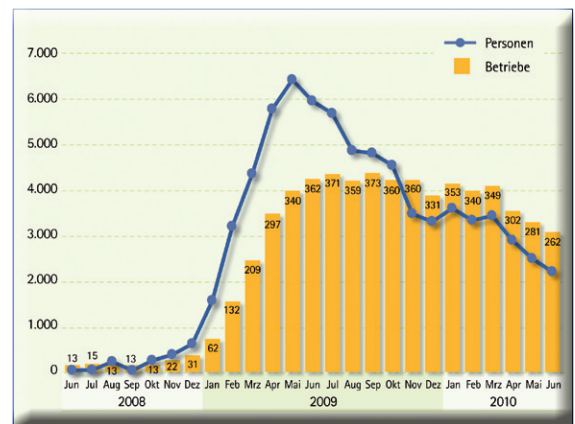
Im Jahr 2010 wurde von den Betrieben die Last der Kurzarbeit jedoch auf immer weniger Schaltern verteilt, berichtet das IAB. Betriebe, die nur einige wenige Personen länger als ein Jahr in Kurzarbeit beschäftigen, nutzen diese „Langzeitkurzarbeit“ vermutlich auch, um als Betrieb weiterhin Anspruch auf Kurzarbeit zu haben. Das versetzt sie in die Lage, die Kurzarbeit bei Bedarf (ohne erneute Prüfung der Anspruchsvoraus-

setzungen) wieder auszuweiten und Kündigungsentscheidungen zeitlich flexibel zu treffen.

Bei der üblichen Kurzarbeit mit einer bis zu viermonatigen Dauer lässt sich die Nutzung als „Abstellgleis“ nicht belegen. Auch aus theoretischer Sicht stellt die Existenz von Remanenzkosten einen Grund gegen ein solches betriebliches Verhalten dar. Zudem gibt die Analyse der Kurzarbeiter hinsichtlich der Merkmale Einkommen, Alter und Geschlecht keine Hinweise darauf, dass bestimmte Personengruppen in Kurzarbeit „abgestellt“ werden.

Wie auf Bundesebene (Statistik der BA 2011) ist mit 71 Prozent die deutliche Mehrheit der Nürnberger Kurzarbeiter männlich. Dieser Anteil ändert sich auch im Zeitablauf kaum. Die Kurzarbeit wird bei beiden Geschlechtern gleichermaßen zurückgefahren. Es ist also nicht zu beobachten, dass eine Geschlechtergruppe länger in Kurzarbeit „abgestellt“ wird.

Wie sich die Kurzarbeit auf den weiteren Erwerbsverlauf der Betroffenen auswirkt, kann mit den



Kurzarbeit in der Stadt Nürnberg – Betriebe und Personen, Zeitraum Juni 2008 bis Juni 2010 (Daten und Abb.: IAB).

vorhandenen Daten nicht beantwortet werden. Dazu ist geplant, einerseits den Erfassungszeitraum auszudehnen und andererseits die Daten mit weiteren Datensätzen zu verknüpfen. Hier bieten sich die Integrierten Erwerbsbiografien (IEB) an. Sie ermöglichen die Analyse wichtiger persönlicher Merkmale (z. B. Qualifikationsniveau) und erlauben den Vergleich von Kurzarbeitern und Nicht-Kurzarbeitern innerhalb eines Betriebes.

Empyrean gewinnt den 2011 R&D 100 Award

PANalytical, einer der führenden Anbieter für Röntgendiffraktometer und Röntgenfluoreszenzsysteme, gibt bekannt, dass das neue Empyrean-Diffraktometer den 2011 R&D 100-Award gewonnen hat. Seit 49 Jahren ist der R&D 100-Award der „Oscar“ für innovative Produkte und Technologien. Der Preis wurde in der Kategorie „Neue Technologien“ verliehen. Das Empyrean-Röntgendiffraktometer verfügt über die einzigartige Fähigkeit, alle Arten von Proben analysieren zu können – vom Pulver bis zur Dünnschichtprobe, von Nanopartikeln bis zu Bauteilen. Besonders einzigartig ist die Computer-Tomographie: mit Empyrean gewinnt man ohne Präparation Einblicke in feste Objekte. Mit der Computer-Tomographie kann man die Bereiche einer Probe auffinden, an denen nachfolgend weitere XRD-Messungen vorgenommen werden. Zudem ist es möglich, Probeninhomogenitäten wie Einschlüsse oder Poren zu entdecken und zu analysieren. PANalytical wurde 1948 als Geschäftszweig von Philips gegründet und beschäftigt derzeit weltweit ungefähr 1000 Mitarbeiter. Es ist der weltweit führende Anbieter von Analysegeräten und Software für Röntgendiffraktometrie (XRD) und Röntgenfluoreszenzspektrometrie (RFA). Die Geräte zur Materialcharakterisierung werden in der Forschung und Entwicklung, in industriellen Anwendungen zur Prozesskontrolle sowie in der Halbleitermetrologie eingesetzt.



EHRUNGEN

Prof. **Frank Glorius** vom Organisch-Chemischen Institut der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster erhält eine internationale Auszeichnung, den „**OMCOS-Award**“. Damit werden seine herausragenden Forschungsergebnisse im Bereich Organometallchemie gewürdigt. Organometallverbindungen zeichnen sich durch Bindungen zwischen Kohlenstoff und Metallen aus. Glorius nahm die mit 5000 US-Dollar dotierte Auszeichnung am 27. Juli bei der OMCOS-Tagung in Schanghai (China) entgegen. OMCOS („IUPAC international Symposium on Organometallic Chemistry Directed Towards Organic Synthesis“) ist ein Symposium, das von der Internationalen Union für reine und angewandte Chemie (IUPAC) alle zwei Jahre an wechselnden Orten weltweit veranstaltet wird.

Für seine herausragenden Forschungsbeiträge zu katalytischen Verfahren in der organischen Synthese erhält Prof. **Tobias Ritter** von der Harvard University in Cambridge (USA) den **BASF Catalysis Award 2011**. Die mit 10 000 Euro dotierte Auszeichnung überreichte Dr. Friedrich Seitz, Leiter der Technologieplattform Chemicals Research & Engineering der BASF, am 22. Juli auf dem „Heidelberg Forum of Molecular Catalysis“.

Das Helmholtz-Zentrum Geesthacht verleiht seit 2007 den mit 5000 Euro dotierten „**Magnesium Research Award**“. Mit dem Preis werden Nachwuchsforscher für ihre innovative Magnesium-Forschung ausgezeichnet. In diesem Jahr ist der Preisträger der chinesische Wissenschaftler **Prof. Xiaogin Zeng** von der Jiao Tong Universität in Shanghai. Ein Beitrag zu wirksamem Leichtbau im Auto- und Flugzeugbau kann die Verwendung der von Zeng entwickelten Magnesiumlegierungen sein. Seine neuen Legierungen enthalten Seltene Erden. PD



Dr. Andreas Köhn vom Institut für Physikalische Chemie der Johannes Gutenberg-Universität Mainz (JGU) erhält dieses Jahr die **Medaille der International Academy of Quantum Molecular Science (IAQMS)**. Diese wird jährlich für hervorragende wissenschaftliche Leistungen aus dem Gesamtbereich der Theoretischen Chemie an eine Wissenschaftlerin oder einen Wissenschaftler unter 40 Jahren verliehen und stellt die höchste internationale Auszeichnung für Nachwuchswissenschaftler im Bereich der Theoretischen Chemie dar. Köhn wurde für seine grundlegenden Arbeiten zur hochgenauen quantenchemischen Beschreibung von Molekülen ausgezeichnet und dabei insbesondere für seine richtungsweisenden Beiträge zur Weiterentwicklung der explizit-korrelierten quantenchemischen Ansätze sowie der Multi-Referenz Coupled-Cluster-Theorie.

Mit Prof. **Mathias Kläui** hat Oxford Instruments den mit 8000 Euro dotierten **Nicholas Kurti European Prize 2011** an einen jungen Wissenschaftler vergeben, der kürzlich an die Johannes Gutenberg-Universität Mainz berufen wurde. Der Preis zeichnet insbesondere Kläuis Arbeiten über magnetische Nanopartikel und Spintransport aus und wurde Ende Juni im Rahmen des Magnetic and Optics Research International Symposium (MORIS) verliehen. Der Mainzer Physiker untersucht das Zusammenspiel von Magnetisierung und spinpolarisierten Strömen, die als effiziente Methode zur schnellen Manipulation von Magnetisierung verwendet werden können, was beispielsweise für neue Speicheranwendungen wichtig ist.

Die CESAR hat am 17. Juni 2011 anlässlich ihrer Jahrestagung in Greifswald **Prof. Thomas Efferth**, Universität Mainz, und PD **Dr. Hans Christian Reinhardt**, Universität Köln, den **CESAR-Preis 2011** für herausragende Arbeiten

im Bereich der translationalen Forschung zur Entwicklung antitumorale Wirkstoffe verliehen. Der Preis ist mit 6000 Euro dotiert. Die CESAR Central European Society for Anticancer Drug Research – EWIV ist eine europäische Vereinigung ohne Gewinnerorientierung (Non-Profit Organisation). Ihr Ziel ist es, die Forschung und Entwicklung von neuen Medikamenten, Therapien und Therapiestrategien in der Onkologie zu fördern.

Am 1. Juli überreichte der Vorstandsvorsitzende des Industrieverbands Massivumformung bei dessen Jahrestagung den **Otto-Kienzle-Forschungspreis an Nora Exel** vom Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF in Darmstadt. Der Preis wird an Nachwuchskräfte verliehen, die durch ihre Mitarbeit in der Gemeinschaftsforschung in besonderem Maße zur Erarbeitung von Ergebnissen und deren praxisgerechter Umsetzung beigetragen haben. Er ist mit einem Preisgeld von 5000 Euro verbunden. Nora Exel wurde für Ihre Arbeit im Forschungsprojekt „Faserverlauf in AFP-Stählen“ ausgezeichnet. Die bei dem Projekt gewonnenen Erkenntnisse werden ein verbessertes, werkstoffgerechtes Design von Schmedebauteilen ermöglichen. Konstrukteure können zukünftig den Faserverlauf bei der betriebsfesten Bemessung und Bauteiloptimierung einsetzen.

Der **Württembergische Krebspreis** geht in diesem Jahr in Höhe von 85 000 Euro an den Göttinger Onkologen **Dr. Tobias Pukrop** für sein Projekt „Mikroglia-assistierte Invasion bei der zerebralen Metastasierung“. Pukrop konnte nachweisen, dass gesunde Immunzellen des Gehirns (Mikroglia) bei der Streuung von Tumoren ins Gehirn mitwirken – ein fehlgeleiteter Abwehrprozess. Die Stiftung des Württembergischen Krebspreises trägt den Namen des an Krebs verstorbenen Stifters Dr. Carl Manfred Bayer und seines Vaters Dr. Carl Maximilian Bayer.

Apps für Deutschland

Am 8. November startet der Wettbewerb „**Apps für Deutschland**“. Das ist ein gemeinsames Projekt von Verwaltung und Netzgemeinschaft und fördert Open Data-Vorhaben in Deutschland. Bei dem Wettbewerb werden die besten Internetapplikationen oder mobilen Applikationen (Kurzform: Apps), die basierend auf offenen Daten der öffentlichen Hand (Open Data) von den Wettbewerbsteilnehmern entwickelt werden, durch eine Jury prämiert. Der Bundesminister des Innern, Herr Hans-Peter Friedrich, ist Schirmherr des Wettbewerbs und wird die Preise verleihen. Neben der Veranschaulichung des Nutzens von Open Data in Bezug auf Innovationen, Wirtschaftsförderung und Teilhabe der Bürger, geht es auch darum, öffentliche Stellen zu ermuntern, Daten zur Weiterverarbeitung und -verwendung bereitzustellen. Zudem soll gezeigt werden, dass bereits deutliche Fortschritte in der deutschen Verwaltung im Bereich Open Government und Open Data gemacht worden sind.

Mit einem innovativen Ansatz, der Akteure aus unterschiedlichen Bereichen in die Vorbereitung und Durchführung des Wettbewerbs einbezieht, soll eine möglichst große Zielgruppe angesprochen werden. Der Wettbewerb richtet sich u.a. an freiberufliche Programmierer, Unternehmen und die Community, denen Daten der öffentlichen Verwaltung zur Entwicklung von Apps bereitgestellt werden. Darüber hinaus sollen im Rahmen des Wettbewerbs Behörden aller Ebenen zur Veröffentlichung von Daten motiviert werden.

Falls Sie Daten für den Wettbewerb bereitstellen möchten oder weitere Informationen zum Wettbewerb wünschen, können Sie sich gerne an folgende zentrale Mail der Ansprechpartner wenden: apps4dbuero@lists.okfn.org.

Die Bereitstellung der Daten für den Wettbewerb hat einen ganz unmittelbaren Nutzen für die datenhaltenden Stellen. Apps, die durch die Wettbewerbs Teilnehmer basierend auf den Daten der öffentlichen Verwaltung entwickelt werden, können einen echten Mehrwert für eine Behörde oder ein Ministerium darstellen. Informationen und Daten, die bislang auf geringe Nachfrage gestoßen sind, können durch die Einbindung in eine Internetapplikation einer größeren Zahl von Nutzern zugänglich gemacht werden. Die proaktive Bereitstellung der Daten kann außerdem zu einer geringeren Zahl von Informationsanfragen seitens der Bürger und somit zu einer Entlastung der Verwaltungsmitarbeiter führen.

Die Prämierung der Gewinner wird auf der CeBIT im März 2012 stattfinden. Die Idee für den Wettbewerb entstand bereits vor über einem Jahr im Umfeld der drei Open-Data-Vereine. Der Titel des Wettbewerbs orientiert sich an dem Wettbewerb „Apps 4 Berlin“ im vorigen Jahr. In den USA hieß hingegen einer der ersten bundesweiten Open-Data-Wettbewerbe „Apps for Democracy“.

Für Deutschlandstipendium bewerben

Studierende der Leibniz Universität Hannover können sich zum Wintersemester 2011/12 erstmals auf ein Deutschlandstipendium bewerben. Die Anträge sind ab sofort online zu finden unter <http://www.uni-hannover.de/stipendien>. Die Bewerbungsfrist endet am Freitag, **30. September 2011**. Auch die Technische Universität Dresden schreibt erstmals zum Wintersemester 2011/2012 Deutschlandstipendien aus. Die TU Dresden wird 150 Stipendien vergeben, wobei 57 Stipendien fachgebunden und 93 Stipendien fachungebunden sein werden. Bewerbungszeitraum ist vom 26.07.2011 bis zum **24.08.2011** (siehe <http://tu-dresden.de/deutschlandstipendium>).

Mit dem Deutschlandstipendium werden besonders begabte und leistungsfähige Studentinnen und Studenten gefördert. Die Stipendiatinnen und Stipendiaten erhalten 300 Euro im Monat, also insgesamt 3.600 Euro im Jahr. Jeweils 150 Euro der Stipendien stammen von privaten Förderern, die andere Hälfte wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gegenfinanziert. Zunächst werden an der Leibniz Universität Hannover 90 Deutschlandstipendien mit Bundesbeteiligung zur Verfügung stehen. Die entspricht der vom BMBF geforderten Quote von 0,45 Prozent bezogen auf die Gesamtzahl der Studierenden (derzeit rund 21.000). Sollte die Leibniz Universität aber weitere Gelder von Unternehmen, Stiftungen oder Alumni einwerben können, werden zusätzliche Stipendien in Höhe von jeweils 300 Euro pro Monat von der Hochschule gegenfinanziert. Eine zentrale Auswahlkommission unter Leitung des Universitätspräsidenten wird die Stipendien vergeben. Entscheidend für eine Förderung sind gute Noten. Berücksichtigt werden außerdem auch besondere Qualifikationen und Auszeichnungen sowie soziales, gesellschaftliches oder (hochschul-) politisches Engagement. Alleinerziehende oder Empfängerinnen und Empfänger von BAföG (Vollدارlehen) haben ebenfalls Chancen auf ein Stipendium. Für ausländische Studierende ist eine Quote von fünf Prozent vorgesehen. Generell müssen die Interessentinnen und Interessenten für ein Deutschlandstipendium in einem Erststudium immatrikuliert sowie in der Regelstudienzeit sein. Außerdem dürfen sie keine weitere Förderung von mehr als 30 Euro monatlich von anderer Seite erhalten.

Unabhängig von sonstigen Beihilfen wird dagegen das Niedersachsenstipendium in Höhe von 1000 Euro pro Jahr vergeben. Mit diesem Studienbeitragsstipendium werden besondere Leistungen oder Begabungen belohnt sowie die Förderung der internationalen Zusammenarbeit im Hochschulbereich und des Austausches mit anderen deutschen oder ausländischen Hochschulen. Die Mittel stellt das Land Niedersachsen zur Verfügung. Wie viele Studierende im Wintersemester 2011/12 und im Sommersemester 2012 gefördert werden, wird erst im Herbst feststehen. Die Bewerbungsfrist für das Niedersachsenstipendium endet **ebenfalls am 30. September 2011**.

Aptamere finden ihren Bindungspartner

Nukleinsäuren als Erkennungsmoleküle für Analytik und Medizin

Mechthild Kässer, Diekholzen

Nukleinsäuren erfüllen nicht nur lebenswichtige biologische Aufgaben, auch die Technik hat in den vergangenen Jahren die vorzüglichen Eigenschaften dieser Stoffklasse erkannt und setzt sie erfolgreich als Biosensoren ein, die im Grunde alle Arten von Substanzen aufspüren können, angefangen von kleinen Molekülen über Eiweiße bis hin zu ganzen Zellen und Mikroorganismen. Diese speziellen, künstlich hergestellten Nukleinsäuren – mit Namen Aptamere – bestehen aus kurzen gefalteten DNS- bzw. RNS-Einzelsträngen.

Nukleinsäuren kennen wir vor allem als DNS und RNS der lebenden Zelle. Sie sind der Stoff, der die Entstehung des Lebens erst ermöglicht hat. Denn sie beherrschen die Kunst, sich sowohl zu vermehren als auch biologische Reaktionen zu katalysieren, beides wesentliche Voraussetzungen für das Leben. Als Fadenmolekül zu einer Doppelhelix geordnet, speichern sie die Erbinformation, und können sich teilen und anschließend wieder zu einem Doppelstrang ergänzen; einige kurzkettige Varianten steuern in der Zelle die Tätigkeit der Gene, andere begünstigen – als Ribozyme genannte Katalysatoren – die Reaktion zwischen ganz bestimmten Molekülen. Dass sie diese dabei sehr spezifisch erkennen und binden, lässt sich vielseitig nutzen: Mit künstlich hergestellten Nukleinsäuren, den Aptameren, gelingt es, beliebige Substanzen von Interesse aus Stoffgemischen herauszuangeln und quantitativ zu bestimmen.

Aptamere haben aber nicht nur in der Analytik Bedeutung erlangt. Durch ihre Fähigkeit, sich

an Eiweiße anzulagern, können sie ähnlich wie Antikörper, als Medikament verabreicht, krankmachende Proteine abfangen.

Bau der Nukleotide

Aufgebaut sind Nukleinsäuren aus den Monomeren Adenosinmonophosphat (AMP), Cytidinmonophosphat (CMT), Guanosinmonophosphat (GMP) und Thymidin- bzw. bei RNS Uridinmonophosphat (UMP) (Abbildung 1). Zu ihren vielseitigen Funktionen werden sie befähigt durch ihr Talent, bestimmte Moleküle und Molekülgruppen **sehr spezifisch zu erkennen und zu binden**. Natürliche Beispiele sind die Transfer-RNS, die sich mit einer bestimmten Aminosäure belädt und diese bei den Eiweißfabriken der Zelle abliefern; die 23S-RNS-Einheit der Ribosomen, welche die Peptidbindung katalysiert, oder DNS und ihre passenden Transkriptionsfaktoren. [1]

Die spezifische Bindungskraft von Nukleinsäuren ist mit ein Grund, diese Stoffgruppe intensiv zu erforschen und für die verschiedenen Anwendungen abzuwandeln. Heute ist man zuversichtlich, mit künstlich hergestellten Nukleinsäuren praktisch jede beliebige Substanz von Interesse aus Stoffgemischen herauszufischen und quantitativ zu bestimmen.

Der Name **Aptamere** bedeutet „passende Teilchen“ (aptus, lateinisch für passend; meros, griechisch für Teilchen). Aptamere bestehen aus Einzelsträngen von DNS, RNS oder modifizierten

Kurz gefasst: Aptamere

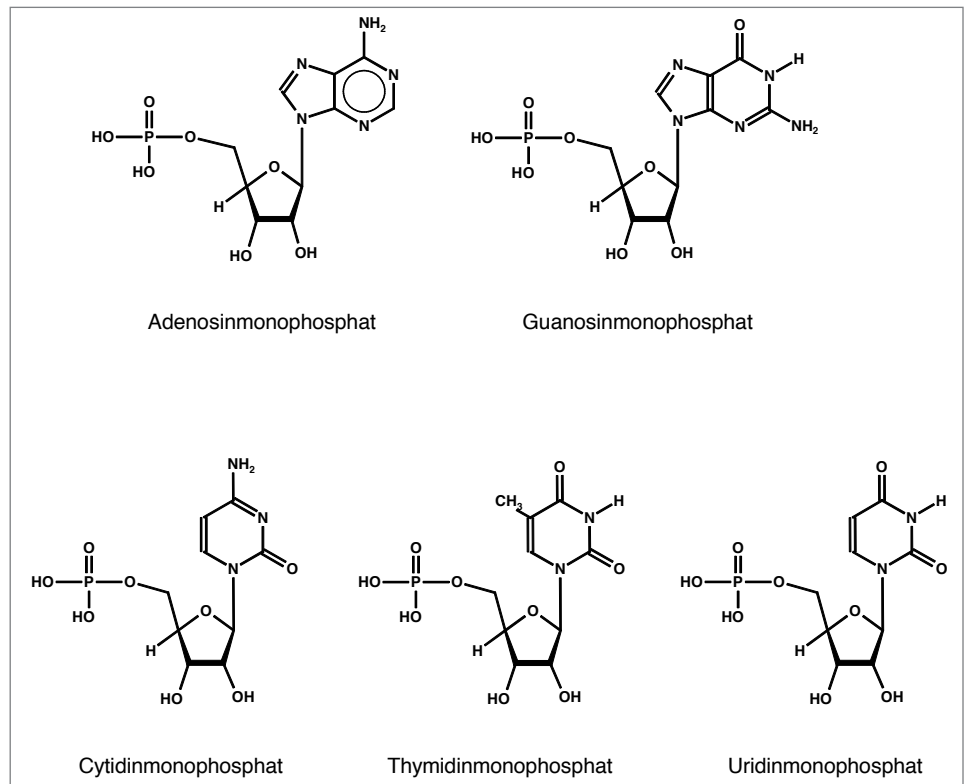
- Aptamere sind künstlich hergestellte Oligonukleotide aus einzelsträngiger DNS oder RNS.
- In einem Auswahlverfahren (SELEX) werden die Aptamere ermittelt, die mit einem bestimmten Zielmolekül (Analyt) die festeste Bindung eingehen.
- Wie Antikörper haben sie die Fähigkeit, sich ausschließlich an bestimmte Moleküle anzulagern.
- Spiegelmere, spiegelbildlich gebaute L-Aptamere, sind vor Abbau durch Nukleasen geschützt.
- Anwendungen der Aptamere, vor allem als Biosensoren, liegen im Bereich von Analytik und Medizin.



Die Autorin:

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

Abbildung 1: Nukleotide, die Bausteine der Aptamere, hier mit dem Zucker Ribose dargestellt.



Nukleinsäuren sind etwa 16-60 Basen lang. Wie Eiweiße oder andere Kettenmoleküle nehmen sie in Lösung eine bestimmte räumliche Gestalt an, die durch die Reihenfolge ihrer Bausteine vorgegeben und durch innermolekulare Bindungen – z. B. in Doppelstrang-Bereichen durch Basenpaarung – gestützt wird (Abbildung 8). Außerdem sind Nukleinsäuren reaktionsfreudig und binden im Idealfall ähnlich wie Antikörper nur ein ganz bestimmtes Molekül, das genau mit der Faltung des Aptamers zusammenpasst und durch Kräfte gehalten wird. Dies können Van der Waals-, Ionen-, Dipolkräfte sein, Wasserstoffbrückenbindungen oder bei aromatischen Ringstrukturen Elektronenwechselwirkungen mit den Nachbarbasen.

Da Aptamere eine unerhört große Vielfalt von unterschiedlichen Sequenzen und folglich auch von 3D-Strukturen ausbilden können, ist zu erwarten, dass man unter ihnen Vertreter findet, die sich ausschließlich an ein spezielles Molekül heften können. Tatsächlich wurden inzwischen künstliche Nukleotide entwickelt, die Zielmoleküle – von Ionen über kleine Moleküle (Abbildung 2), über Peptide, Proteine und Polysaccharide, bis hin zu Viren, Zellen und ganzen Organismen – erkennen, und das mit hoher Bindungskraft und ausgeprägtem Unterscheidungsvermögen. [2]

Konkurrenz zu Antikörpern

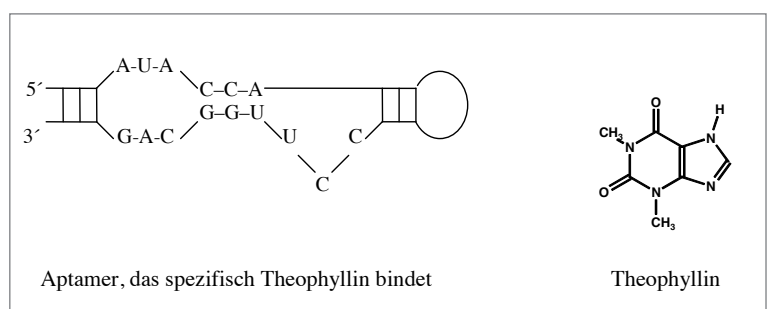
Wegen der beschriebenen Eigenschaften sind Aptamere eine Alternative zu monoklonalen Antikörpern und sie haben ihnen einige Vorteile voraus; denn Antikörper sind große Eiweißmoleküle, die aufwändig in lebenden Zellen hergestellt werden. Sie sind empfindlich und lösen als Medikament zum Teil heftige Immunreaktionen aus. Aptamere sind kleiner. Sie werden synthetisch im „Reagenzglas“ erzeugt und sind vor allem chemisch stabiler als Antikörper. Ohne Aktivitätsverlust überstehen sie Frieren und Ko-

chen und harte Umweltbedingungen. Die Eiweiß-Bindungskonstanten liegen für monoklonale Antikörper und Aptamere in einem ähnlichen Bereich (1pM-1nM). [1] Je nach Anwendung lassen sich Reportermoleküle einbauen oder funktionelle Gruppen anfügen, die Aptamere vor dem enzymatischen Abbau durch Nukleasen schützen und für das Immunsystem unsichtbar machen [3] (Abbildung 3).

Selex-Verfahren

Die Kunst besteht zunächst darin, die richtigen Aptamere für ein bestimmtes Zielmolekül aufzufinden. Das geschieht in einem inzwischen bewährten Verfahren aus der kombinatorischen Chemie namens Selex (Systematic evolution of

Abbildung 2: Das dargestellte Aptamer besitzt ein ausgeprägtes Erkennungsvermögen für Theophyllin und bindet es wesentlich stärker als z. B. Coffein. [11]



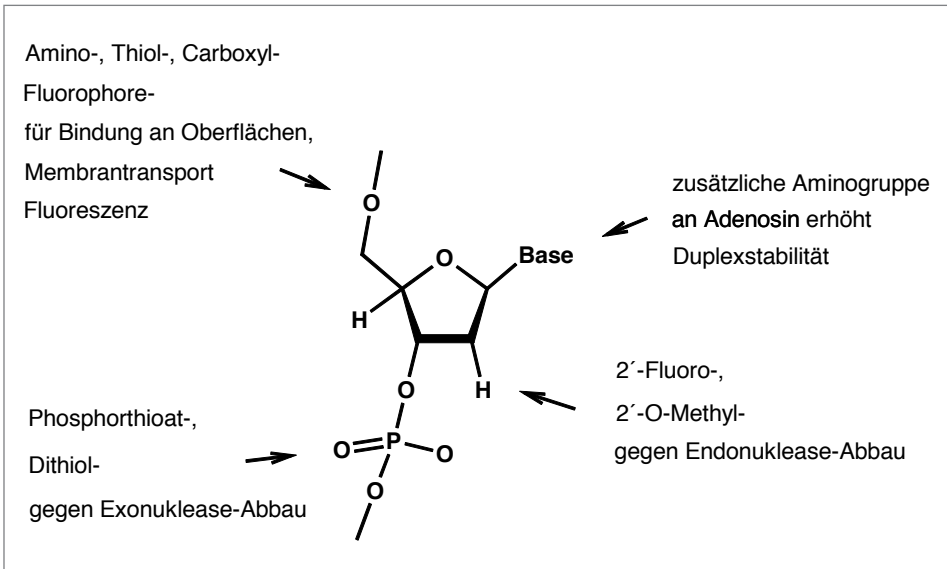


Abbildung 3: Nucleotide werden je nach Verwendung mit Reporter-molekülen (Fluoreszenz) oder mit funktionellen Gruppen versehen, die sie allgemein stabilisieren oder gezielt vor enzymatischen Abbau schützen oder durch Zellmembranen schleusen. (nach [12])

Sequenz wird in Automaten synthetisiert. Da die Verbindungen aus 4 verschiedenen Mononucleotiden bestehen, ergibt sich bei einer Länge von n Bausteinen im Aptamer als Zahl möglicher Sequenzen in der Bibliothek n^4 . Oft besteht sie aus mehr als 10^{15} verschiedenen Oligonucleotiden. Bekannte Sequenzen etwa für die Primererkennung rahmen die zufälligen Sequenzen an beiden Enden ein (Abbildung 5).

2. Das Zielmolekül wird mit den Oligonucleotiden zusammengebracht. Manche heften sich mehr oder weniger fest an, andere nicht. Häufig verwendet man eine Affinitäts-säule mit einem Säulenmaterial, an das das Zielmolekül kovalent gebunden ist. Die durchlaufenden

Aptamer-kandidaten verlassen je nach ihrer Bindungs-kraft zur Testsub-stanz, unterschiedlich stark verzögert, die Säule.

3. Durch Waschen werden die nicht bindenden Oligonucleotide entfernt.

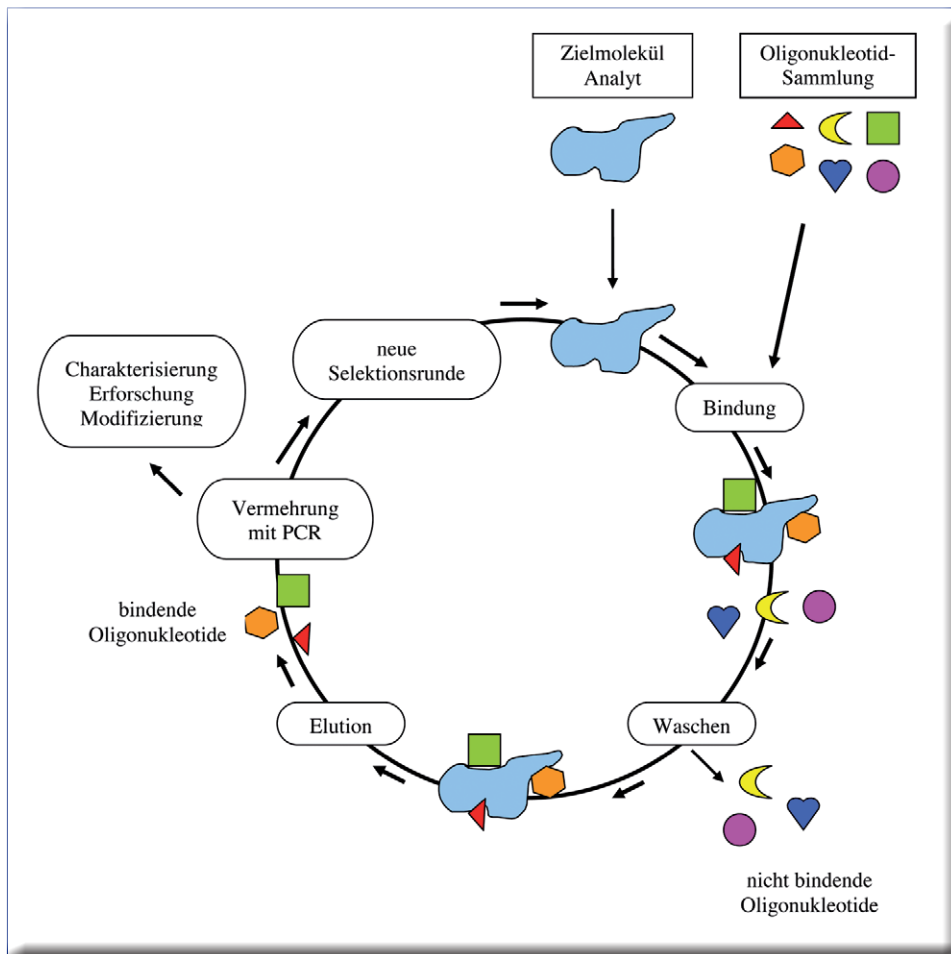
4. Elutionsverfahren setzen die gebundenen Aptamere frei; diese können nun durch PCR vermehrt und identifiziert werden. Oft entdeckt man ein spezielles Bindungsmotiv.

5. In weiteren Runden des Selex-Prozesses (bis zu zehn) lassen sich durch verschärfte Elutionsbedingungen – wie erhöhten Salzgehalt – diejenigen der gefundenen Aptamere ermitteln, die unter den gewünschten Bedingungen die stärksten Bindungen zum Zielmolekül aufbauen. Ebenso besteht die Möglichkeit, den Einfluss von Änderungen – etwa durch zusätzliche funktionelle Gruppen – zu studieren.

ligands by exponential enrichment) (Abbildung 4). Es verläuft über mehrere Stufen:

1. Eine sehr große Sammlung (Bibliothek) von Oligonucleotiden einer bestimmten Länge – meist aus 40-60 Monomeren – und zufälliger

Abbildung 4: Das Selex-Verfahren.



Nachrandomisierung

Da die Zahl der möglichen Oligonucleotide extrem hoch ist, beschränken sich die Forscher auf eine realisierbare Zahl und gleichen diese Begrenzung dadurch wieder aus, dass sie die aktivsten Oligonucleotide

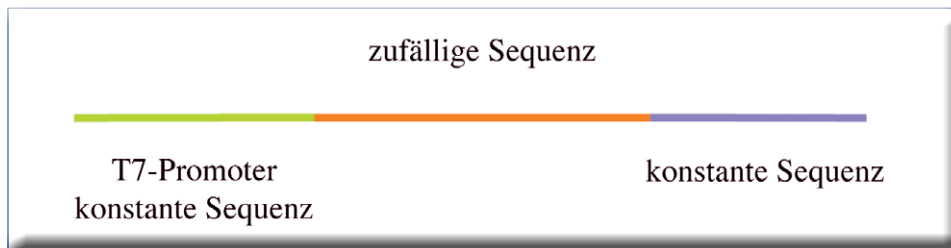


Abbildung 5: Die Oligonukleotide für das Selex-Verfahren bestehen aus der entscheidenden zufälligen Sequenz aus Mononukleotiden, eingerahmt von konstanten Bereichen, die für die Primer-Erkennung wichtig sind.

isolieren und bei der Vermehrung durch die PCR- Polymerasen leicht verändern lassen. Diese Nachrandomisierung gelingt mit Enzymen, die während des Kopierens grundsätzlich Fehler machen. Die Fehlerrate ist einstellbar. [4]

Selex ist ein **evolutives Verfahren**: Die Oligonukleotide konkurrieren um eine Bindung am Zielmolekül. Diejenigen, die diese Aufgabe am besten lösen, werden vermehrt und erneut unter verschärften Bedingungen ins Rennen geschickt. Nach den Regeln der Evolution gewinnt nach mehreren Runden das bestgeeignete Aptamer den Wettbewerb. [4]

Spiegelmere

Bei der Analyse von biologischen Flüssigkeiten oder bei therapeutischer Anwendung sind Aptamere durch Nukleasen bedroht. Ein genialer Trick ist es hier, die Händigkeit der Nukleotide zu nutzen und statt der natürlichen rechtsdrehenden D-Form die in der Natur nicht üblichen linksdrehenden L-Nukleotide zu verwenden. In ihnen ist die D-Ribose gegen L-Ribose ausgetauscht. Diese Spiegelbilder natürlicher Aptamere sind als Spiegelmere bekannt (Abbildung 6). Im Blutserum sind sie sehr stabil, weil abbauende Enzyme sie nicht erkennen. Auch für die Immunabwehr bleiben sie unsichtbar. [5] Innerhalb kurzer Zeit, die durch Pegylierung verlängert werden kann, scheidet sie der Körper über die Nieren aus.

Dass Spiegelmere und natürliche Enzyme wegen ihrer Symmetrie nicht zusammenpassen, rächt sich beim Selex-Prozess, denn auch die Polymerasen der PCR können mit den fremden Gebilden nichts anfangen. Ein weiterer Kniff, das Spiegelbild-Selex-Verfahren, überwindet diese Hürde.

Spiegelbild-Selex-Verfahren (Abbildung 7)

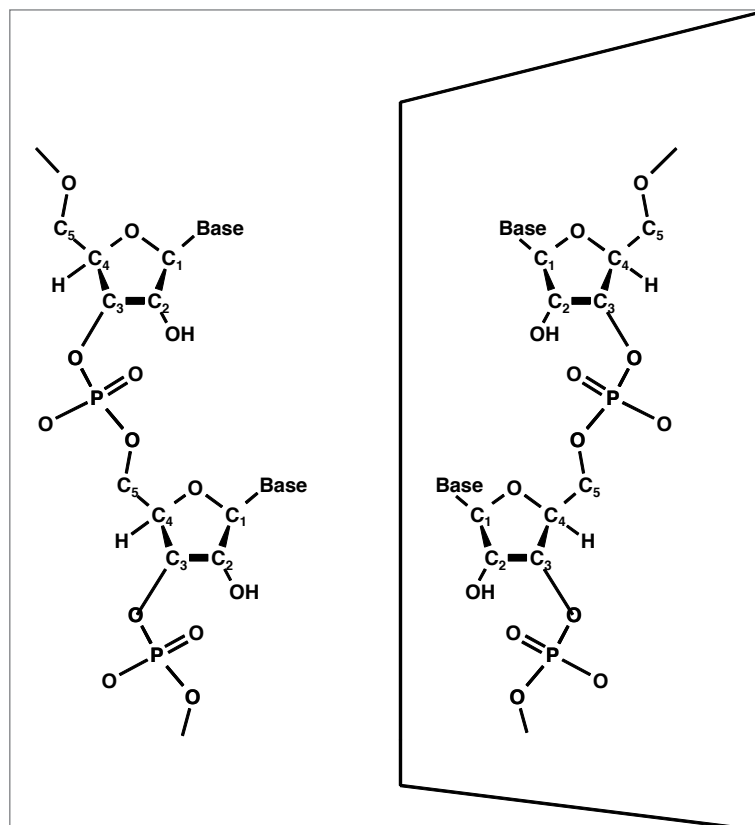
1. Im ersten Schritt stellt man das Spiegelbild des Zielmoleküls her. Handelt es sich um ein Peptid oder kleineres Eiweiß, synthetisiert man es aus D-Aminosäuren, den Enantiomeren der natürlichen L-Bausteine. Bei größeren Proteinen reicht es evtl., das Spiegelbild eines entscheidenden Epitops mit Hilfe der Peptidsynthese herzustellen. [5]

2. Das Selex-Verfahren ermittelt und vervielfältigt wie oben beschrieben passende Oligomere in ihrer natürlichen (D-) Form als Aptamere für das spiegelbildliche Zielmolekül.
3. Die D-Aptamere werden gespiegelt, d. h. aus unnatürlichen L-Mononukleotiden werden die entsprechenden L-Aptamere synthetisiert.

Anwendungen

Einsatzgebiete für Aptamere gibt es reichlich: Insbesondere als molekulare Erkennungselemente (Biosensoren) sind sie für Analytik und Diagnose interessant und eignen sich wegen ihrer spezifischen Bindungseigenschaften auch zur Anreicherung und Abtrennung von Substanzen. Die Grundlagenforschung schätzt sie als Werkzeug, mit dem sie die Wirkungsweise von Proteinen klären kann. Da Aptamere sich an Proteine anlagern und diese dadurch hemmen können, werden sie bereits darauf abgerichtet, als Medikament krankmachende Eiweiße zu blockieren.

Abbildung 6: Ein natürliches D-Nukleotid und seine spiegelsymmetrische L-Form, ein Spiegelmer, nach [13].



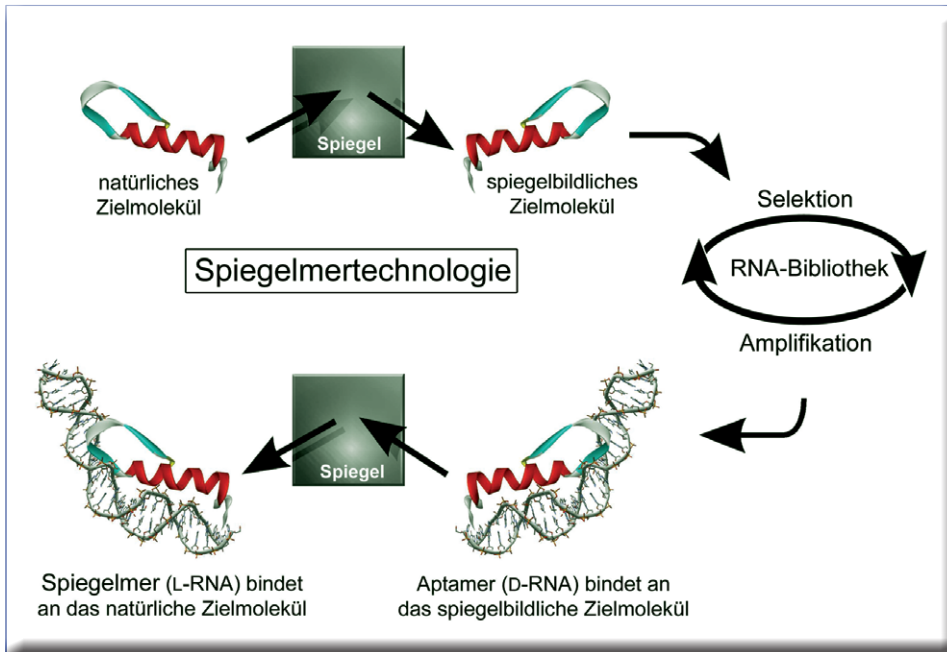


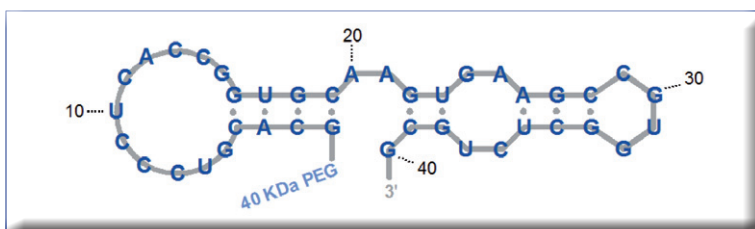
Abbildung 7: Das Spiegelbild-Selektions-Verfahren [14].

Seit 2004 ist z. B. mit Macugen (Pegaptanib, PEGylated aptamer inhibitor) das erste Aptamer als Arzneistoff zugelassen. Es wirkt der feuchten altersabhängigen Makuladegeneration entgegen. Auch Spiegelmere sind nach Versuchen an Tieren in klinische Testphasen vorgestoßen. Zu nennen ist ein Präparat (NOX-A12), das es Blutstammzellen erleichtert, aus dem Knochenmark zu wandern, denn es blockiert das Chemokin SDF-1, das diese Zellen sonst im Knochenmark zurückhält. Das Aptamer unterstützt so die Stammzelltherapie zur Behandlung von Blutkrebskrankungen. Ähnlich weit vorangetrieben ist die Entwicklung von NOX-E36 (Abbildung 8), einem Entzündungshemmer. [6]

Einige Hoffnung im Kampf gegen Diabetes und krankhaftes Übergewicht ruht auf dem Spiegelmer NOX-B11, das in Versuchen mit Nagern bewies, dass es das Hormon Ghrelin blockiert. Das durch Ghrelin ausgelöste Sättigungsgefühl erleichtert die Gewichtsabnahme. [7]

Breiten Einsatz werden Aptamere als Biosensoren vorausgesagt, die in Umwelt- und Lebensmittel-Analytik [8] beispielsweise Schimmelpilze in Räumen, Krankheitskeime und Arzneimittelreste im Wasser oder Kokain und andere Rauschgifte aufspüren und messen. Auch für biologische Waffen wie das Botulinumtoxin [9]

Abbildung 8: Nox-E36, ein Entzündungshemmer der Noxxon Pharma AG, Berlin [14].



werden Aptamere zur Identifizierung und Unschädlichmachung entwickelt.

Zum Schluss noch eine pfiffige Erfindung, die es ermöglicht, auch für Proteine die Nachweisgrenze auf extrem kleine Mengen zu senken, wie es bislang nur für Erbmoleküle möglich war, dank PCR: Wissenschaftler von der Universität von Alberta, Kanada haben dazu Aptamere ausgelesen, die spezifisch eine feste Bindung zu einem gesuchten Protein eingehen. Ist das Eiweiß in einer Probe vorhanden, bildet sich ein Aptamer-Eiweiß-Komplex, der durch Kapillarelektrophorese abgetrennt wird. In der Komplex-haltigen Fraktion wird das Eiweiß indirekt durch Vervielfältigung des Aptamers mittels PCR identifiziert. Die

Forscher konnten mit dieser Methode die geringe Menge von 180 Molekülen der HIV-1-Revers-Transkriptase nachweisen. [10]

Eine von der Universität Bonn patentierte Anwendung von Aptameren beschreibt unter der Rubrik „Forschung und Technik“ auf Seite 311 auch der Artikel „Damit die Blutgerinnung im grünen Bereich bleibt“.

CLB

Quellen:

[1] <http://www.genelink.com/newsite/products/aptamers.asp>
 [2] „Lexikon der Biologie“ Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg
 [3] <http://www.internetchemie.info/news/2009/apr09/aptamere.html>
 [4] <http://online-media.uni-marburg.de/chemie/bioorganic/vorlesung1/kapitel3.html?chemie/bioorganic/vorlesung1/k3-04.html>
 [5] B. Wlotzka, S. Leva, B. Eschgfäller, J. Burmeister, F. Kleinjung, Ch. Kaduk, P. Muhn, H. Hess-Stumpp, S. Klussmann, In vivo properties of an anti-GnRH Spiegelmer: An example of an oligonucleotide-based therapeutic substance class, Proc Natl Acad Sci U S A. 99(13) (2002), S. 8898–8902
 [6] <http://www.biotechnologie.de/BIO/Navigation/DE/Foerderung/foerderbeispiele,did=114268.html>
 [7] P. Kobelt, S. Helmling, A. Stengel, B. Wlotzka, V. Andresen, BF. Klapp, B. Wiedenmann, S. Klussmann, H. Monnikes, Anti-ghrelin SPIEGELMER NOX-B11 inhibits neurostimulatory and orexigenic effects of peripheral ghrelin in rats, Gut (2005) Jun 30
 [8] <http://www.ufz.de/index.php?de=13024>
 [9] <http://www.bionity.com/de/news/72208>
 [10] C. Le et al., Ultrasensitive Detection of Proteins by Amplification of Affinity Aptamers, Angewandte Chemie 2006
 [11] Lexikon der Biologie, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg
 [12] http://www.genelink.com/newsite/products/aptamer_design.asp
 [13] http://www.biotechnologietage-2011.de/tl_files/2010/content/Vortraege/22042010/DBT_2010_Therapeutika_I_7_Morich.pdf
 [14] mit freundlicher Genehmigung der Noxxon Pharma AG, Berlin



Ich versteh nicht,
dass Du so unglaublich viele
von diesen leckeren
Eckig-Fischen fängst...

Das ist High-Biotech:
Die Eckig-Fische
werden unwiderstehlich
von den gleichermaßen geformten
Eckig-Aptamer-Würmern angezogen.

Wichtigste Phase im Ingenieur-Studium

Sechsmonatiges Berufspraktikum bei Biotechnologie- und Chemie-Ingenieuren

Mozhgan Hassanipour Fard und Volker Wiskamp, Darmstadt

In der praxisorientierten Fachhochschul-Ausbildung von Biotechnologie- und Chemie-Ingenieuren ist ein drei- bzw. sechsmonatiges Berufspraktikum fest im Curriculum integriert. Die Studierenden lernen repräsentative Aufgaben eines Ingenieurs durch eigene Tätigkeit in einer Firma kennen, bei der sie sich beworben haben, und reflektieren die zuvor in Vorlesungen und Praktika erworbenen Kenntnisse in Hinblick auf deren Industrie-Relevanz. In einem Begleitseminar präsentieren die Studierenden ihre Erfahrungen und Ergebnisse und nehmen dadurch auch an den fachlichen sowie außerfachlichen Erfahrungen ihrer Kommilitonen teil. Sie erwerben während ihres Berufspraktikums, das oftmals in die das Studium abschließende Bachelor-Arbeit übergeht, nicht nur vertiefende fachspezifische Fähigkeiten, sondern reifen auch als Menschen, weil sie sich erstmals in einem beruflichen Umfeld sozialisieren müssen. Insbesondere deshalb sind viele Studierende und Dozenten der Meinung: Das Berufspraktikum ist die wichtigste Phase im Studium.

Wie sich die Lehrinhalte der ersten fünf Semester des Biotechnologie-Studiums an der Hochschule Darmstadt mit den Inhalten der berufspraktischen Phase sinnvoll zu einem Spiralcurriculum ergänzen können, wird im Folgenden am Beispiel eines Praktikums geschildert, das die Studentin Mozhgan Hassanipour Fard in der Haarkosmetik-Firma Kao Professional Salon Services GmbH durchgeführt hat.



Die Autoren

Mozhgan Hassanipour Fard kommt aus dem Iran und studiert seit dem Wintersemester 2008/2009 Biotechnologie an der Hochschule Darmstadt.

Dr. Volker Wiskamp ist dort Professor für Chemie, Fachbereich Chemie und Biotechnologie, Hochschulstraße 2, 64289 Darmstadt, volker.wiskamp@h-da.de.

Chemische Aspekte

In der Vorlesung „Industrielle Organische Chemie“ lernen die Studierenden u. a. die Farbstoffchemie als ein wichtiges Standbein der Chemischen Industrie kennen. Repräsentative Farbstoffklassen (Azo-, Triphenylmethan-, Anthrachinon-, Indigo- und Phthalocyanin-Farbstoffe werden in Hinblick auf ihre Synthesen, Anwendungen, UV/Vis-spektroskopische Eigenschaften und pH-Abhängigkeiten ihrer Farbwirkungen besprochen.

Zum Färben von Haaren werden u. a. auch Oxidationsfarbstoffe verwendet, die in der Vorlesung nicht behandelt worden sind. Das Farbstoff-Curriculum wird also beim Praktikum in einer Haarkosmetik-Firma erweitert. Ein neuer Reaktionsmechanismus kann thematisiert werden: Eine Farbstoff-Vorläuferverbindung wie 4-Aminophenol – diesen Stoff kennen die Studierenden bereits aus einem ganz anderen Kon-

Versuch 1: Bildung eines Oxidationsfarbstoffs aus 4-Aminophenol und 4-Amino-2-hydroxytoluol

In die erste Mulde einer weißen Tüpfelplatte wird eine Spatelspitze 4-Aminophenol, in die zweite Mulde wird eine Spatelspitze 4-Amino-2-hydroxytoluol und in die dritte Mulde wird jeweils eine Spatelspitze von beiden Stoffen gegeben. Die Feststoffe in den ersten beiden Mulden und die Feststoffmischung in der dritten Mulde werden mit 4-5 Tropfen Ethanol angeteigt und dann mit 4-5 Tropfen 30%iger Wasserstoffperoxid-Lösung versetzt.

In der ersten Mulde (erster Vergleichsversuch) bildet sich allmählich ein fast schwarz gefärbtes Oxidationskupplungsprodukt (vermutlich NN'-bis-(p-hydroxyphenyl)-2-hydroxy-5-amino-1,4-benzochinondiimin aus drei Molekülen 4-Aminophenol [2]). In der zweiten Mulde (zweiter Vergleichsversuch) kommt es zu keiner Verfärbung. In der dritten Mulde bildet sich allmählich das in der Abbildung 1 gezeigte kupferfarbene Oxidationsprodukt.

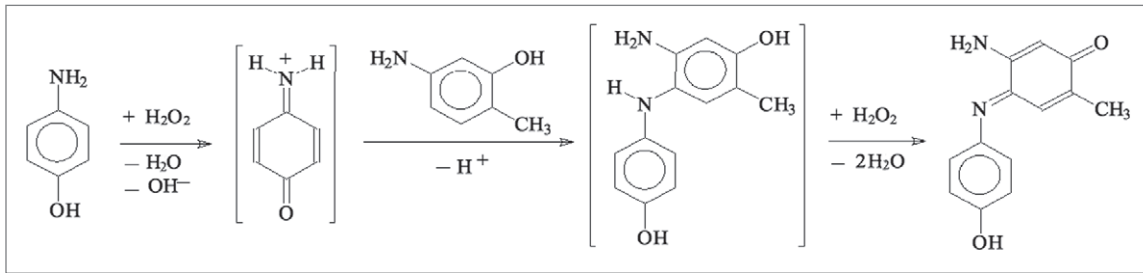


Abbildung 1: Ein kupferfarbener Oxidationsfarbstoff aus 4-Aminophenol und 4-Amino-2-hydroxytoluol.

text, nämlich als Ausgangsverbindung für das schmerz- und fiebersenkende Medikament Paracetamol – wird mit Wasserstoffperoxid zu einer chinoid-ähnlichen Verbindung oxidiert, welche mit einem so genannten Kupplermolekül wie 4-Amino-2-hydroxytoluol eine elektrophile Aromatensubstitution eingeht. Der resultierende Leucofarbstoff – aus dem Organischen Praktikum kennen die Studierenden Leuco-Indigo – ist ein kurzlebiges Zwischenprodukt, welches rasch von Wasserstoffperoxid zum kupferfarbenen Endfarbstoff oxidiert wird [1] (siehe Abbildung 1 und Versuch 1).

Haare werden weiterhin häufig mit synthetischen oder Naturfarbstoffen gefärbt (siehe eine Auswahl in Abbildung 2), deren Chromophore (größere konjugierte π -Elektronensysteme) und Auxochrome (NH_2 - oder OH -Seitengruppen) die Studenten identifizieren können.

Das Gegenteil von Färben ist das Blondieren. Dies geschieht u. a. mit peroxidhaltigen Zubereitungen (Abbildung 3). Blondieren bedeutet u. a. oxidatives Zerstören von Chromophoren. Aus dem Präparativen Praktikum kennen die Studierenden bereits die oxidierende Wirkung von Wasserstoffperoxid zur Vorreinigung farbiger bzw. zur Entgiftung sulfid- oder nitrithaltiger Abwässer.

Ganz andere chemische Prinzipien begegnen den Berufspraktikanten in der Haarkosmetik-

Abbildung 3: Aufhellung von ursprünglich mittelbraunem Haar (links) mit zunehmender Einwirkungsdauer eines peroxidhaltigen Blondierungsmittels.

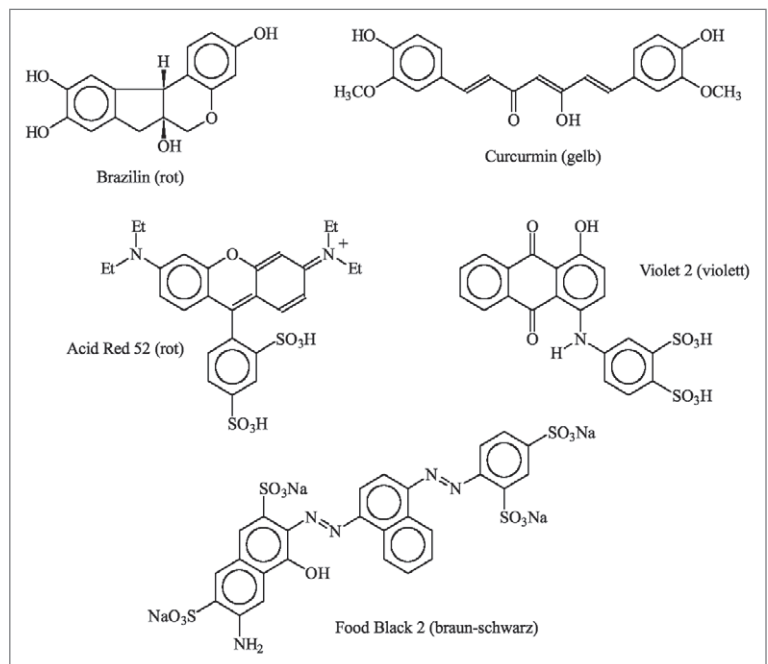
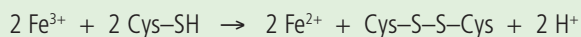


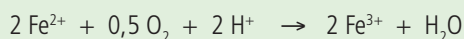
Abbildung 2: Zwei Naturfarbstoffe, ein Triphenylmethan-, ein Anthrachinon- und ein Azofarbstoff, die in der Haarkosmetik verwendet werden.

Versuch 2: Eisenkatalysierte Disulfid-Bildung

In einem Reagenzglas wird eine Spatelspitze Natriumhydrogencarbonat in 5 ml Wasser gelöst. Zu der Lösung wird eine Spatelspitze Cystein gegeben. Nach Zugabe von 3-5 Tropfen einer 2%igen Eisen(III)-chlorid-Lösung wird das Reagenzglas mit einem Stopfen verschlossen.



Nach der Entfärbung, die auf den Verbrauch des dreiwertigen Eisens zurückzuführen ist, wird das verschlossene Reagenzglas kräftig geschüttelt, um den im Gasraum befindlichen Sauerstoff in die Flüssigkeit einzutragen und das dreiwertige Eisen zu recycle••n.



Der Vorgang wird wiederholt, bis der im Reagenzglas vorhandene Sauerstoff verbraucht ist, so dass die Reaktion zum Erliegen kommt.

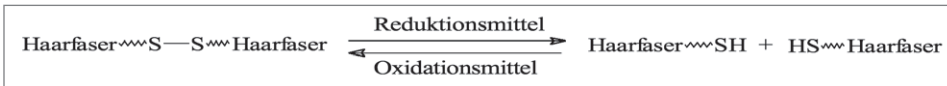


Abbildung 4: Schema der Disulfid-Spaltung bzw. -Bildung.

Abbildung 5: Fixierung eines sauren (anionischen) Farbstoffs an eine aminische Seitengruppe eines Proteins durch ionische Wechselwirkung.



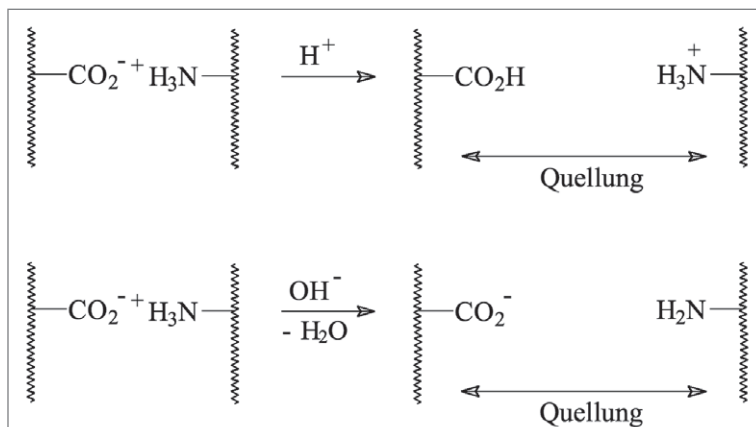
Firma, wenn sie sich mit Formulierungen zur Herstellung einer Dauerwelle befassen. Hierbei werden Disulfidbrücken, welche – wie in der Biochemie-Vorlesung gelernt – maßgeblich für die Sekundär- und Tertiärstrukturen der Proteine verantwortlich sind, reduktiv mit wasserlöslichen Thiolen (HS–R), z. B. Thioglykolsäure, Cystein, Cysteamin oder Thiomilchsäure, geöffnet. Die Einzelstränge werden mit Hilfe eines Lockenwicklers mechanisch stark gegeneinander verdrillt. Aus dieser Position heraus werden neue Disulfidbrücken geknüpft. Dies geschieht mit Hilfe des Oxidationsmittels Wasserstoffperoxid. Danach ist eine Dauerwelle fixiert.

Ein Modellexperiment zur oxidativen Disulfid-Bildung haben die Studierenden bereits in ihrem Einführungspraktikum durchgeführt (siehe Abbildung 4 und Versuch 2).

Anwendungstechnische Aspekte

Im Organischen Praktikum erproben die Studierenden exemplarisch die Beizenfärbung von Baumwolle mit Eisen(III)- bzw. Aluminiumchlorid und Alizarin so wie die Küpenfärbung mit Indigo. In der Vorlesung werden weitere Methoden zur Färbung von Baumwolle (Polysaccharid) mit Reaktivfarbstoffen und von Schafswolle (Polypeptid) mit anionischen oder kationischen Farbstoffen besprochen (Abbildung 5).

Abbildung 6: Quellung von Proteinen durch Lösung der Salzbrücken mit Säuren (oben) bzw. Laugen (unten).



In der Haarkosmetik gilt es, Farbstoffe in die Keratinfasern des Humanhaares (bzw. des zu Vergleichszwecken verwendeten rein weißen Ziegenhaares) eindringen zu lassen und dort über Wechselwirkungen mit den funktionellen Gruppen des Proteins fest zu binden, so dass die farbigen Moleküle möglichst nicht mehr auswaschbar

sind. Hier spielen bio- und polymerchemische Aspekte eine Rolle, die den Studierenden aus den entsprechenden Vorlesungen vertraut sind.

Das fibrilläre Haarprotein wird in gewissem Maße bereits mit Wasser, effektiver aber mit Säuren und Laugen gequollen, so dass ein Farbstoff besser hinein diffundieren kann. Dies wird verständlich, wenn man bedenkt, dass verschiedene Proteinsegmente u. a. über dipolare bzw. salzartige Wechselwirkungen gegenüber liegender saurer und basischer Gruppen ihrer Seitenketten fest zusammenhalten. Säuren bzw. Laugen greifen in diese Bindungen durch Protonierung von Carboxylatgruppen bzw. durch Deprotonierung von Ammoniumgruppen ein (Abbildung 6).

Ein zu starke Säure- bzw. Laugenbehandlung ist zu vermeiden, da die Haare sonst nachhaltig durch Denaturierung so wie – bei Laugeneinwirkung – durch Proteinhydrolyse (nach dem aus der Organik-Grundvorlesung bekannten Additions-Eliminierungsmechanismus) geschädigt werden können. Man arbeitet deshalb mit Puffersystemen, die ein nur schwach saures bzw. schwach alkalisches Medium einstellen.

Recht häufig kommt in der Haarkosmetik der Ammoniumchlorid/Ammoniak-Puffer zum Einsatz, der für ein schwach alkalisches Medium sorgt und der den Studierenden bereits aus ihrem ersten Experiment im Einführungspraktikum vertraut ist, wo sie sein Verhalten bei Zugabe von Salzsäure bzw. Natronlauge untersucht und seine Pufferkapazität ermittelt haben. Ein anderes, aus dem Biochemie-Praktikum bekanntes Puffersystem enthält Milchsäure und die dazu korrespondierende Base Lactat. Es stellt ein leichtsaureres Medium ein (Abbildung 7).

Haarfärbungen und -schädigungen werden vor allem unter dem Mikroskop gut sichtbar. Mikroskopische Arbeitstechniken kennen die Studierenden aus ihrem Zellbiologie-Praktikum. Die für mikroskopische Haaranalysen erforderlichen dünnen Schnitte erhält man, wenn man das zu untersuchende Haar zuerst in einem 2-Komponenten-Harz (radikalische Polymerisation eines Methacrylsäureesters) einschließt und von der erstarrten harten Masse anschließend dünne Scheiben schneidet (Abbildung 8).

Von der Idee zur Produktion

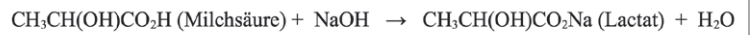
Im sozial- und kulturwissenschaftlichen Begleitstudium schauen die Studierenden über den Tellerrand ihrer Fachdisziplin hinaus und erwerben u. a. betriebswirtschaftliche und juristische Kenntnisse. Wie wichtig diese sind, wird den Studierenden allerdings meistens erst bewusst, wenn sie im Berufsleben mit der Frage konfrontiert werden, wie aus einer Forscher-Idee ein Verkaufsprodukt entsteht.

Es ist die Aufgabe der Forschungs- und Entwicklungsabteilung, bestehende Produkte aus dem Sortiment der (Haarkosmetik-)Firma zu optimieren bzw. den sich ständig ändernden Kundenwünschen anzupassen so wie neue Produkte zu erfinden. Doch bevor beispielsweise ein neues Shampoo, eine neue Färbemischung oder eine neue Dauerwelle-Formulierung in größerer Menge produziert wird, sind noch einige Verfahrensschritte einzuhalten.

Juristen kontrollieren, ob alle Inhaltsstoffe, die in der vorgeschlagenen Zubereitung enthalten sind, nach der Kosmetikverordnung überhaupt zum Einsatz kommen dürfen. Außerdem prüfen sie, ob die Zubereitung nicht schon in Patenten anderer Firmen (sinngemäß) beschrieben ist bzw. ob ein neues Patent angemeldet werden kann und sollte, in dem herausgestellt wird, worin das Innovative des neuen Produktes besteht.

Danach erfolgen toxikologische Prüfungen (die Betriebspraktikanten erinnern sich an ihre Vorlesung über Pharmakologie und Toxikologie). An erster Stelle ist hier der Hühner-Ei-Test (HET-CAM-Test) zu nennen. Dabei wird eine Zubereitung auf ein Ei aufgetragen und die Veränderung der innen liegenden Aderhaut, der Chorion-Allantois-Membran, (mikroskopisch) untersucht (Abbildung 9; der Test hat den früher durchgeführten Versuch am Auge eines lebenden Kaninchens ersetzt.)

Besteht kein Verdacht, dass gesundheitliche Gefahren von einem neuen Produkt ausgehen, wird es in der F&E-Abteilung weiter geprüft. Noch im Labor wird eine größere Menge hergestellt (scale-up) und auf Langzeitstabilität geprüft. Dazu wird



$$\text{pH} = 3,90 - \log \left(\frac{c_{\text{Milchsäure}}}{c_{\text{Lactat}}} \right) \dots \text{Hasselbalch-Henderson-Gleichung}$$

Abbildung 7: Bereitung des Milchsäure/Lactat-Puffers.

das Produkt sechs Monate bei 40°C gelagert. Hat es sich während dieser Zeit nicht verändert, kann man davon ausgehen, dass es bei Raumtemperatur mindestens 30 Monate haltbar und deshalb für Anwendungen durch Kunden grundsätzlich geeignet ist. Auch der so genannte Schaukeltest ist eine Haltbarkeitsprüfung: Wenn eine Formulierung, insbesondere eine Emulsion, einen Tag bei 5°C, am nächsten Tag bei 50°C, am dritten Tag bei 5°C, am vierten Tag bei 50°C etc., also bei regelmäßig stark schwankenden Temperaturen einen Monat lang gelagert wurde und danach unverändert ist, kann man eine Langzeitstabilität annehmen und das Produkt zum Verkauf freigeben.

Nun kann die erste Produktionscharge hergestellt werden.

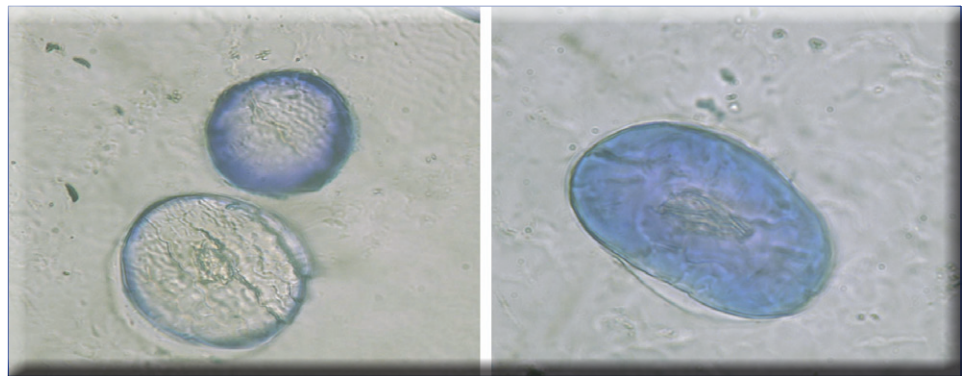
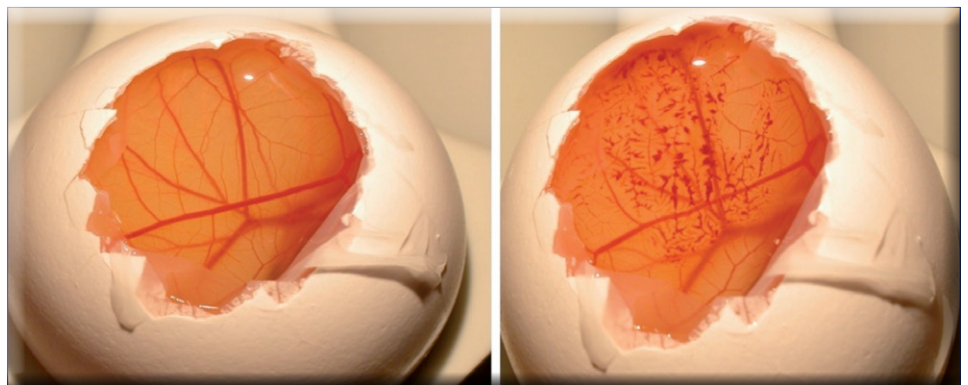


Abbildung 8: Mikroskopische Untersuchung eines mit einem blauen Direktfarbstoff gefärbten Ziegenhaares (rein weißes Modellhaar) unmittelbar nach der Färbung (linkes Foto) bzw. nach 24 Stunden Lagerung in einer feuchten Atmosphäre bei 50 °C; so genannter Aging-Test (rechtes Foto). Man erkennt, dass der Farbstoff erst nach längerer Zeit vollständig in das Haar eingedrungen ist.

Abbildung 9: HET-CAM-Test – Fotos einer gesunden (links) und einer durch Haarkosmetik-Inhaltsstoffe geschädigten (rechts) Chorion-Allantois-Membran (mit freundlicher Erlaubnis von Dr. A. Kirst, KPSS).



Gefahrstoff- und Kosmetik-Recht – GLP und GMP

Studierende sind in der Regel genervt, wenn sie in ihrer Einführungswoche eine fünfstündige, formal-juristisch gestaltete Sicherheitsbelehrung durch den Gefahrstoffbeauftragten der Hochschule über sich ergehen lassen müssen. Doch die Gefahrstoffverordnung wird in den nächsten Semestern in der Tat das wichtigste Regelwerk für den Laboralltag. Dem entspricht bei der Arbeit in einer Haarkosmetikfirma die Kosmetikverordnung, die vorschreibt, welche Stoffe in welchen Konzentrationen eingesetzt werden dürfen, unter welchen Bedingungen produziert werden darf, welche Arbeitsschutz- und Umweltschutzmaßnahmen zu treffen sind etc.

Im Studium verinnerlichen die Studierenden, was gute Laborpraxis (GLP) ist. Haarkosmetische Produktionsbetriebe arbeiten unter Good Manufacturing Practice-Bedingungen (GMP). Im Berufspraktikum werden Analogien zwischen GLP und GMP sichtbar. Dazu sieben Beispiele:

- Im präparativen Praktikum erfahren die Studierenden, welche Bedeutung die Angabe einer Reinheit, z. B. 98 %, auf eine Ansatz- und Ausbeuteberechnung hat. – In einem Produktionsbetrieb sind für alle verwendeten Ausgangsstoffe Spezifikationen festgelegt. Diese müssen vom Lieferanten garantiert sein, werden aber auch stichprobenartig durch firmeneigene chemische Analytik kontrolliert.
- Im Biochemiepraktikum ist eine Versuchsauswertung nicht mehr möglich, wenn vergessen wurde, die einzelnen Fraktionen aus einer chromatographischen Proteinaufreinigung korrekt zu beschriften. – Alle Firmenprodukte müssen nach festgelegten Richtlinien etikettiert werden. Denn nur dann können eventuelle spätere Reklamationen nachvollzogen werden.
- Studierende dürfen im Labor erst nach einer Einweisung arbeiten, und auch dann nur unter Aufsicht durch eine Fachkraft mit einer einschlägigen Berufsausbildung z. B. als Chemieingenieur. – Das Firmenpersonal ist für alle Arbeitsschritte, die es ausführt, qualifiziert. Der Arbeitsablauf im Produktionsbetrieb ist streng geregelt, und alle Mitarbeiter werden regelmäßig unterwiesen.
- Die Biologie- und Bioverfahrenstechnik-Praktika, in denen mit Bakterien experimentiert wird, finden in S1-Laboren statt, Apparaturen werden mit Dampf sterilisiert, Zellkulturen werden kryokonserviert, oder es werden Konservierungsstoffe wie Nitrit oder Ascorbinsäure eingesetzt. – Haarkosmetische Produkte sind oft anfällig gegen Mikroorganismen. Deshalb sind auch hier adäquate Hygienevorschriften (Reinräume, Arbeitskleidung, Sterilisation, Konservierung) einzuhalten.
- Wenn im Präparativen Praktikum ein Glaskolben verwendet werden soll, wird zuerst geschaut,

ob er kein „Sternchen“ besitzt. Ein Versuch ist erst nach dem Spülen und Trocknen der Glasgeräte zu Ende. – In einem (Haarkosmetik)Betrieb werden alle Produktionsanlagen regelmäßig gewartet und desinfiziert. Über diese Maßnahmen sind normierte Protokolle zu schreiben.

- Jedes pH-Messgerät, das im Praktikum benötigt wird, muss zuerst mit pH-Standard-Lösungen geeicht werden. Photometrische Analysen basieren auf einer zunächst erstellten Eichgerade. – In einem Industriebetrieb gilt analog: Messgeräte müssen routinemäßig geeicht werden.
- Die Studierenden sammeln ihre Versuchsreste nach den Kategorien Säuren, schwermetallhaltige Abfälle, organische Lösungsmittel und Feststoffabfälle. – Produktionsabfälle werden nach dem Stand der Technik konditioniert und an eine professionelle Industriemüllentsorgung weiter geleitet.

Reflexion im Seminar

10-15 Studierende, die etwa zeitgleich ihr Berufspraktikum absolvieren, treffen sich zum Abschlussseminar, das von einem Professor moderiert wird. Jeder Teilnehmer stellt seinen Kommilitonen in einer 20-minütigen Powerpoint-Präsentation und einer einseitigen Zusammenfassung seine Ergebnisse und Erlebnisse vor. Dabei wird besonderer Wert darauf gelegt, dass Rückkopplungen zu den Lerninhalten des Grundstudiums erfolgen. Ein Student berichtet über Synthesewege zu einem neuen Medikament, ein anderer schildert Analysemethoden in der forensischen Chemie, ein dritter Student stellt eine Biogas-Anlage vor, Frau Hassanipour Fard spricht über Haarkosmetik ... Für jeden „Geschmack“ ist etwas dabei. Das Seminar ist sehr lebendig. Aus fachdidaktischer Sicht wichtig und sehr gut ist es, dass das Ingenieur-Grundstudium an der Fachhochschule fachlich und überfachlich breit angelegt ist, was in der thematischen Vielseitigkeit der Berufspraktika zum Ausdruck kommt.

CLB

Literatur

- [1] O. J. X. Morel, R. M. Christie: Current Trends in the Chemistry of Permanent Hair Dyeing. – Chemical Reviews 111 (2011), 2537-2561
- [2] K. C. Brown, J. F. Corbett: Benzoquinone imines. Part 16. Oxidation of p-aminophenol in aqueous solution. – J. Chem. Soc., Perkin Trans. 2 (1979), 308-311

Dank

Dank gebührt Herrn Dr. Hartmut Möhring und seinen Mitarbeitern für die freundliche und fachkompetente Betreuung von Frau Hassanipour Fard während ihres Berufspraktikums bei der Haarkosmetik-Firma Kao Professional Salon Services GmbH in Darmstadt-Eberstadt.

Molekulargewichte							Molekül- und Formelmassen, berechnet aus den relativen Atommassen
Anorganische Stoffe		Aminosäuren		Nukleinsäure-Derivate		Bioorganische Stoffe	
CO ₂	44,01	Alanin	89,09	Adenin	135,13	Ameisensäure	46,03
CaCl ₂	110,99	Arginin	174,20	Adenosin	267,24	Azetsäure	60,05
HCN	27,03	Asparaginsäure	133,10	ADP	427,20	Barbital	184,19
HCl	36,46	Cystein	121,16	AMP	347,22	Cyclohexylamin	99,18
HNO ₃	63,01	Glutaminsäure	147,13	dAMP	331,22	EDTA	292,25
H ₂ O	18,02	Glyzin	75,07	ATP	507,18	Ethanol	46,07
H ₂ SO ₄	98,08	Histidin	155,16	Cytosin	111,10	Glucose	180,16
H ₃ PO ₄	98,00	Hydroxyprolin	131,13	Cytidin	243,22	Guanidin-HCl	95,53
KCl	74,54	Isoleuzin	131,17	CMP	323,20	HEPES	238,33
KCN	65,11	Leuzin	131,17	dCMP	307,20	Methanol	32,04
KSCN	97,18	Lysin	146,19	Guanin	151,13	NAD	663,43
KOH	56,11	Methionin	149,21	Guanosin	283,24	NADP	743,11
KH ₂ PO ₄	136,09	Phenylalanin	165,19	GMP	363,22	Pyridin	79,10
MgSO ₄ ·7H ₂ O	246,45	Prolin	115,13	dGMP	347,22	Ribose	150,13
NH ₃	17,03	Pyroglutaminsäure	129,12	Thymin	126,11	Tricin	179,17
NH ₄ Cl	53,49	Serin	105,09	dThymin	242,23	Triethylamin	101,19
(NH ₄) ₂ SO ₄	132,14	Threonin	119,12	dTMP	322,21	Trimethylamin	59,11
NaCl	58,44	Tryptophan	204,23	Urazil	112,09	Tris	121,14
NaHCO ₃	84,01	Tyrosin	181,19	Uridin	244,20	Urea	60,06
Na ₂ HPO ₄ ·2H ₂ O	177,98	Valin	117,15	UMP	324,18	Zitronensäure·H ₂ O	210,14

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, Bammentaler 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

Farbsehen und Farbstoffe der Natur

Nur wenige sind für Kleidung, Kosmetik, Lebensmittel oder Malerfarben geeignet

Wolfgang Hasenpusch, Universität Siegen

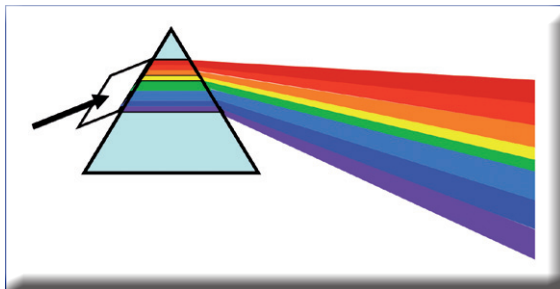


Abbildung 1: Brechung des weißen Lichtes in die Spektralfarben mit Hilfe eines Prismas.

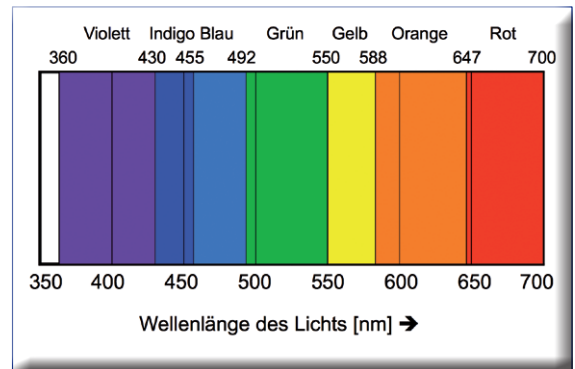


Abbildung 2: Farbbereiche des sichtbaren Lichts.

Die Natur bietet uns eine Fülle von Farben. Aber nur wenige sind in ihrer Funktion verfremdet als Farbstoffe für Kleidung, Kosmetik, Lebensmittel oder Malerfarben geeignet. Denn ihre Brillanz muss über die Zeit ihrer Nutzung hinweg bestehen bleiben. Daher haben sich das Grün der Wiesen und Bäume sowie die malerischen Rot- und Gelbtöne des Herbstlaubs nicht als Farbstoffe bewähren können. Die Natur hat uns die Harmonie der Farben gelehrt, und der Mensch verbindet mit Farben bestimmte Eigenschaften und Stimmungen. Nach einer kurzen Einführung in die Farblehre sollen die Beispiel-Farbstoffe Karminsäure (Rot), Curcumin (Gelb), Catechin-Eisen-Komplex (Grün), Chlorophyll (grün) und Indigo (Blau) näher betrachtet werden. Neue Erkenntnisse des Farbsehens liefert die Genetik.

Farben erwecken in uns Stimmungen, die uns gefühlsmäßig verleiten, Gegenstände chic und begehrenswert zu finden. Bei vielen Kaufentscheidungen ist die ansprechende Farbe ausschlaggebend. Aber was ist eigentlich eine Farbe?

Die Physik der Farben

Wenn ein weißer Lichtstrahl von der Sonne oder einer Lampe auf ein Prisma gelenkt wird, sehen wir, dass er nicht farblos bleibt: er zerfällt in



Der Autor

Prof. Dr. Wolfgang Hasenpusch, beschäftigt in der Chemischen Industrie als Referent für Sicherheit und Umwelt, hält darüber hinaus eine Honorar-Professur an der Universität Siegen in Industrieller Anorganischer Chemie mit den Schwerpunkten Innovationsmanagement, Recycling und Bionik. Das weite Spektrum an bearbeiteten Themen resultiert aus der vielfachen Dozenten-Tätigkeit am Deutschen Institut für Betriebswirtschaft, den Schulen der Berufsgenossenschaft Chemie sowie Universitäten.

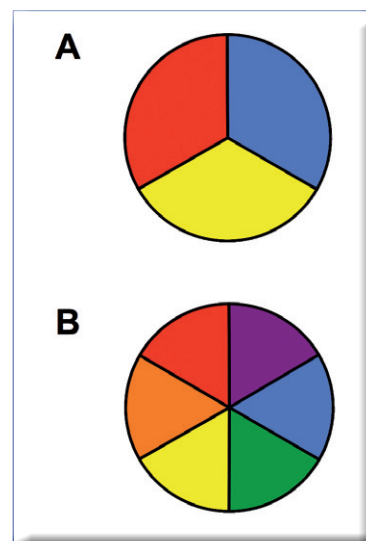


Abbildung 3: Farbkreise mit den drei Primärfarben (A) sowie mit den sechs Primär- und Sekundärfarben (B).

verschiedene farbige Lichtanteile. So wie wir es schon vom Regenbogen her kennen. Diese Spektralfarben reichen von dem energiereichen Violett bis zum energieärmsten roten Farbton (Abb. 1). Das Licht mit den kurzen Wellenlängen jenseits des Violetts, das Ultraviolett, sowie das Licht mit den längeren Wellenlängen als das Rot, das Infrarot, kann der Mensch mit seiner Augenempfindlichkeit nicht mehr sehen. Die sichtbaren Spektralfarben Violett – Blau – Grün – Gelb – Orange – Rot liegen zwischen den Wellenlängen 360 und 700 Nanometer [nm] (= 0,36 und 0,70 Mikrometer [μm]) (Abb. 2).

Kurzwelligere und energiereichere Strahlen sind die unsichtbaren Ultraviolett-, Röntgen und Gamma-Strahlen, längerwellige Strahlen sind die Infrarot-, Mikrowellen- und Radiostrahlen.

Über die Farben haben sich schon viele Gelehrte Gedanken gemacht: grundsätzlich unterscheiden sie Farben ersten oder zweiten Grades oder Primär- und Sekundärfarben oder Grundfarben und Mischfarben sowie Komplementärfarben (= Gegenfarben).

Als Grundfarben, die nicht mehr mit einem Prisma in andere Farben aufspaltbar sind, gelten Rot, Gelb und Blau. Diese Primärfarben lassen sich in einen Kreis einbeziehen, wobei jede Farbe ein Segment eines Drittels einnimmt (Abb. 3 A).

Werden benachbarte Grundfarben im Verhältnis 1:1 gemischt, so entstehen die „Mischfarben ersten Grades“:

- aus Rot und Gelb entsteht Orange
- aus Gelb und Blau bildet sich das Grün und
- aus Blau und Rot wird das Violett.

Diese Grundfarben und dazwischen liegenden Mischfarben lassen sich ebenso in einen Kreis einbeschreiben, wobei jeder Farbe jetzt gleich-

absorbiertes Licht		Farbeindruck
Wellenlänge (in nm)	Farbe	(beobachtete Farbe)
730	purpur	grün
640	rot	blaugrün (cyan)
590	orange	blau
550	gelb	indigoblau
530	gelbgrün	violett
510	grün	purpur (magenta)
490	blaugrün	rot
450	blau	orange
425	indigoblau	gelb
400	violett	grünlich-gelb

Abbildung 4: Adsorbierte und sichtbare Farben des Lichts und Ihre Wellenlängen-Maxima [2].

berechtigt ein Sechstel-Segment zusteht (Abb. 3 B).

Aus diesem Farbkreis verstehen wir auch den Begriff der Komplementär- oder Gegenfarben, denn in dem Kreis der Abb. 3 B stehen sich die Farben Rot – Grün, Violett – Gelb, Blau – Orange gegenüber.

Komplementärfarben treten aber auch als Paare von Farben auf, die Gegenstände adsorbieren und die wir sehen. Abb. 4 zeigt diese Farbenpaare in Abhängigkeit der Absorptions- und Emissionsmaxima.

Wir empfinden Kombinationen aus Komplementärfarben besonders harmonisch. So wie sie in der Natur in den gelb-violetten Blüten, den roten Rosen mit den grünen Blättern, das blaue Meer vor dem orangefarbenen Sonnenuntergang und anderen Beispielen in unendlicher Vielzahl vorkommen.

Ordnungssysteme für Farben

Bereits 1745 versuchte Tobias Mayer eine Ordnung in die Farbpalette zu bringen und ordnete sie in einem Dreieck an.

Johann Wolfgang von Goethe veröffentlichte 1810 seine Farbenlehre, bei der er das Dreieck aufgriff und neun kleinere Dreiecke von Primär-, Sekundär- und Tertiärfarben so einbeschrieb, das die Primärfarben an den Spitzen des Gesamt-Dreiecks zu liegen kommen, die Sekundärfarben dazwischen und die Tertiärfarben aus den umgebenden drei Farben in den freien Lücken platziert werden (Abb. 5).

Philipp Otto Runge ordnete die Farben auf der Oberfläche einer Kugel und A. Hickethier platzierte die sechs Primär- und Sekundärfarben auf den Seiten eines Würfels.

1940 gestaltete Johann Itten zwölfteilige Farbkreise, um mit den Spitzen eines zentral drehbaren Dreiecks oder Quadrats auf harmonische Farb-Kombinationen zu deuten.

Abbildung 5: Farbdreieck nach Johann Wolfgang von Goethe mit Primär- und Sekundärfarben. In die noch freien Dreiecke kommen die gemischten Tertiärfarben.

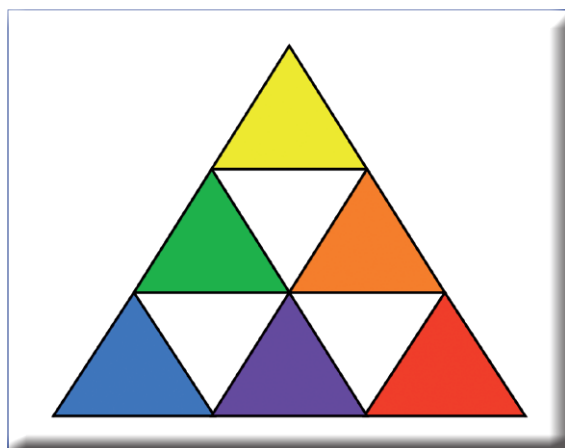


Abbildung 6:
Das erste dreidimensionale Farbsystem von Philipp Otto Runge.

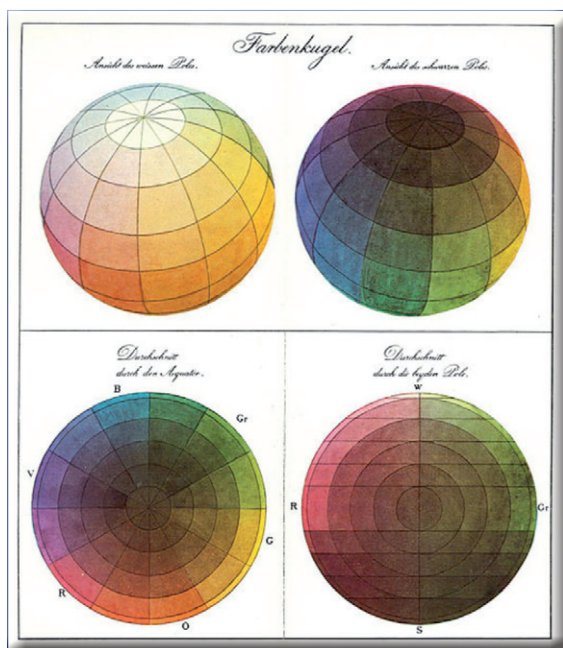
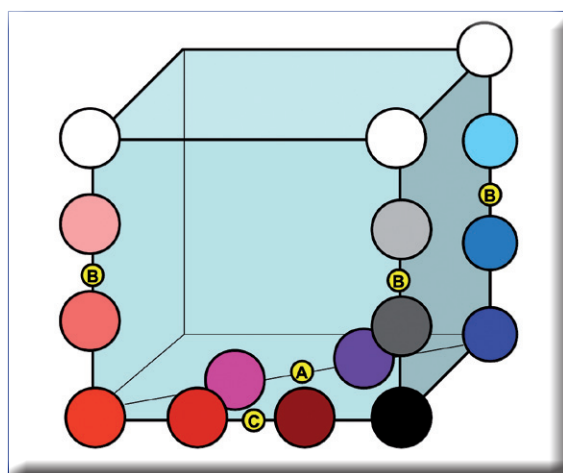


Abbildung 7:
Farbtonreihe (A) sowie Aufhellung (B) und Abdunkelung (C).



Zu den reinen Farben kommen noch die Neutralfarben Schwarz und Weiß. Philipp Otto Runge (1777 - 1810), neben Caspar David Friedrich der bedeutendste deutsche Maler der Frühromantik, war der erste, der ein dreidimensionales Farbsystem ersann. Er ordnete die 12 primären – (rot, gelb, blau), sekundären – (violett, orange, grün) sowie tertiären Farben (blaugrün, gelbgrün, gelborange, rotorange, rotviolett, blauviolett) auf dem Äquator eines Globusses an, um sie zu einem Pol bis zum Weiß heller werden zu lassen und zum gegenüberliegenden Pol bis zum Schwarz dunkler gemischt erscheinen zu lassen (Abb. 6).

Diese hellen und dunklen Farbtöne lassen sich auch gut in einer zwei- oder dreidimensionalen Graphik darstellen. Dabei sind gemischte Farbtonreihen, Aufhellungen und Abdunkelungen als Teilsysteme darstellbar (Abb. 7).

Heute arbeiten Farb-Designer mit Farbsystemen nach DIN 6164, wobei jeder Farbton in den drei Parametern Bunttonzahl, Sättigungsstufe und Dunkelstufe festgelegt ist.

Farbenhersteller und Anwender bedienen sich zudem oft des Farbregisters RAL 840 HR. Dieses Register berücksichtigt auch Sonderfarben mit Perlmuttglanz oder speziellen Reflexen.

Aus Skandinavien kommend ist vielfach das „Natural Colour System, NCS“ in Europa vertreten. Es unterscheidet an die 16 000 Farbtöne, geht jedoch von den reinen Grundfarben sowie Grün, Schwarz und Weiß aus.

Farbempfinden

Wir kennen die Farben, die uns die Natur im Verlaufe der Jahreszeiten bietet. Sie wirken positiv auf unsere Stimmung ein.

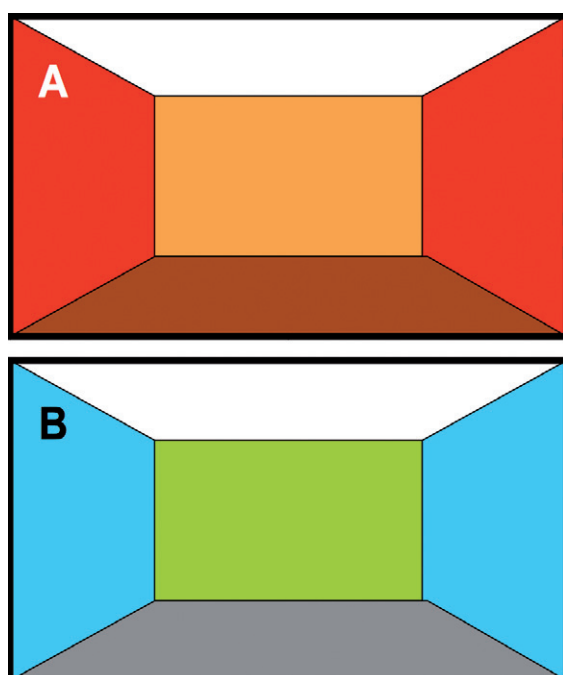
Im Frühling sind es die hellen, sanften gedämpften Kontraste, der Sommer bietet mit seinem saftigen Blaugrün und der hellen Sonne eine lebensbejahende Stimmung.

Der Herbst zeigt uns im „Indian Summer“ die gelben und roten Blätter der Bäume sowie die braunen abgeernteten Felder und der Winter dominiert mit klaren bläulich weißen und grauen Farben in sehr kontrastreichen Naturlandschaften.

Farben wecken auch Erinnerungen und wirken auf die Psyche des Menschen. Das nutzen Mode-Designer, Dekorateurs und Raumgestalter nach festgelegten Erfahrungsstimmungen aus.














Ein Experiment mit Probanden in einem orange, rot und braun gehaltenem Raum ergab, dass sie sich wohler und wärmer gefühlt haben als in einem grün, grau und blau ausgelegten Raum von objektiv gleicher Temperatur (Abb. 8). Zudem schätzten sie die Temperatur des rot-orange-braunen Raumes um ein bis zwei

Abbildung 8:
Unterschiedlicher Farbeindruck eines Raumes mit „warmen“ und kalten Farben.



Grad wärmer ein als den alternativen Raum. So kommt es nicht von ungefähr, wenn wir „warme“ und „kalte“ Farben unterscheiden, die allein unser Temperatur-Empfinden steuern.

Aber auch andere Empfindungen übermitteln Farben, wie schon Johann Wolfgang von Goethe (1749 – 1832) in seinem Farbkreis 1810 mit seiner Farbenlehre darstellte. Das können Freude, Feierlichkeit oder auch Falschheit sein. Tabelle 1 verweist auf die psychische Wirkung der verschiedenen Farben [1].

Tabelle 1: Wirkung der Farben			
Farbe		Wirkung	Symbol
Purpur		würdevoll, prächtig	Herrschaft, König
Rot		warm, aktivierend; aggressiv	Feuer, Liebe, Blut
Rosa		süß, freunlich, lieblich	Mädchen
Orange		warm, freundlich, anregend	Freude, Feuer, Reiz
Goldgelb		warm, heiter, leuchtend	Sonne, Freude
Gelbgrün		frisch; sauer	Neid, Falschheit
Grün		natürlich, kühl, beruhigend	Jugend, Natur, Hoffnung
Braun		beruhigend, warm, natürlich	Erde, Holz
Blau		kalt, fern; beruhigend	Beständigkeit, Treue, Weite
Violett		feierlich, abgeklärt	Buße, Trauer, Würde
Weiß		kühl, feierlich, sauber, weit	Reinheit, Unschuld
Grau		trüb, zurückhaltend, neutral	Trostlosigkeit, Alter, Eleganz
Schwarz		feierlich, bedrückend, finster	Trauer, Feierlichkeit

Die Farben der Natur

Zu den Naturfarbstoffen zählt eine überschaubare Anzahl von Farb-Grundkörpern, die zum Teil noch mit Zuckermolekülen verbunden sind.

Die Farbstoffe bestehen aus organischen Verbindungen oder Pigmenten, die im Pflanzen- und Tierreich weit verbreitet sind. Die einzelnen Farbstoffe und die daraus gebildeten Farbnuancen dienen den Pflanzen und Tieren zu verschiedenen Zwecken, von denen wir schon einiges gelernt haben und vielleicht auch noch so manches lernen werden:

- zur Fotosynthese als Katalysator-Farbe
- zur Fortpflanzung durch Bestäubung oder Balz als Lockfarbe
- zum Verstecken vor Fressfeinden als Tarnfarbe
- gegen angriffswütige Fressfeinde als Warnfarbe
- zur Minderung der UV-Einstrahlung als Schutzfarbe.

Der Mensch hat erfahren, welche Stoffe und Extrakte sich zum Färben von Textilien, Lebensmitteln oder als lichtbeständige Malerfarben verwenden lassen. Ja, er hat die Naturfarben sogar synthetisiert und in Hinblick auf bessere Gebrauchstauglichkeiten durch chemische Derivatisierungen optimiert.

Eine Reihe von Naturfarbstoffen ist in der Tabelle 2 zusammengestellt.

Die Vor- und Nachteile der in der Natur vorkommenden Farbstoffe sollen an den Farben

Tabelle 2: Beispiele für Naturfarbstoffe					
Farbe	Farbstoff	Formel	M	Farbumschlag bei pH=	Vorkommen
Rot	Karminsäure	$C_{22}H_{20}O_{13}$	492,38	4,8 - 6,2 (gelb - violett)	Hauptbestandteil des Cochenille-Karmins (Laus)
Gelb	Curcumin	$C_{21}H_{20}O_6$	368,39	8,0 - 9,0 (gelb - rotbraun)	Farbstoff der Gelbwurzwächse
Rot	Orcein (Orseille)	$C_{20}H_{17}NO_4$	335,30	6,0 - 8,0 (rot - violett)	roter Flechten-Farbstoff; nicht lichtecht!
Rot	Carthamin	$C_{42}H_{42}O_{22}$	910,79	keiner	aus der Färberdiestel (Safflor), Lebensmittelfarbstoff
Violett	Hämatein	$C_{16}H_{12}O_6$	300,25	5,0 - 6,4 (gelb - violett)	im Blauholz enthalten
Gelb	Morin	$C_{16}H_{10}O_7$	302,23	Chelat	Hauptbestandteil des Gelbholz-Extraktes
Grün	Catechin	$C_{15}H_{14}O_6$	290,27	Chelat; mit Fe: d.-grün	2 - 10 % im Catechu; in Pflanzen verbreitet
Rot	Kermessäure	$C_{16}H_{10}O_8$	330,26	Chelat	aus getrockneten Schildläusen ("unechte Cochenille"); eine Antrachinoncarbonsäure
Rot	Ruberythrin	$C_{26}H_{26}O_{13}$	534,50	Alizarin-Chelat	in der Färberröte (Krapp) enthalten;
Gelb	Luteolin	$C_{15}H_{10}O_6$	286,23	keiner	Tetrahydroxyflavon, im Färberwaid (Färberwau) enthalten
Blau	Indigo	$C_{16}H_{10}N_2O_2$	262,26	keiner	im Färberwaid und Purpurschnecken
Rot	Indigorot	$C_{16}H_{10}N_2O_2$	262,27	keiner	rotes Isomer der blauen Indigos; im Indigo bis 60 %
Gelb	Crocin	$C_{44}H_{64}O_{24}$	976,99	keiner	gelber carotinoide Glycosid-Farbstoff des Safrans
Rot	Purpur	$C_{16}H_8N_2O_2Br_2$	420,06	keiner	6,6'-Dibromindigo, entsteht durch Sauerstoff und Licht aus Purpurschnecken: 12.000 Schnecken für 1,5 g Farbstoff
Rot	Phytolaccarot; Betanin	$C_{18}H_{16}N_2O_8$	388,31	keiner	Farbstoff der Kermesbeere, Betanoin-Farbstoff, wie der aus Rote Beete

der roten Karminsäure, des gelben Curcumarins, des grünen Catechin-Eisen-Komplexes des ebenfalls grünen Lichtkatalysators Chlorophyll sowie am blauen Indigo näher erläutert werden.

Karminsäure

Die dunkelrote Karminsäure (Abb. 9) mit fruchtartigem Geruch wird seit alten Zeiten zum Färben von Haaren und Kleidung verwendet. Unter der Bezeichnung E 120 dient die Karminsäure oder die Aluminium-Verbindung „Karmin“ als Lebensmittelfarbstoff. Wir kennen ihn in seiner Anwendung in Lippenstiften und in dem roten Campari-Getränk.

Abbildung 9:
Karminsäure, der
rote Farbstoff der
Cochenille-Laus.

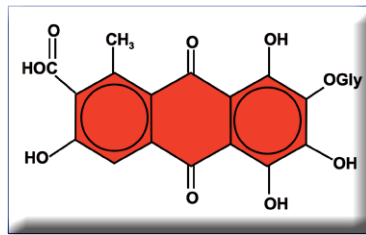


Abbildung 10:
Enol-Form des
gelben Curcumins
(„Curcumagelb“).

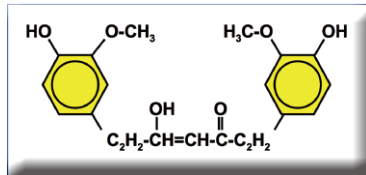
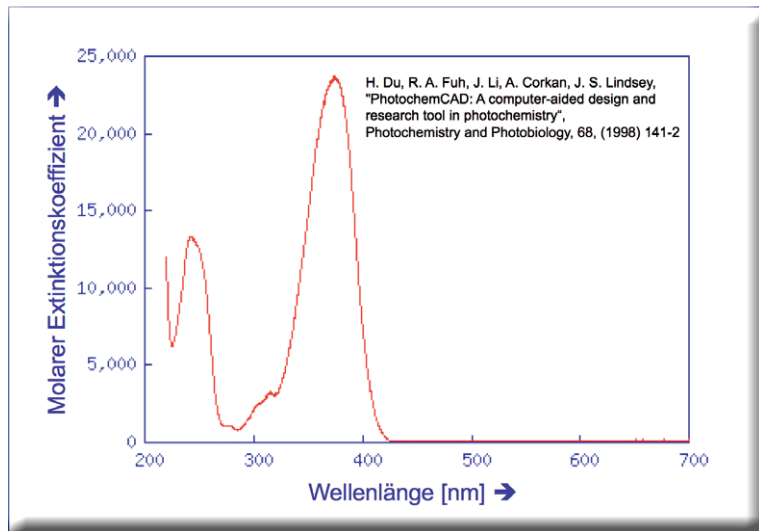


Abbildung 11:
UV-Spektrum des
gelben Curcumins.



Das Anthraquinon-Gerüst ist in der Natur mit einem Traubenzucker-Molekül verbunden. Die Gewinnung des roten Farbstoffs erfolgt aus Schildläusen (Cochenille-Schildlaus), die auf Feigenkakteen zu finden sind: aus einem Kilo getrockneter Schildläuse lassen sich 50 g Karminsäure gewinnen.

Aufgrund der mühsamen Herstellung aus Schildläusen sind auch andere rote Farbstoffe im Einsatz, wie beispielsweise der nichtallergene Azofarbstoff Cochenillerot A (E 124) [3].

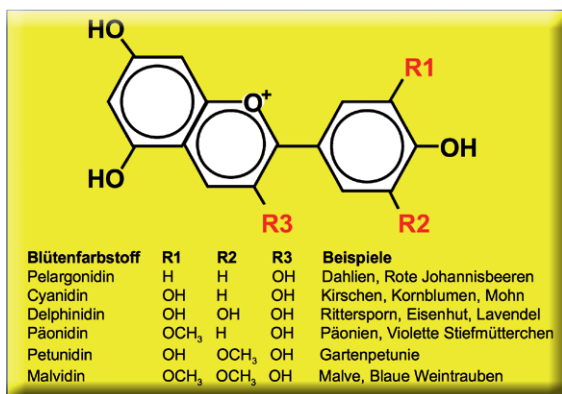


Abbildung 12:
Blütenfarbstoffe
der Anthocyanidine (Lit.: Römpf).

Curcumagelb

Curcumin (Curcumagelb) ist ein Farbstoff, der in der Gelbwurzel (*Curcuma longa*) vorkommt. Er lässt sich auch über die chemische Synthese herstellen (Abb. 10). Unter intensiver Lichteinstrahlung verblasst der Gelbton. Auch gegenüber Alkalien ist Curcumin unbeständig. Daher ist dieser Naturfarbstoff in der Textil-Industrie heute nicht mehr in Gebrauch.

Der Farbstoff findet unter der Nummer E 100 weite Anwendung in der Lebensmittel-Industrie. Er ist ein preiswerter Safran-Ersatz: Margarienen und Teigwaren sowie auch Marmeladen und Senfsorten sähen ohne diesen intensiven Farbstoff blasser aus. Im Curry ist die Curcuma-Wurzel ein wesentlicher Bestandteil unter den Dutzenden von Gewürzbestandteilen.

Die Absorption des blauen Komplementärlichts im Wellenlängen-Maximum um 380 nm wird im UV-Spektrum sehr eindrucksvoll belegt (Abb. 11).

Anthocyanidine und Catechin-Komplexe

Einige wunderschöne Farbtöne sind den Anthocyanidinen zu verdanken (Abb. 12). Die Farbtöne zwischen Rot und Blau über Violett variieren durch drei Substituenten am Rumpfmolekül. Sie sind in vielen Blütenfarben anzutreffen. Die Farbvarianten der Anthocyanidine treten einzeln oder als Mischung auf.

Alle roten und rosa gefärbten Blüten enthalten weitgehend Pelargonidin, bei allen scharlach- und orangeroten Blüten ist mit Cyanidin zu rechnen und alle blauen und blauvioletten Blüten dürften das mit sechs OH-Gruppen versehene Molekül des Delphinidins enthalten.

Die Anthocyanidine treten in der Natur als Glycoside auf: sie sind über ihre OH-Gruppen an Einfachzucker-Moleküle gebunden. Der Farbton ändert sich dadurch nicht.

Eine Farbvariation erfahren die Blüten allerdings durch Flavone oder Flavonole (Abb. 13), die ebenfalls als Glykoside vorliegen. Sie stabilisieren die Farben beim pH-Wert des Blüten-Zellsafts.

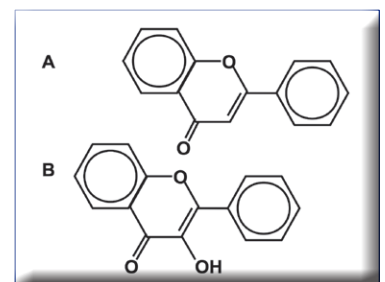


Abbildung 13:
Flavon (A) und
Flavonol (B).

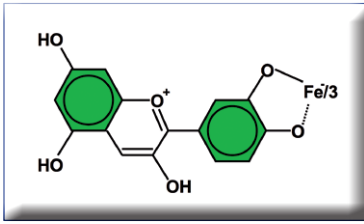
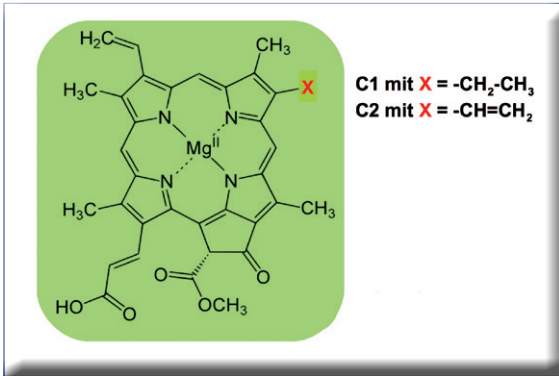


Abbildung 14:
Dunkelgrüner
Catechin-
Eisenkomplex.

Abbildung 15
(unten):
Grundstruktur des
grünen Chloro-
phylls C1 und C2.



C1 mit X = -CH₂-CH₃,
C2 mit X = -CH=CH₂

Polyphenolische Pflanzenmetaboliten aus der Gruppe der Flavanoide sind die Catechine. Catechine, die als hydrierte Flavone oder Anthocyanidine aufzufassen sind, kommen als Zwischenstufen der Biosynthese anderer Flavonoide in vielen pflanzlichen Geweben zusammen mit weiteren Polyphenolen vor. Sie bilden die monomeren Bausteine der kondensierten Proanthocyanidine, einer Reihe natürlicher Gerbstoffe, z. B. im schwarzen Tee oder Kakao, wo sie auch zur Geschmacksbildung beitragen. Man findet Catechin darüber hinaus in vielen anderen Teesorten, darunter Weißtee, Grüntee, und Oolong. Catechine kommen auch in Schokolade, Früchten, Gemüse und Wein vor.

Durch Eisen(III)-chlorid werden die meisten Phenole grün-blau gefärbt.

Durch die beiden orthostelligen Hydroxylgruppen bietet sich eine entsprechende Chelatbildung an (Abb. 14).

Ein spezifischer Nachweis ist für viele Phenole über die Umsetzung mit Benzoylchlorid zu entsprechenden, gut kristallisierenden Estern möglich.

Chlorophyll: Farbe und Katalysator

Wenn eine Farbe symbolisch für die Natur ist, dann ist das die Farbe Grün. Grüne Wälder und Wiesen erwecken einen dominierenden Eindruck des Grüns.

Dennoch eignet sich diese Farbe nicht für Textil- und Malerfarben. Der Farbgeber von Gräsern, Blättern, Algen und den vielen Pflanzen ist die Gruppe der Chlorophylle, der Blattgrün-

Farbstoffe. Sie stellen ringförmige Chelatkomplexe mit unterschiedlichen Substituenten und Seitenketten dar. Im Zentrum der Chlorophylle, in der Mitte des Porphyrin-Ringes, befindet sich komplex gebunden ein Magnesium-Ion (Abb. 15).

Magnesium ist etwa zu 2 Gew.-% im Blattgrün enthalten.

Auch im grünen Gemüse ist der grüne Farbstoff reichlich vertreten: so enthalten 100 g an frischem Grünkohl 230 mg Chlorophyll, Petersilie 212 mg und Spinat immerhin noch 115 mg.

Da die Chlorophylle leicht in Ethanol und Aceton löslich sind, lassen sie sich nach dem Zerstören der Pflanzen-Zellwände gut herauslösen.

Das gelöste Chlorophyll-Gemisch zeichnet sich im UV-Spektrum durch die beiden Maxima im blauen Spektralbereich zwischen 400 und 500 nm sowie im roten Spektralbereich zwischen 600 und 700 nm aus. Dazwischen klafft eine deutliche Absorptionslücke, die das grüne Licht fast vollständig streuen lässt, damit es unser Auge erreicht (Abb. 16).

Die überwiegende Aufgabe der Chlorophylle dient der Lichtabsorption des Sonnenlichtes sowie der Weiterleitung der gesammelten Energie. Diese Energie vermag auch das Kohlendioxid der Luft von etwa 0,04 Vol.-% mit dem Wasser in Kohlenwasserstoffe zu überführen, die schließlich die Pflanzen und Bäume wachsen lassen. Vereinfacht lässt sich diese Photosynthese nach der folgenden Reaktionsgleichung formulieren:
$$6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} + \text{Chlorophyll} + \text{Licht} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2$$

Dieser Assimilations-Reaktion verdanken wir auch den Sauerstoff. Selbst die Korallen-Polyphen bedienen sich der Symbiose mit assimilierenden Algen, um daraus Energie und Nahrung zu schöpfen. Durch die Entnahme des Kohlendioxids aus dem gelösten Hydrogencarbonat, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, entstehen durch die symbiotischen

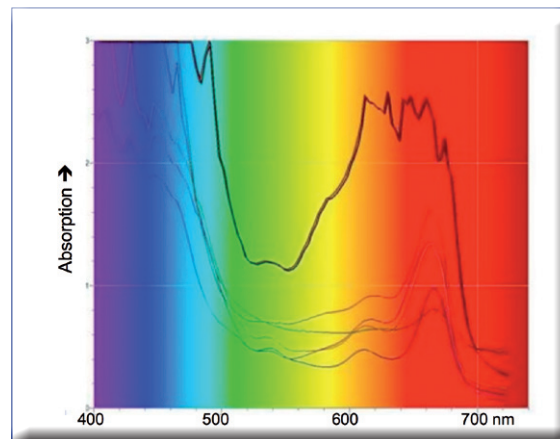
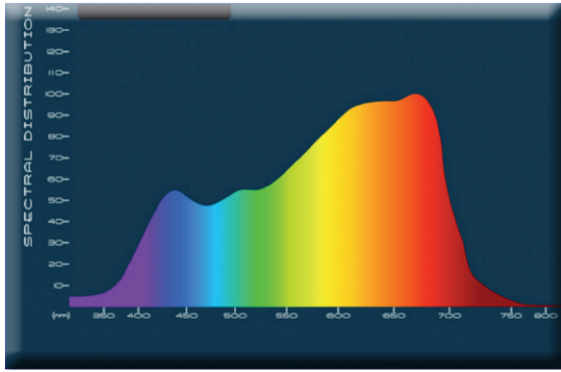
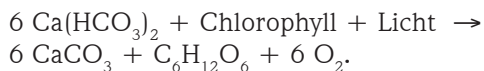


Abbildung 16:
Chlorophyll-
Absorption und
grüne Blattfarbe.

Abbildung 17:
Kontinuierliches
Spektrum des
Sonnenlichts
zwischen ca. 400
und 700 nm.



Algen die meterhohen Korallen-Kalkberge aus reinem Kalziumcarbonat:



Dabei erweist sich das gute Absorptionsvermögen des Chlorophylls für das Sonnenlicht gerade im energiereichen Blau und im wärmenden Rot als besonders vorteilhaft. Das kontinuierliche Sonnenlichtspektrum zeigt die Abb. 17.

Die Sonneneinstrahlung hat gerade dort eine besonders intensive Intensität in ihrem Spektrum, wo die Chlorophylle gut absorbieren.

Eine Analysen-Möglichkeit des Blattgrüns verläuft über die Fluoreszenz dieses Moleküls.

Da Chlorophyll eine geruchsneutralisierende Wirkung besitzt, bringen es Pharmazeuten in Drageeform als Mittel gegen Körper- und Mundgeruch in den Handel. Unter der Nummer E 140 dient Chlorophyll auch als Lebensmittel-Zusatzstoff.

Indigo

Schon im Altertum nutzten Färber die in Indien beheimatete Indigo-Pflanze (*Indigofera arrecta* und *Indigofera sumatrana*). Im Mittelmeerraum ist der indigohaltige Färberwaid (*Isatis tinctoria*) seit der Antike bekannt.

Das Indigo besitzt einen tiefen blauen Farbton, der sich direkt vor dem Blauviolett des Lichtspektrums entfaltet.

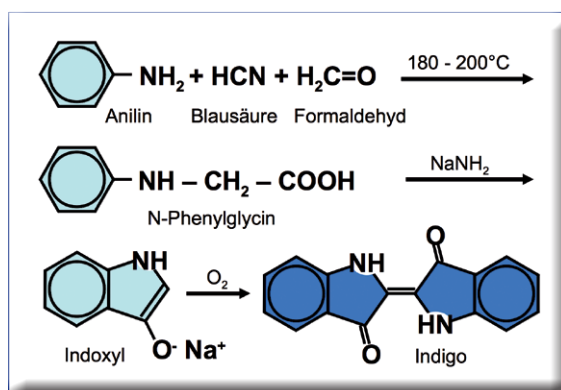


Abbildung 18:
Technische
Indigo-Synthese
nach J. Pflieger.

Nachdem Adolf von Baeyer, die erste Synthese des wichtigen blauen Farbstoffs 1870 aus Isatin, dem 2,3-Dioxindolin, $\text{C}_8\text{H}_5\text{NO}_2$, gelang, folgte eine Reihe weiterer Synthese-Varianten. Denn Indien lieferte 80 % der Weltproduktion von 3250 t Indigo am Anfang des 20. Jahrhunderts.

Der Markt verdankt den hohen Bedarf an dem Indigo-Blau der Herstellung von Uniformen und blauer Arbeitskleidung.

Als Levi Strauss 1873 begann, seine Jeans zu schneiden, benötigte er große Mengen an Indigo zum Färben der Denim-Stoffe.

Eine sehr erfolgreiche Indigo-Synthese geht auf Johannes Pflieger zurück, dem 1901 die Herstellung aus Phenylglycin, Natriumamid und einer Alkalischmelze in hoher Ausbeute gelang (Abb. 18).

Über eine isomere Struktur des Indigos ist sogar ein roter Farbstoff darstellbar, das Indigo-Rot (Abb. 19).

Schon Adolf von Baeyer stellte 1881 die rotviolette Variante aus einer alkoholischen Indoxyl-Lösung her, die er mit Isatin und Soda versetzte.

Seit 1924 läuft die Indigo-Synthese über das Phenylglycinnitril ab, das aus Anilin, Formaldehyd und Cyanwasserstoff gut zugänglich ist.

Der Farbstoff Indigo hatte mit der Preisgabe seiner Struktur, wie auch viele andere Farbstoffe aus der Natur, den unmittelbaren Bedarf eingebüßt.

Farbsehen und Genetik

Warum sehen wir genau die Farben des Spektrums zwischen etwa 400 und 700 Nanometern Lichtwellenlänge? Warum nicht etwa ultraviolettes Licht? Selektionsmechanismen der Evolution geben darauf eine Antwort. Und die steht in den Genen.

Die meisten Primaten und auch wir Menschen haben drei Sehpigmente und entsprechende Gene, die diese kodieren. Die früheren Wurzeln der Evolution, aus denen wir stammen, liegen bei den Vögeln, Reptilien und Fischen. Bemerkenswerterweise verfügen sie meist über vier Sehpigmente und können mit den entsprechenden Sehzellen dadurch auch ultraviolettes Licht wahrnehmen. Im Laufe der Evolution bildete sich dieses Vier-Pigment-System jedoch zu einem Zwei-Pigment-System zurück, das heute noch vielen Säugern gemein ist; manche haben sogar nur ein Sehpigment (Abb. 20). Gründe dafür könnte die Nachtaktivität der Tiere gewesen sein, bei der umfangreiches Farbsehen nicht von Vorteil ist. Farbsehen verlangt jedoch andererseits hohe Ressourcen vom Körper, etwa eine besonders komplexe Verschaltung der Neuronen. Das kann zu einer Rückentwicklung geführt haben.

Die neuerliche Entwicklung hin zu einem System mit drei Farbpigmenten, das zu trichromatischem Sehen befähigt und dem Menschen immerhin die Unterscheidung von rund zwei Millionen Farbnuancen ermöglicht, ist den Untersuchungen der Genetiker zufolge auf eine Genverdopplung zurückzuführen. Sie findet nur sehr selten statt; daher verfügen nur wenige Arten über trichromatisches Sehen. Tatsächlich ist die Entwicklung im Detail für die verschiedenen Arten sehr komplex. Augen selbst sind in der Evolution etwa 40 bis 50 Mal neu erfunden worden.

Man nimmt an, dass das trichromatische Sehen sich durchgesetzt hat, weil dadurch die Früchte im Urwald besser von der grünen Umgebung zu unterscheiden waren. Das zusätzliche Erkennen ultravioletter Strahlung hat für Vögel u.a. Vorteile bei der Auswahl der Geschlechtspartner, aber auch etwa bei der Nahrungssuche. Messungen der UV-Reflexion ergaben, dass von 139 Arten, bei denen sich Männchen und Weibchen für das menschliche Auge nicht unterscheiden lassen, sich bei mehr als 90 % der Arten die Geschlechter im UV-Muster unterscheiden [7].

Sehen Mäuse Schmerz?

Eine bemerkenswerte Entdeckung gab es im vergangenen Jahr. Österreiche, deutsche und amerikanische Forscher identifizierten ein Gen, dessen Varianten für unterschiedlich starkes Schmerzempfinden beim Menschen verantwortlich sind. Es ist gleichzeitig das erste jemals gefundene Gen für Synästhesie [8]. Menschen mit dieser Fähigkeit empfinden etwa Worte als Farben oder Klänge als Bilder und sind überdurchschnittlich kreativ.

Die Forscher suchten zunächst bei Fliegen ein Gen aus, das für Schmerzuntersuchungen besonders geeignet sein sollte: $\alpha 2\delta 3$. Es ist für die Bewegung von Kalziumionen durch Zellmembranen verantwortlich, ein Mechanismus, in den einige wirksame Schmerzmittel eingreifen.

Um herauszufinden, ob das $\alpha 2\delta 3$ -Gen die Schmerzwahrnehmung beim Menschen beeinflusst, wurden Studien mit gesunden Freiwilligen durchgeführt. Dabei testete man auch Menschen mit einer Genvariante des $\alpha 2\delta 3$ -Gens, deren Aktivität vermindert war. Die Tests, bei denen die Reaktion auf kurze Hitzepulse gemessen wird, bescheinigten den Trägern solcher Genvarian-

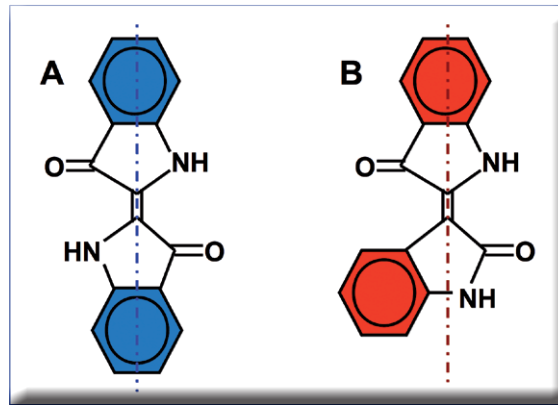


Abbildung 19: Isomere Indigo-Blau (A) und Indigo-Rot (B).

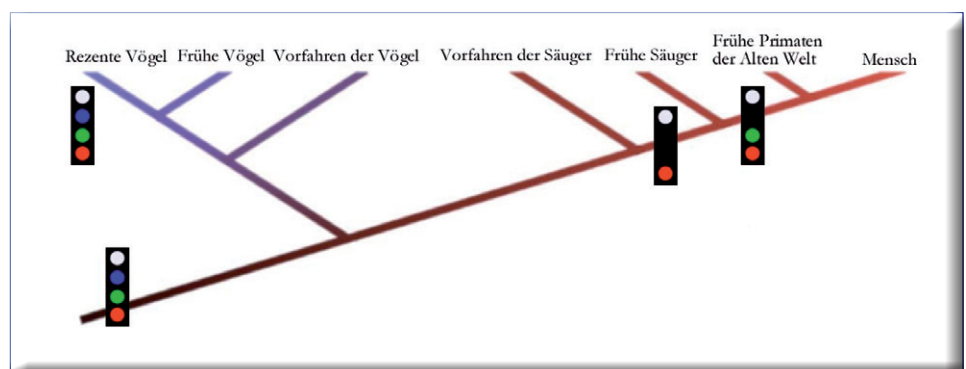
ten tatsächlich ein geringeres Schmerzempfinden.

In einem nächsten Schritt untersuchten die Wissenschaftler die Schmerzverarbeitung bei Mäusen, deren $\alpha 2\delta 3$ -Gen mutiert bzw. deaktiviert war. Magnetresonanz-Aufnahmen des Gehirns zeigten, dass das Signal auch bei den Mäusen mit Gendefekt unverändert im Thalamus – einer Art Schaltzentrale des Gehirns – ankommt. Von dort wird es jedoch nicht korrekt in die Gehirnrinde weitergeleitet, wo der Schmerz erst bewusst wird. Stattdessen tauchen Aktivitätsmuster in anderen Gehirnregionen auf, die für optische, akustische, oder olfaktorische Eindrücke stehen (Abb. 21). Allem Anschein nach sehen, hören oder riechen die genveränderten Mäuse den Schmerz anstatt ihn zu fühlen.

Zusammenfassung

Für die reichhaltigen Farbkombinationen der Blüten sind nur wenige chemische Grundkörper verantwortlich, wie beispielsweise die Anthocyanidine. Die einzelnen Farbnuancen, die uns in jedem Sommer aufs Neue erfreuen, kommen durch Überlagerung der Absorption verschiedener Farbstoffe zustande. Die Farb-Nuancierung kann aber auch durch Komplexbildung mit

Abbildung 20: Schema zur Evolution der Pigmentsystem-Typen bei Wirbeltieren (erstellt nach Timothy A. Goldsmith, What Birds See, in Scientific American July 2006, S. 51 ff.).



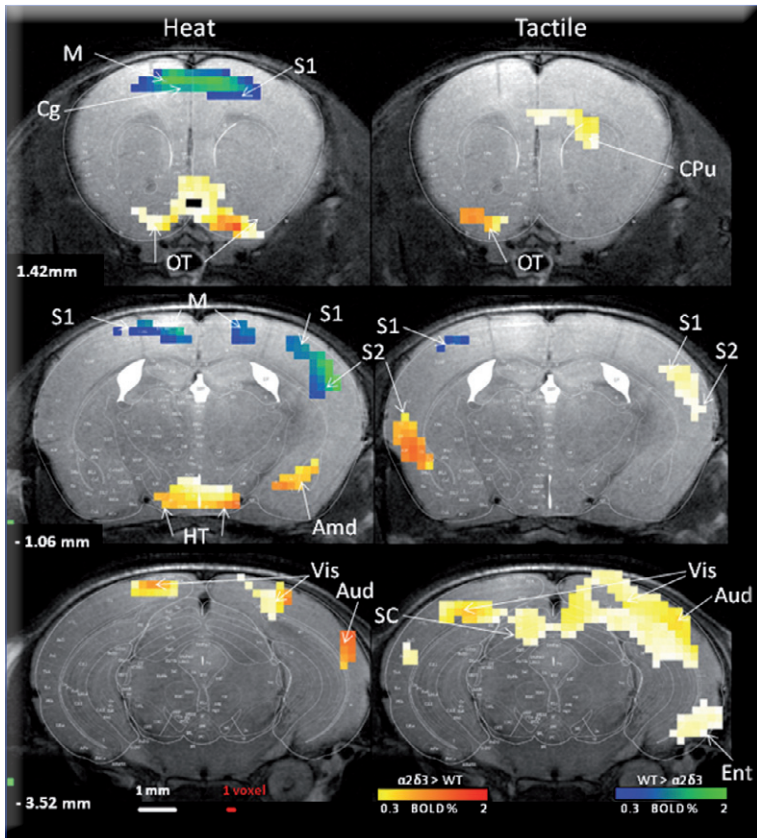


Abbildung 21: Magnetresonanztomographische Querschnitte durch das Gehirn von Mäusen (WT, normale Maus; $\alpha 2\delta 3$ schmerzgendefiziente Maus). Lediglich WT-Mäuse zeigen nach einem Hitzereiz Aktivierung von Schmerzzentren (grün-blau). Schmerzgendefiziente Mäuse dagegen zeigen eine stärkere Aktivierung von Zentren, die für andere Sinneswahrnehmungen (Synästhesie) zuständig sind (gelb-rot; Abb.: Andreas Hess, Uni Erlangen-Nürnberg).

Schwer- und Buntmetallen erfolgen, wie z.B. mit Eisen und Catechin (Abb. 14).

Chemiker haben die Farben in ihrer Alltags-tauglichkeit für den Menschen, für die sie nicht in erster Linie gedacht waren, verbessert und in ihrer Herstellung erschwinglich gemacht.

Diese Farben bereichern unsere Sinne und entreißen uns der grauen Tristesse des Alltags. Farben verbreiten eine Kraft, die auf jeden Menschen mehr oder weniger wirkt, ohne dass er besonders sensibel sein muss. Wir verbinden mit den Farben der Natur eine tiefgreifende

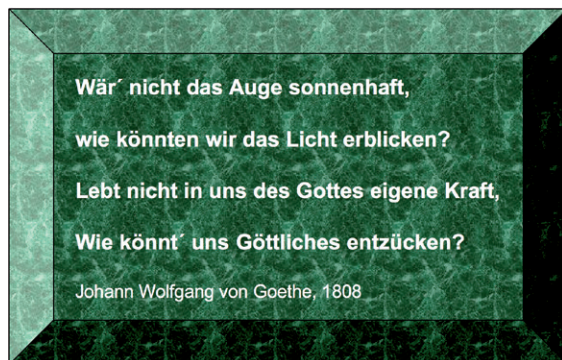


Abbildung 22: Goethes Prosa über die Farbwahrnehmung.

psychologische Bedeutung. Psychologen vermögen mit unserem Farbbempfinden Charakterzüge abzuleiten, wie Prof. Dr. Max Lüscher [9] und Dr. Heinrich Frieling [10] es mit ihren Persönlichkeits- und Eignungs-Tests zeigten.

Heilpraktikern gelingen mit dem Einsatz von Farben, wieder Jahrtausende alte Heilmethoden erfolgreich anzuwenden.

Und Marketing-Experten versuchen, die Lockmuster und Empfindungs-Vermittlung der Naturfarben immer wieder zur Steigerung der Aufmerksamkeit für ihre Produkte einzusetzen [11, 12].

Eine der schönsten Prosazeilen über unsere Farbwahrnehmung formulierte der „Dichterstür“ Johann Wolfgang von Goethe mit der Huldigung an unsere Augen (Abb. 22). Auch er war von den Farbbempfindungen fasziniert und verwies darauf in seinem Farbkreis. **CLB**

Literatur

[1] Dinort, G., Dinort R. „Praktische Farblehre und Gestaltung für Fliesenleger“, Verl.-Ges. Rudolf Müller, Köln (2001)

[2] Projektarbeit am Institut Dr. Flad, Stuttgart: „Naturstoffe als Indikatoren“ von Mara Heyer und Katrin Wittwer, Schuljahr 2005/06

[3] <http://de.wikipedia.org/wiki/Karminsäure>

[4] <http://de.wikipedia.org/wiki/Catechine>

[5] <http://de.wikipedia.org/wiki/Chlorophyll>

[6] <http://de.wikipedia.org/wiki/Indigo>

[7] Timothy H. Goldsmith, Vögel sehen die Welt bunter, in Spektrum der Wissenschaft, Januar 2007, S. 96-103

[8] Neely G. G., Hess a. et al. „A Genome-wide Drosophila Screen for Heat Nociception Identifies $\alpha 2\delta 3$ as an Evolutionarily Conserved Pain Gene“, Cell, Volume 143, Issue 4, 628-638, 12 November 2010

[9] Lüscher. M. „Das periodische System der Emotionen“ (PDF), Zeitschrift Ganzheitsmedizin, 2008, 20(6), Schweiz, S. 343–344

[10] Frieling, H., „Der Frieling-Test : ein Farbtest zur Charakter- und Schicksalsdiagnostik“, Göttingen, Frankfurt (Main), Zürich, Musterschmidt, 1974

[11] Hunkel, K., „Die Kraft der Farben“, Gräfe und Unzer Verl., München (1996);

[12] Gimbel, Th., „Heilen mit Farben“, AT-Verl., Aaram (Schweiz)

Basisreaktionen mit Alltagsprodukten

Vortrag und Workshop von Georg Schwedt

Eine „experimentelle Autorenlesung“ hielt Prof. Georg Schwedt am 6. Juli im Rahmen der Vortragsreihe zum Internationalen Jahr der Chemie am Institut Dr. Flad in Stuttgart ab. Seine wichtigste Anregung dabei: Zum Verständnis chemischer Vorgänge solle man das Denken in Gleichgewichten lernen.

Der Vortrag mit anschließendem Workshop lehnte sich an das allerneueste Schwedt-Buch an mit dem Titel: „Chemie querbeet und reaktiv – Basisreaktionen mit Alltagsprodukten“ an – ein weiterer Schritt in Richtung der 100. Buchveröffentlichung des CLB-Mitherausgebers, die wohl nicht mehr weit entfernt ist. Die Intention von Buch und Vortrag ist, Basischemie so einfach wie möglich, aber auch anschaulich mit Substanzen des täglichen Lebens zu vermitteln. Die demonstrierten Basisversuche entstammten den Bereichen Säure-Base-Reaktionen, Redoxreaktionen sowie Komplexbildungen. Immer wieder stellte Schwedt dabei die Verschiebung von Gleichgewichten in den Vordergrund.

Hier drei Beispiele der vorgeführten Versuche:

1. Säure-Base-Reaktion:

Rotkohlextrakt als Säure-Base-Indikator. Als Materialien kommen zum Einsatz: Rotkohlextrakt, Citronensäure, Natron, Soda, Rohrreiniger (mit NaOH), Plastikpipette, Schnapp-



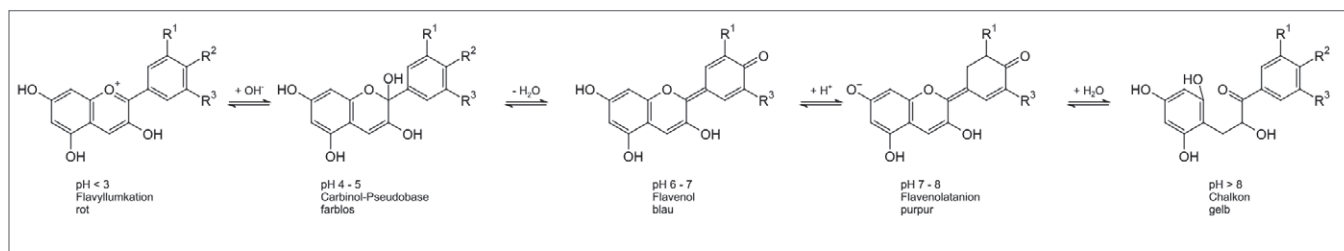
Prof. Georg Schwedt demonstriert die pH-abhängige Färbung von Rotkohlextrakt (Foto: Kickuth).

deckelgläser und Spatellöffel. Durchführung: Verdünntem Rotkohlextrakt in vier Gläsern wird jeweils ein kleiner Spatellöffel Citronensäure, Natron, Soda bzw. Rohrreiniger zugesetzt; bei den verschiedenen Zusätzen ändert sich die Farbe, warum? Der Anthocyanfarbstoff Rubrobrassin im Rotkohlextrakt wirkt als Säure-Base-Indikator. Von Rot (Citronensäure) bis Blau (Natron) finden im pH-Bereich 2 bis 7 Ionenreaktionen statt (Abbildung unten). Bei höherem pH-Wert (Soda: grün bzw. Natriumhydroxid: gelb) erfolgt eine Öffnung des Sauerstoffringes am Anthocyanmolekül. Grün ist eine Mischfarbe aus Blau und Gelb, d.h. bereits in sodaalkalischer Lösung beginnt die Ringöffnung. Bis zu einem pH-Wert von 7-8 (Na-

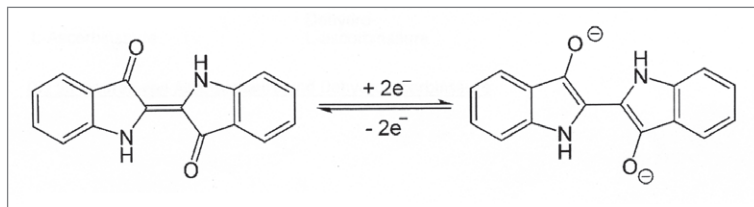
tron) ist die Reaktion reversibel. Insgesamt ist ein Rotkohlextrakt als pH-Indikator gut geeignet.

Schwedt fand bei dem Versuch eine Verbindung zu einem späteren Teil seines Vortrags und lüftete das Geheimnis blauer Hortensien. Bei Hortensien (*Hydrangea* sp.) sind die Kelchblätter gefärbt, normalerweise rot. Setzt man diese jedoch in aluminiumhaltige Blumenerde, bildet sich ein Aluminiumkomplex des Anthocyan Delphinidin. Die Komplexbildung der Metallionen führt zu einer Verschiebung der Lichtabsorption, sodass Hortensien in aluminiumhaltiger Blumenerde blau blühen – allerdings auch nur, wenn sie das Aluminium auch aufnehmen können. Und das wiederum passiert am besten um pH 3,5 herum. Rote Kelch-

Strukturänderungen von Rubrobrassin ($R^2 = OH$) in Abhängigkeit vom pH-Wert (Abb.: Roland Mattern).



Reduktion von Indigo zur Leukobase.



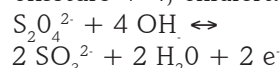
blätter wachsen bei höheren pH-Werten. Blaue Kelchblätter enthalten mehr als 100 ppm, rote weniger als 50 ppm Al^{3+} . In blauen Blüten nimmt der Aluminiumgehalt mit der Blühdauer zu, in den roten bleibt er konstant (Foto unten).

2. Redoxreaktion: Wirkung von Dithionit im Entfärber als Reduktionsmittel. Zu den Standardmaterialien kommen noch Indigokarmin, das z. B. in Os-

tereierfarben enthalten ist und reduzierendes Bleichmittel mit Dithionit. Eine sehr geringe Menge an Indigokarmin wird in destilliertem Wasser gelöst. Falls die Lösung zu konzentriert ist, wird sie verdünnt. Dann fügt man in kleinen Portionen jeweils wenig an Bleichmittel hinzu, rührt jeweils um und wartet vor der nächsten Zugabe ab, ob eine Farbveränderung eintritt. Dann taucht man

ein Stück zusammengedrehtes, saugfähiges Papier in die Lösung, zieht es heraus und schüttelt es an der Luft.

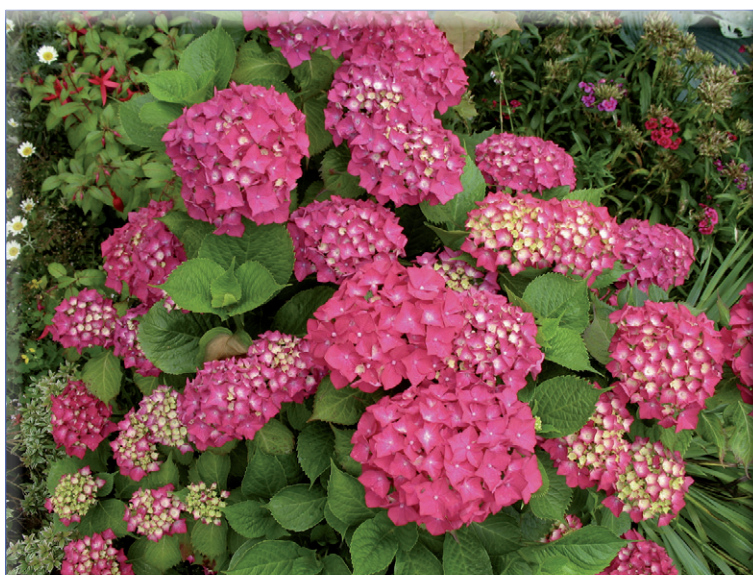
Es erfolgt infolge der Reduktion des Indigokarmins (Indigo-5/5'-disulfonsäure) analog des Indigos die Bildung der Leukobase (gelb; Abbildung oben). Dabei wird das Dithionion $\text{S}_2\text{O}_4^{2-}$ in alkalischer Lösung mit der formalen mittleren Oxidationsstufe des Schwefels von +3 zum Sulfit-ion (SO_3^{2-} , Oxidationsstufe + 4) oxidiert:



Die vom Papier aufgesaugte Leukobase wird durch den Luftsauerstoff wieder zum Indigofarbstoff oxidiert.

3. Komplexbildung: Eisen-Tartrat-Komplex – Bildung im Weinstein-Backpulver. Als Materialien kommen zum Einsatz: klassisches Backpulver, Weinsteinbackpulver und eine Eisen(III)-salzlösung ca. 5 %ig. In jeweils einem Glas wird der Boden mit Backpulver bedeckt. Nach der Zugabe von wenig destilliertem Wasser fügt man einige Tropfen (gleiche Anzahl) an Eisensalz-Lösung hinzu.

Man beobachtet kleine Gasblasen und nur in der Suspension des Weinsteinbackpulvers eine deutliche Gelbfärbung nach dem Zutropfen der Eisen(III)salz-Lösung, die nach einiger Zeit schwächer wird. Es entsteht zunächst ein gelb gefärbter Tartratkomplex des Eisens. Infolge der Entstehung von Kohlenstoffdioxid aus der Reaktion im Backpulver (saurer Salz der Weinsäure und Natron) ändert sich der pH-Wert, und es findet eine Verschiebung des Gleichgewichtes zwischen Citrationen und undissoziierter Citronensäure statt. Da die Konzentration an komplexbildenden Citrationen abnimmt, verringert sich auch die Gelbfärbung (Konzentration der komplexgebundenen Eisen(III)-Ionen). RK



Eine Frage von pH-Wert und der Ausbildung von Anthocyan-Aluminium-Komplexen: Gartenhortensie mit roten und blauen Kelchblättern (Fotos: Marc Ryckaert).

Damit die Blutgerinnung im grünen Bereich bleibt

Biosensor auf Basis von Aptameren überwacht Gerinnungsfaktoren bei OPs

Gerinnungsforscher des Universitätsklinikums Bonn und Wissenschaftler des Life and Medical Sciences Instituts (LIMES) der Universität Bonn entwickelten gemeinsam einen biologischen Sensor, der direkt die Menge an Thrombin im Blut feststellen kann. Er arbeitet auf Basis von Aptameren (siehe dazu auch in dieser CLB den Artikel ab Seite 288).

Das Ausmaß der Blutgerinnung ist von Mensch zu Mensch verschieden und kann bei Operationen zu Problemen führen. Ist die Gerinnung zu gering, sind Blutungen eine mögliche Folge. Eine überschießende Blutgerinnung kann dagegen das Risiko für einen Schlaganfall. Mit dem neuen Biosensor lässt sich der Gerinnungsstatus während eines Eingriffs überwachen. Eine Diagnostikfirma will den Biosensor nun auf den Markt bringen.

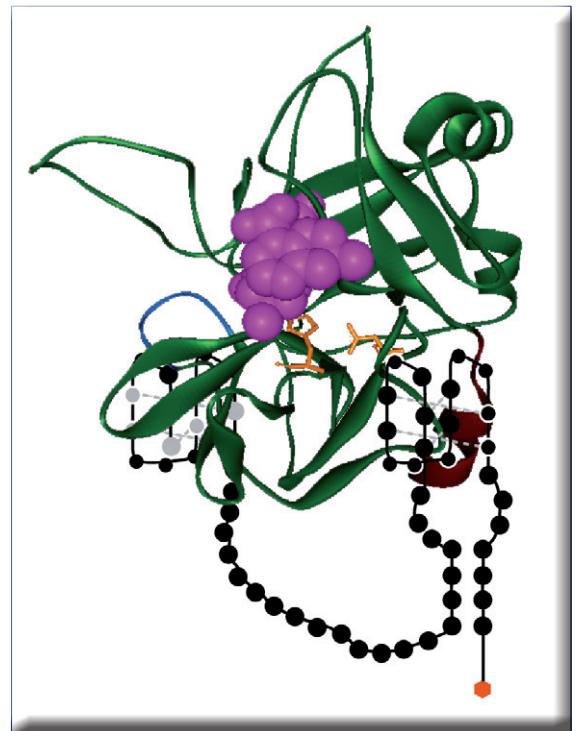
Wenn sich ein Mensch zum Beispiel mit einem Messer am Finger verletzt, wird über ein ausgefeiltes Signalsystem im Körper die Blutgerinnung aktiviert. Das Protein Thrombin ist ein wichtiger Blutgerinnungsfaktor. Es wandelt im Körper Fibrinogen in Fibrin um, das wie ein Klebstoff die Wunde verschließt.

Allerdings muss das Thrombin in einer Art Regelkreis fein justiert werden. Ein Zuviel des Enzyms kann zu gefährlichen Blutgerinnungen führen, die etwa einen Herzinfarkt, einen Schlaganfall oder eine Lungenembolie auslösen. Ist dagegen zu wenig Thrombin vorhanden, kann dies Blutungen zur Folge haben. Beides ist bei einer Operation unerwünscht. Deshalb ist es sehr wichtig zu wissen, wie viel Thrombin sich im Blut eines Patienten befindet. Liegt die Menge dieses Gerinnungsfaktors nicht im grünen Bereich, kann der Sollwert kurzfristig mit Medikamenten eingestellt werden.

Bisher konnten nur verwandte Substanzen des Thrombins nachgewiesen werden, die aber nicht so aussagekräftig für den Gerinnungsstatus sind. Das soll der neue Biosensor ändern.

Die Wissenschaftler verwenden für ihn Aptamere, die gezielt das Thrombin wie in einen Käfig einfangen und damit der Analyse mit herkömmlichen Untersuchungsgeräten zugänglich machen. Bei dem Aptamer handelt es sich um Desoxyribonukleinsäure – also eine Abwandlung der DNS, wie sie auch in menschlichem Erbgut vorkommt. Das spezielle Aptamer, das auch Oligonukleotid-Anker genannt wird, fängt ausschließlich das Thrombin ein. Dass damit eine sehr exakte Bestimmung des Blutgerinnungsstatus während einer Operation möglich ist, stellten die Forscher zusammen mit Ärzten der Bonner Universitätsklinik und Poliklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie bei der Implantation künstlicher Hüftgelenke unter Beweis.

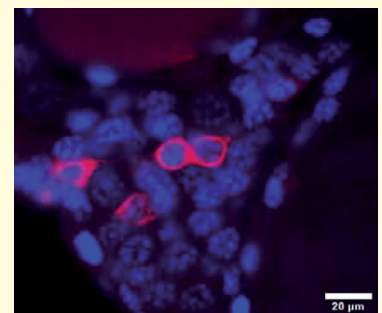
Die Wissenschaftler ließen sich das Verfahren patentieren. Das Unternehmen American Diagnostica, das zur Sekisui-Gruppe in Tokyo (Japan) gehört, will das Testsystem nun auf den Markt bringen.



Ein spezielles Aptamer fängt das für die Blutgerinnung entscheidende Thrombin ein (Grafik: Angewandte Chemie/Wiley-VCH).

Epo regeneriert Heuschrecken-Neuronen

Das Hormon Erythropoietin (Epo) regt nicht nur die Bildung roter Blutkörperchen an und verhilft Sportlern als Dopingmittel zu unerlaubten Höchstleistungen. Es schützt auch Nervenzellen bei einem Schlaganfall und unterstützt die Regeneration geschädigter Nervenzellen. Neueste Forschungen zeigen: Das funktioniert auch bei Insekten. Wissenschaftler der Universität Göttingen und des Göttinger Max-Planck-Instituts für Experimentelle Medizin haben die schützenden und regenerierenden Effekte von Epo erstmals im Nervensystem von Heuschrecken nachgewiesen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass das Epo-Signalsystem bereits im letzten gemeinsamen Vorfahren von Menschen und Insekten vor etwa 500 bis 600 Millionen Jahren vorhanden war und dort als Abwehrmechanismus gegen verschiedene Gewebeschädigungen fungierte. Bislang waren die positiven Effekte des Hormons, das beim erwachsenen Menschen hauptsächlich in der Niere, aber auch in anderen Organen einschließlich des Nervensystems produziert wird, ausschließlich bei Wirbeltieren bekannt. Bei ihren Versuchen mit Zellkulturen von Heuschrecken stellten die Wissenschaftler jedoch fest, dass Epo auch bei diesen Tieren das Überleben und die Wiederherstellung von Zellfortsätzen (Axonen und Dendriten) einzelner Nervenzellen fördert. Darüber hinaus erhöht das Hormon die Toleranz der Nervenzellen gegenüber Sauerstoffmangel. Die Forscher fanden außerdem heraus, dass Epo die Heilung von durchtrennten Hörnerven unterstützt, was zu einer schnelleren und vollständigeren Wiederherstellung des Hörvermögens führt. Das Bild zeigt Nervenzellen in einem Heuschreckengehirn, die durch einen Antikörper gegen menschliches Epo rot fluoreszierend markiert wurden; die blaue Färbung markiert die Zellkerne (Abb.: Uni Göttingen).



Elf Minuten für ein 3-Billionen-Teilchensystem

Verbesserter Algorithmus für chemische Reaktionen, kosmische Simulationen...

Mit einer verbesserten Methode lassen sich Computersimulationen entscheidend beschleunigen. Während eines Tests mit dem Jülicher Supercomputer „Jugene“ berechneten die Forscher ein System aus über drei Billionen Teilchen – genau 3 011 561 968 121 – in gut elf Minuten, Weltrekord!

Bei dem Verfahren handelt es sich um die optimierte Form eines der Top 10-Algorithmen für wissenschaftliche Simulationen, der „schnellen Multipol-Methode“ (FMM, Fast Multipole Method).

Die schnelle Multipol-Methode dient generell dazu, räumlich unbegrenzt wirkende Wechselwirkungen zwischen Teilchen zu berechnen. Dazu zählen die in der Praxis häufig wichtigsten

physikalischen Kräfte: die Gravitation und die elektromagnetische Wechselwirkung, der Grundlage für die Ausbreitung von Licht, Elektrizität, chemische Reaktionen und den Aufbau von Feststoffen, Molekülen und Atomen. Da in solchen Systemen jedes Teilchen mit jedem anderen wechselwirkt, steigt die Gesamtanzahl aller zu berücksichtigenden Wechselwirkungen quadratisch an und nimmt schnell extreme Ausmaße an.

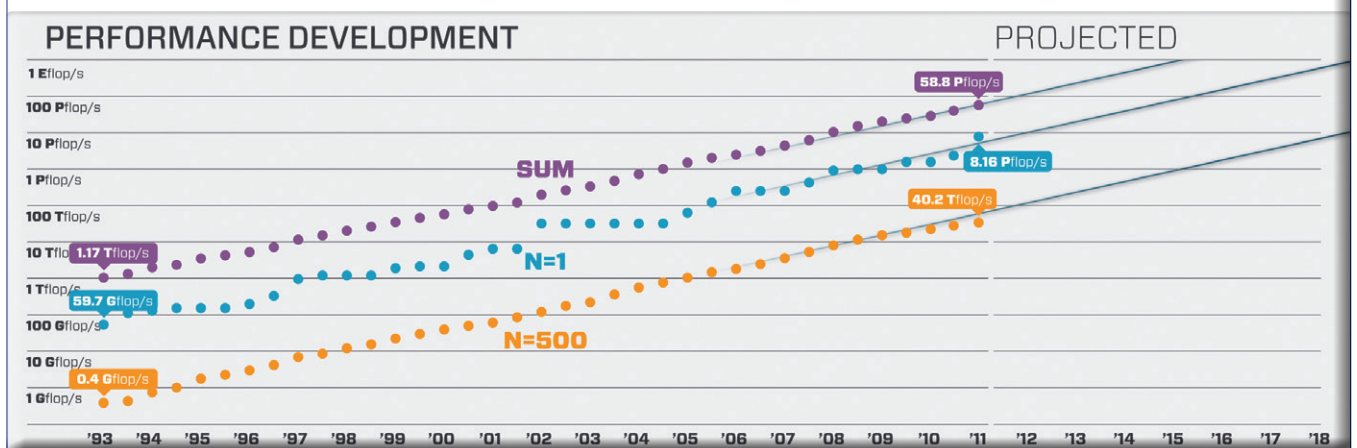
Wollte man die Wechselwirkungen zwischen drei Billionen Teilchen direkt berechnen, würde ein Superrechner wie Jugene mit seinen 294 912 Prozessoren für einen einzigen Durchgang 32 000 Jahre benötigen. Ein gewöhnlicher PC wäre sogar eine Milliarde Jahre lang beschäftigt. Mit Hilfe der schnellen Multi-

pol-Methode lassen sich weit entfernte Teilchen zu Clustern zusammenfassen, die durch Multipol-Momente beschrieben werden. So müssen nicht mehr alle Wechselwirkungen einzeln berechnet werden, was die Rechenzeit mit dem in Jülich optimierten Algorithmus auf Deutschlands schnellstem Superrechner auf 695 Sekunden verkürzte.

Die jetzt durchgeführte Optimierung des FMM-Algorithmus zielt auf effektive Speichernutzung ab. Superrechner wie Jugene haben trotz ihrer extremen Rechenleistung häufig relativ kleine Speicher pro Prozessor, in der Regel weniger als ein PC. Deshalb ist die Teilchenanzahl eher durch den Speicher als durch die Prozessorleistung beschränkt.

„Jugene“ am Forschungszentrum Jülich ist der schnellste Supercomputer Deutschlands und war vor einem Jahr noch der Fünftschnellste der Welt. Jetzt musste er die Top 10-Liste verlassen, liegt noch auf Platz 12. Mit der zweithöchsten Leistungssteigerung in der Geschichte der Top500-Supercomputerliste verdrängte im Juni der japanische Rechner K den chinesischen Rechner Tianhe-1A von Platz eins der Liste. Zudem ist er – anders als viele Grafikprozessor-basierte Supercomputer – ein Allzweckrechner. Nur vor neun Jahren legte ein Rechner einen noch höheren Leistungssprung hin: Der ebenfalls in Japan gebaute „Earth Simulator“. Der neue K-Rechner benötigt mit 10 MW Leistung nur halb soviel Energie wie der Earth Simulator, der jedoch 230 Mal langsamer rechnete... K steht übrigens im Japanischen für Kei, das bedeutet 10¹⁶ und soll die beabsichtigte Leistung von 1-Kei-Flops bzw. 10 Petaflops nennen, die man wohl im nächsten Jahr erreicht. Folgt man der Statistik unten, sollte 2018 die Exaflops-Grenze überschritten werden, d.h. mehr als 10¹⁸, also eine Trillion Rechenoperationen pro Sekunde ausgeführt werden können (Abb.: top500.org).

1	K Computer SPARC64 VIIIfx 2.0GHz, Tofu interconnect	RIKEN	Japan	548,352	8.16
2	Tianhe-1A 6-core Intel X5670 2.93 GHz + Nvidia M2050 GPU w/custom interconnect	NUDT/NSCC/Tianjin	China	186,368	2.56
3	Jaguar Cray XT-5 6-core AMD 2.6 GHz w/custom interconnect	DOE/SC/DRNL	USA	224,162	1.76
4	Nebulae Dawning TC3600 Blade Intel X5650 2.67 GHz, NVidia Tesla C2050 GPU w/ lband	NSCS	China	120,640	1.27
5	Tsubame 2.0 HP Proliant SL390s G7 nodes (Xeon X5670 2.93GHz), NVIDIA Tesla M2050 GPU w/lband	TiTech	Japan	73,278	1.19



Zur Optimierung entwickelte man einen neuen Algorithmus zur automatischen Fehlerkontrolle und Rechenzeitminimierung. Dieser reduziert den Speicherbedarf und beschleunigt die Rechnung. Die benötigte Rechenzeit hängt von drei verschiedenen Parametern ab, die sich gegenseitig beeinflussen und im Prinzip fortlaufend neu angepasst werden müssten. Durch eine unzureichende Anpassung dieser Parameter kann sich die Rechenzeit schnell um das Zehnbis Hundertfache erhöhen. Besonders die Anwender werden deshalb von der einfachen Handhabbarkeit der verbesserten Methode profitieren. Denn die verbesserte FMM stellt alle Parameter automatisch fortlaufend optimal ein und erlaubt so einen

einfacheren Zugang zum Algorithmus.

Neben dem FMM – entwickelt 1987 – zählen zu den Top 10-Algorithmen für wissenschaftliche Simulationen auch die Monte-Carlo-Methode ((1946) und die Fast Fourier Transformation (1965). Aufgestellt wurde die Liste von SIAM (Society for Industrial and Applied Mathematics) mit über 13 000 und über 500 institutionellen Mitgliedern.

Die in Zusammenarbeit mit dem Argonne National Laboratory (ANL) und der TU Chemnitz entwickelte Bibliothek ist ab sofort frei verfügbar; die Wissenschaftler Ivo Kabadshow und Holger Dachsel vom Jülich Supercomputing Centre (JSC) stellen den Quellcode für interessierte Anwender bereit.

		Anzahl Prozessoren	
		1	294.912
Methode	FMM	220 Tage	11 Minuten
	Direkt	1 Milliarde Jahre	32.000 Jahre
		PC	JUGENE

Vergleich unterschiedlicher Methoden: Um ein System aus drei Billionen Teilchen direkt zu berechnen, würde ein gewöhnlicher PC eine Milliarde Jahre benötigen. Mit der Jülicher FMM schaffte er es dagegen in 220 Tagen. Deutschlands schnellster Rechner Jugene war sogar schon nach gut elf Minuten fertig (Abb.: FZ Jülich).

Aus Fett wird Zucker

Neue Stoffwechselsimulationen zeigen die Wege

Zuviel Süßigkeiten werden im Körper in Fett umgewandelt. In einer Computersimulation wurde jetzt nachgewiesen, dass aus Fett unter bestimmten Umständen auch Zucker werden kann.

Fettsäuren in Traubenzucker auf dem selben Weg wie bei der Umwandlung von Zucker in Fettsäuren zurück zu verwandeln, ist nicht möglich, da einige Reaktionen aus energetischen Gründen nur vom Zucker zum Fett verlaufen können. Dass es keinen anderen Weg im damals bekannten Teil des Metabolismus gibt, wurde in den 1950er Jahren gezeigt. Damals konnte man jedoch nicht die komplexen biochemischen Wege untersuchen, die sich durch die heutige Computerleistung erschließen lassen. Durch die modernen Verfahren der Biochemie, Genomsequenzierung und Bioinformatik ist es in den letzten Jahren möglich geworden, praktisch das gesamte Netz der biochemischen Reaktionen aus verschiedenen Organismen im Computer zu speichern und mit schnellen Algorithmen zu analysieren.

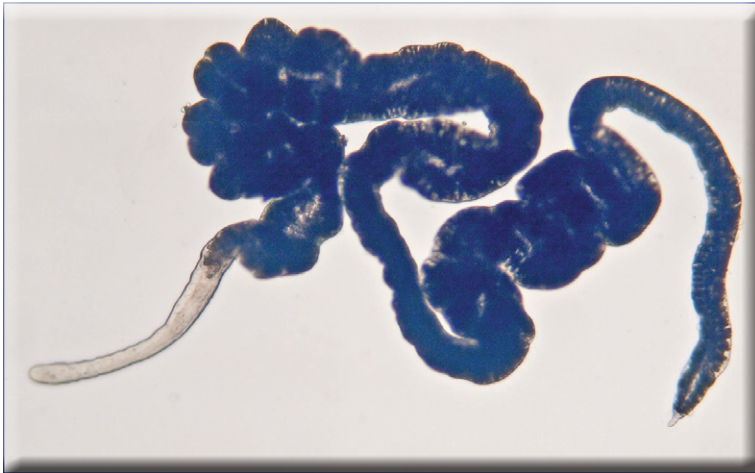
Dies haben Bioinformatiker um Prof. Christop Kaleta von der Universität Jena mit Unterstützung des Jenaer Ernährungswissenschaftlers Prof. Michael Ristow getan. Ihr Ergebnis: Es gibt, zumindest prinzipiell, mehrere sehr verschlungene Wege, auf denen Menschen die Umwandlung von Fett in Zucker vollziehen können. Eine Schlüsselrolle spielt dabei Aceton, ein Abbauprodukt von Fett. Kinder riechen nach Aceton, wenn sie einige Zeit nichts gegessen haben. Bisher glaubte man, dass das Azeton abgeatmet und über den Urin ausgeschieden wird. Die Ergebnisse der Computersimulationen deuten aber darauf hin, dass es teilweise – wenn auch langsam – in Zucker umgewandelt werden kann.

Diese Ergebnisse sind von Bedeutung für das Verständnis, wie Menschen und Tiere längere Zeit ohne Zufuhr von Kohlenhydraten überleben können, wie es etwa bei der traditionellen Ernährung der Eskimos oder während des Winterschlafes von verschiedenen Säugetieren vorkommt.

γ -Azidoaldehyde bilden keine Oxatriazole

γ -Azidoaldehyde bilden keine Oxatriazole. Das zeigen neue quantenchemische Berechnungen. Oxatriazole sind zyklische Moleküle, die drei Stickstoff und ein Sauerstoffatom in einem fünfgliedrigen Ring enthalten. Sie gehören zur Substanzklasse der Heterozyklen und sind für Chemiker aufgrund ihrer biologischen und pharmazeutischen Aktivität hoch interessant. Nachdem die Chemiker auf Ungereimtheiten bei der Interpretation von spektroskopischen Daten stießen, und sie die o.g. Substanzen nach einem bereits 2002 veröffentlichten Artikel nicht reproduzieren konnten, beschloss man am Max-Planck-Institut für Eisenforschung, der Sache mit Hilfe der Quantenchemie auf den Grund zu gehen. Es zeigte sich, dass das eigentliche Zielprodukt, jenes Oxatriazol, gegenüber den Ausgangsverbindungen thermodynamisch nicht bevorzugt und daher auch nicht gebildet wird. Zusätzlich berechnete man die NMR-Signale der Kohlenstoffatome, welche zeigten, dass vermutlich ein Nebenprodukt der Reaktion fälschlicherweise mit dem vermeintlichen Produkt identifiziert wurde. Das Bild in diesem Kasten zeigt 1,2,3,4-Oxatriazol-5-Amin.

Uralte Symbiose von Tieren und Bakterien entdeckt Mund- und darmloser Plattwurm Paracatenula lebt durch Alpha-Proteobakterien



Plattwurm aus dem Belize Barriere Riff in der West-Karibik. Die symbiotischen Bakterien erscheinen schwarz im hinteren Bereich des ca. sechs Millimeter langen Wurms (Abb.: Harald Gruber-Vodicka).

Der im Sand lebende Plattwurm Paracatenula hat das Alpha-Proteobakterium „Riegeria“ als Partner. Mit dieser Erkenntnis erweitert sich das Wissen um symbiotische Lebensgemeinschaften.

Seichte marine Sandböden wirken oberflächlich oft wüstenhaft leer, aber im Lückenraumssystem zwischen den Sandkörnern tummeln sich unzählige Lebewesen. Neben Bakterien und Einzellern halten sich vielfältige Tierstämme dort auf. Einer der seltsamsten Vertreter dieser Sandlückenfauna ist Paracatenula, ein wenige Millimeter langer, mund- und darmloser Plattwurm, der sowohl in tropischen Meeren als auch im Mittelmeer vorkommt.

Schon bei der Entdeckung von Paracatenula in den frühen 1970er Jahren war es ein Rätsel, wie sie sich ohne Mund und Darm ernähren können. Die Idee zur Erklärung kam dann aus einer überraschenden Ecke: Bei heißen Quellen in der Tiefsee hatte man ebenfalls Mundlose, jedoch über einen Meter große Riesenröhrenwürmer entdeckt. Diese leben – wie Paracatenula

– auch in einer Symbiose mit intrazellulären Bakterien, die Schwefelverbindungen oxidieren. Die daraus gewonnene Energie verwenden die Symbionten, also die kleineren Partner der Symbiose, um – so wie Pflanzen mit dem Sonnenlicht – anorganischen Kohlenstoff zu Biomasse aufzubauen. Durch die hohe Produktivität der Symbionten können sich ihre Wirte komplett von ihnen ernähren.

Bislang nur zwei Klassen von Symbionten

In den letzten Jahren hat man bei Vertretern verschiedener Tiergruppen in vielen anderen Lebensräumen Symbiosen dieser Art gefunden. Während allerdings die Diversität der beschriebenen Wirte stetig zunahm, war die Diversität der Symbionten bisher auf zwei Klassen, die Gamma- und Epsilon-Proteobakterien, beschränkt.

Eine der großen Überraschungen bei den Forschungsarbeiten war, dass die Symbionten von Paracatenula zwar Schwefeloxidierer sind, jedoch zu den Alpha-Proteobakterien gehören. In diese Klasse fallen andere wichtige intrazelluläre Symbionten, allen voran die Mitochondrien, die als Kraftwerke aus den Zellen aller höheren Lebewesen nicht wegzudenken sind. Auch die Stickstoff fixierenden Knöllchenbakterien der Leguminosen, aber auch gefährliche Krankheitserreger wie die Erre-

ger des Fleckfiebers gehören in diese Klasse. Studien der letzten Jahre zeigten immer deutlicher, dass die Mechanismen in symbiotischen und pathogenen Beziehungen ähnlich oder sogar identisch sind. Hier könnten sich bei zukünftigen Projekten mit Paracatenula und ihren Riegeria genannten Symbionten grundlegende Einsichten ergeben, welche Mechanismen es Alpha-Proteobakterien mehrfach erlaubt haben, eine intrazelluläre Lebensweise zu etablieren.

Ein weiteres faszinierendes Detail an der Paracatenula-Riegeria-Symbiose ist, dass die Symbionten, die in spezialisierten Zellen, den Bakteriozyten, leben, bis zu 50 Prozent des Gesamtgewebes ausmachen. Das ist deutlich mehr als in allen anderen bekannten Symbiosen zwischen Tieren und Bakterien.

500 Millionen Jahre Partner

Mit aus Gensequenzen der Symbionten abgeleiteten Bakterienstammbäumen führten die Forscher eine grobe Altersbestimmung der Symbiose durch. Erstaunliches Ergebnis: Die beiden Partner sind schon seit geschätzten 500 Millionen Jahren miteinander unterwegs, länger als jede andere bekannte Symbiose zwischen Tieren und Bakterien.

Der Vergleich der Bakterienstammbäume mit den Wurmstammbäumen brachte noch eine zusätzliche Finesse ans Tageslicht – die Würmer geben seit Urzeiten ihre Symbionten an ihre Nachkommen weiter, ohne jemals den Symbionten gewechselt zu haben. Wie diese Weitergabe funktioniert, wird momentan in der Arbeitsgruppe des Meeresbiologen Jörg Ott untersucht, Professor am Department für Meeresbiologie der Universität Wien.

Epigenetik: Gewalt an Schwangeren verändert Genetik der Kinder

**Zu CLB 05/2010, 198-203:
RNA-Editing erhöht
die Proteinvialfalt**

Wenn Mütter in der Schwangerschaft häusliche Gewalt erfahren und somit fortgesetzt einem starken Stress-Erleben ausgesetzt sind, verändert dies die genetische Veranlagung des Kindes und lässt es in seinem späteren Leben anfälliger für Stress und psychische Erkrankungen werden. Was von Wissenschaftlern bereits aus Studien mit Mäusen vermutet wurde, konnte eine Zusammenarbeit von Psychologen und Biologen der Universität Konstanz erstmalig auf molekularer Basis beim Menschen nachweisen. Die Arbeitsgruppen des Psychologen Prof. Thomas Elbert und des Evolutionsbiologen Prof. Axel Meyer zeigten auf, dass eine andauernde Bedrohungssituation bei einer Schwangeren eine epigenetische Veränderung im Glucocorticoid Rezeptor-Gen des Kindes bewirkt – einer Erbanlage, die mit Verhaltensauffälligkeiten und der

Anfälligkeit für seelische Erkrankungen in Zusammenhang gebracht wird.

Nachgewiesen werden konnten Veränderungen in den Methylierungsmustern der DNA, was Folgen auf die Entwicklung des Kindes haben kann. Das Glucocorticoid Rezeptor-Gen ist ein Rezeptor des Stresshormons Cortisol und dient als eine Art Schaltstelle im Hormonsystem. Es ist eine Schnittstelle für die Auswirkungen von Hormonen auf Hirnfunktionen – wie zum Beispiel die Reaktion auf Stressoren – und beeinflusst damit die Stressempfindlichkeit eines Menschen wie auch seine Anfälligkeit für psychische Störungen. Die Konstanzer Forscher konnten einschlägige Veränderungen in dem Gen bei zehn- bis neunzehnjährigen Kindern vorfinden, deren Mütter in der Schwangerschaft häuslicher Gewalt ausgesetzt waren. Man analysierten die Strukturen des Rezeptor-Gens bei 25 Müttern und deren Kindern.

Ursprung des Lebens: RNA ohne Enzymhilfe effizient abgelesen

**Zu CLB 02/2006, 58-63:
Ursprung des Lebens – Moleküle, die sich selbst vermehren**

Wissenschaftler konnten nachweisen, dass die RNA auch ohne Enzyme effizient abgelesen werden kann, wenn sie auf Oberflächen festgehalten wird. Bei ihren Experimenten versuchten Chemiker um Prof. Clemens Richert von der Uni Stuttgart die Reaktionen in einer frühen Phase der Evolution nachzubilden, in der noch keine Zellen existiert haben. Kurze RNA-Stränge, die durch Polymerisationsvorgänge auf Mineraloberflächen hätten entstanden sein können, banden die Wissenschaftler an magnetische Eisenoxid-Partikel. Die festgehaltenen Stränge umspülten sie täglich mit einer frischen Lösung, in der die RNA-Bausteine für die Verlängerung eines kurzen Gegenstranges – quasi die Buchstaben des genetischen Alphabets – schwammen. Die Ausbeute an neu eingelagerten „Buchstaben“ des Gegenstranges war selbst dann noch hoch, wenn ein

„Buchstabe“ eingebaut werden musste, der ohne Enzymhilfe nur schwach an die RNA-Matrize bindet. Bisher hatten Wissenschaftler stets beobachtet, dass die enzymfrei ablaufenden Reaktionen für natürliche RNA irgendwann zum Erliegen kommen. Die Stuttgarter konnten dieses Phänomen ebenfalls registrieren, wenn die RNA-Stränge nicht an eine Oberfläche gebunden waren, sondern mit den RNA-Bausteinen frei in der Lösung schwammen. Der Grund: die einzelnen Bausteine zerfallen langsam und die Zersetzungsprodukte blockieren zunehmend die Ablesereaktion. Die jetzt veröffentlichten Experimente fanden zwar nur an Sequenzen statt, die keine Gene darstellen, sie stützen aber die Hypothese von der RNA als Urbaustein bei der Entstehung des Lebens. Jetzt will man längere RNA-Sequenzen studieren und noch mehr Einzelschritte in der Entstehung doppelsträngiger RNA in einem einzigen Experiment anstoßen.

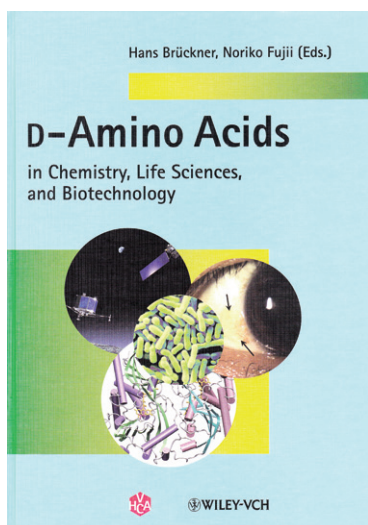
Mitochondrien-Genom mutiert bei Reprogrammierung

**Zu CLB 05/2009, 176-182:
Umwandlung von Körperzellen
zu pluripotenten Zellen**

Auf induzierten pluripotenten Stammzellen (iPS-Zellen) ruhen viele Hoffnungen. Doch bergen die vielversprechenden Zellen auch Gefahren: Während der Umprogrammierung der Körperzellen können krankheitsauslösende Mutationen auftreten. Das genetische Material in den Mitochondrien ist generell besonders anfällig für Veränderungen im genetischen Code. Eine Zusammenarbeit zwischen zwei Arbeitsgruppen am Max-Planck-Institut für molekulare Genetik in Berlin hat nun im Mitochondrien-Genom von iPS-Zellen nach Mutationen gefahndet. Zunächst wurde herausgefunden, dass sich die Mitochondrien im Zuge der Reprogrammierung

verjüngen. Jetzt konnte man zeigen, dass bei allen reprogrammierten Zellen genetische Veränderungen im Mitochondrien-Genom vorhanden sind, die in den Ursprungszellen nicht vorhanden waren. Das Ausmaß der Mutationen variierte dabei stark zwischen den einzelnen überprüften iPS-Zelllinien. Die Veränderungen betrafen in allen Fällen einzelne Buchstaben im genetischen Code. Die Ursache, dass das mitochondriale Erbgut so mutationsanfällig ist, liegt unter anderem darin, dass Mitochondrien nicht über die ausgeklügelten molekularen Reparaturmechanismen des Zellkerns verfügen. Fazit: Zelllinien, die für eine klinische Anwendung vorgesehen sind, sollten daher unbedingt auf solche Mutationen getestet werden.

D-Aminosäuren: selten im Rampenlicht, dennoch von großer Bedeutung



Hans Brückner, Noriko Fujii (Herausgeber): *D-Amino Acids in Chemistry, Life Sciences, and Biotechnology*; 392 Seiten; Verlag Helvetica Chimica Acta, Zürich/Wiley-VCH Verlag, Weinheim 2011; ISBN 978-3-906390-65-9; 139,00 Euro.

Aminosäuren mit D-Konfiguration werden selbst in umfangreichen Lehrbüchern der Biochemie nur kurz beschrieben; meist in Zusammenhang mit Peptid-Antibiotika oder Neurotransmittern sowie als molekulare Bausteine von Peptidoglycanen in Bakterien-Zell-

wänden. Um so mehr ist es zu begrüßen, dass hiermit eine Neuerscheinung vorliegt, in der nach einem bemerkenswert informativen Vorwort insgesamt 34 Original-Veröffentlichungen enthalten sind, jeweils mit vorangestellter Zusammenfassung, Einführung, theoretischem Teil mit Schlußfolgerungen, vielfach auch mit experimentellem Teil, und mit insgesamt 1372 Literatur-Angaben.

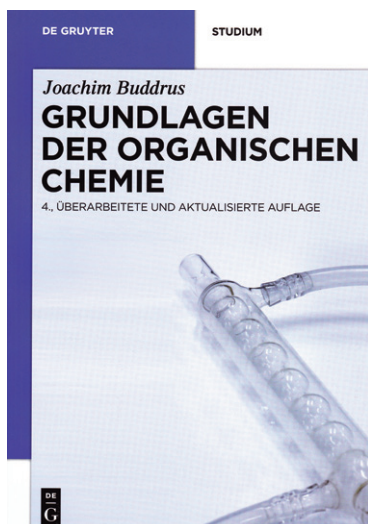
Das Werk gliedert sich in 5 Teile: (1) Transpeptidierung und Isomerisierung, (2) D-Aminosäure-Oxidase, (3) D-Aminosäuren auf den Gebieten Ernährung sowie Industrielle Verwendungen, (4) Aminosäure-Racemasen und Peptid-Isomerasen,

(5) Racemisierungs-Mechanismen, Chemie der D-Aminosäuren und Hydrophobizität von D-Aminosäure-Reste enthaltenden Peptiden.

Die meisten der in dieser Monographie zusammengestellten Beiträge sind aus Arbeitsgebieten, über die auf der „1. Internationalen Konferenz über D-Aminosäure-Forschung“ in Japan 2009 berichtet wurde. Das Werk enthält sowohl zahlreiche, aus speziellen Forschungsarbeiten hergeleitete Erkenntnisse als auch grundlegende Ausführungen wie: „D-Aspartat-Oxidase: Das einzige Enzym, das die Umsetzung von freiem D-Aspartat in Säugetieren katalysiert“; „Herkunft, Mikrobiologie, Bedeutung für die Ernährung und pharmakologische Eigenschaften von D-Aminosäuren“ (39 Seiten mit übersichtlichen Figuren und Tabellen sowie 263 Literatur-Angaben); „Natürliches Vorkommen und industrielle Verwendung von D-Aminosäuren: Ein Überblick (18 Seiten mit besonders umfangreichen Tabellen und 145 Literatur-Angaben)“.

Dieses aktuelle Werk erschließt den Zugang zu einer Vielfalt an Forschungsergebnissen, die auch im Hinblick auf das Verständnis für Entstehung und Verlauf altersbedingter Erkrankungen von Bedeutung sind. Es wird daher nicht nur für auf den genannten Gebieten tätige Arbeitsgruppen von erheblichem Nutzen sein, sondern es sollte zu einer lohnenden Neuanschaffung für jede interdisziplinär ausgerichtete Institutsbibliothek werden. *Dr. Dieter Holzner*

Organische Chemie – grundlegende Kenntnisse für ein Bachelor-Studium



Joachim Buddrus, unter Mitarbeit von Bernd Schmidt; *Grundlagen der Organischen Chemie*, 974 Seiten; De Gruyter Verlag, Berlin; 4. Auflage 2011; ISBN 978-3-11-024894-4; 49,95 Euro.

Die 4. Auflage dieses Lehrbuches, das sich als Einführung in die Organische Chemie bewährt hat, zeichnet sich durch gute Verständlichkeit und Übersichtlichkeit aus und hebt zudem durch eine Reihe von Exkursen die Bedeutung der Organischen Chemie für weitere Studienfächer, wie Biochemie,

hervor. Die insgesamt 30 Kapitel umfassen nach Lehrinhalten von grundlegender Bedeutung, wie Elektronenstruktur und Reaktivität von Kohlenstoffverbindungen (Kap. 1), Strukturaufklärung durch Spektroskopie (Kap. 2) und Stereoisomerie (Kap. 5), systematisch aufgebaute Ausführungen zu den jeweiligen Klassen organischer Verbindungen, wie Kohlenwasserstoffe (Kap. 3 und 4, ferner 6 mit 9 sowie 14 und 15), Alkohole (12), Ether (13), Carbonyl-Verbindungen (Kap. 17, 20 und 21), Carbonsäuren und deren Derivate (Kap. 18 und 19), Metallorganische Verbindungen (Kap. 16), Amine (Kap. 22), Phenole (Kap. 23), aromatische Heterocyclen (Kap. 24) und synthetische Polymere (Kap. 30).

Hinzu kommen Beschreibungen von Reaktionsmechanismen, wie Radikalische Substitution

(in Kap. 3), Elektrophile Additionen (in Kap. 6), Nucleophile Substitutionen (Kap. 10), Eliminierungen (Kap. 11) sowie Pericyclische Reaktionen (Kap. 29).

Nach diesen Lehrinhalten verbleibt für den Bereich der wichtigsten Klassen von Naturstoffen relativ wenig Raum. Hier ist das Kap. 27 „Aminosäuren, Peptide, Proteine“ mit 48 Seiten am umfangreichsten, gefolgt von Kap. 25 über Kohlenhydrate (einschl. einer Kurzfassung über Nucleinsäuren). Naturstoffe aus unterschiedlichen Verbindungsklassen, wie Terpene, Steroide, Alkaloide und Vitamine, findet man in Kap. 28, Lipide in Kap. 26.

Von erheblichem Nutzen sind die im fortlaufenden Lehrbuch-Text hellviolett unterlegten,

insgesamt 460 Aufgaben mit den Lösungen am Schluss des jeweiligen Kapitels, ferner die Zusammenfassungen nach bestimmten Kapitel-Abschnitten und insbesondere die *Exkurse*, wie zur Synthese des Vitamins A, des Konservierungsstoffs Sorbinsäure, des Süßstoffs Aspartam, des Aromastoffs Menthol sowie von Ascorbinsäure aus Glucose. Weitere Exkurse dienen dem Verständnis biochemischer Vorgänge, wie der Photochemie des Sehvorgangs, der Dehydrierung von Alkoholen und des Verlaufs von Aldol-Additionen in der lebenden Zelle.

Für Studierende der angesprochenen Zielgruppen (Chemie in Bachelor-Studiengängen oder als Nebenfach) ist dieses gut gestaltete Lehrbuch empfehlenswert. *Dr. Dieter Holzner*

Allgemeine Chemie – in beeindruckender Vielfalt als erweiterte Neuauflage

Michael Binnewies, Manfred Jäckel, Helge Willner, Geoff Rayner-Canham: *Allgemeine und Anorganische Chemie*; 880 Seiten; Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2. Auflage 2011, ISBN 978-3-8274-2533-1; 69,95 Euro; ISBN 978-3-8274-2744-1; 25,00 Euro (Bild-DVD mit allen Abbildungen und Tabellen; zusätzlich 151 Farbfotos).

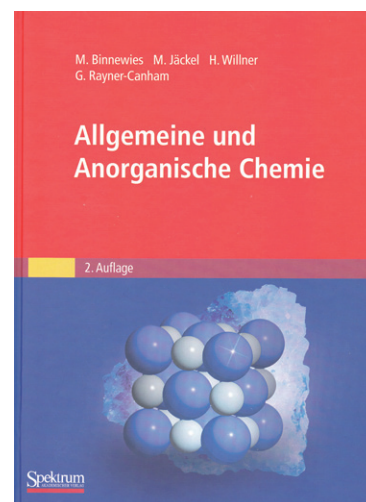
Die 2. Auflage des 2004 erschienenen Lehrbuches der Allgemeinen und Anorganischen Chemie zeichnet sich durch sehr gute Übersichtlichkeit und eine Reihe von Merkmalen aus, die den Lernerfolg sicherstellen. Außer den 25 Kapiteln umfasst das Werk einen aus drei Teilen bestehenden *Anhang*: (A) Einige Grundbegriffe der Physik, (B) Mathematische Grundlagen und (C) eine Datensammlung mit Tabellen über Enthalpien, Elektronenaffinitäten, Ionenradien und physikalische Eigenschaften anorganischer Stoffe und zur Löslichkeit anorganischer Verbindungen in Wasser. Hinzu kommen eine Zusammenstellung zu weiterführender Literatur, ein 20-seitiges Glossar und ein ausführlicher Index.

Auf eine angemessene Einführung über Reaktionsgleichungen, Größen und Einheiten und zur Nomenklatur folgen Kapitel über den Aufbau der Atome (2), das Periodensystem im Überblick (3) und die Arten der chemischen Bindung (4 mit 6). Danach werden die Thermodynamik anorganischer Stoffe (7) sowie Reine Stoffe und Zweistoffsysteme (8) besprochen. Weitere Lehrinhalte von grundlegender Bedeutung sind das Chemische Gleichgewicht (9), Säuren und Basen (10), Oxidation und Reduktion (11), Komplexreaktionen (12) und die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen (13).

Nach dem Kapitel über Wasserstoff (14) werden die Elemente der Gruppen 1 und 2 sowie

13 mit 18 des Periodensystems in den Kapiteln 15 mit 22 besprochen. Weitere Kapitel beinhalten eine Einführung in die Chemie der Übergangsmetalle (23), die Nebengruppenelemente (24) sowie Lanthanoide, Actinoide und Transactinoide (25). In den Kapiteln über Wasserstoff und die jeweiligen Gruppen chemischer Elemente tragen auch die Abschnitte „Die wichtigsten Reaktionen im Überblick“ zum Lernerfolg bei.

Am Ende jedes Kapitels sind *Übungen* (insgesamt 647) aufgeführt. Wie es im Vorwort heißt, stehen die ausführlichen Lösungen zu den Übungsaufgaben allen Lesern elektronisch über die Homepage des Verlages unter www.spektrum-verlag.de/978-3-8274-2533-1 zur Verfügung. Des Weiteren findet man dort insgesamt 151 Farbfotos von chemischen Elementen, Labor-Reagenzien und Mineralien. Die Kapitel enthalten insgesamt 91 *Exkurse* zu „fachübergreifenden Themen“, wie Ionische Flüssigkeiten, Infrarot- und Raman-Spektroskopie, Biominerale und Einlagerungsverbindungen. Ausführungen zur *Bioanorganischen Chemie* findet man in Kap. 3.7 sowie in zahlreichen Kapiteln unter „Biologische Aspekte“. Der Konzeption gerecht werdend ist dieses Lehrbuch für das Grundstudium der Chemie an Universitäten und Fachhochschulen besonders empfehlenswert. Die begleitend zum Lehrbuch angebotene *Bild-DVD* enthält sämtliche Abbildungen und Tabellen sowie die erwähnten Farbfotos. *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

Juli 2011

Mehr als Baum, Strauch und Gräser

**Funktionale Merkmale von 70 000 Pflanzenarten einheitlich abrufbar
Weltgrößte Datenbank zu Pflanzeigenschaften veröffentlicht**

Über 200 Wissenschaftler haben die weltgrößte Datenbank funktioneller Pflanzenmerkmale „TRY“ aus bisher 93 verschiedenen Datenbanken erstellt. TRY ist übrigens kein Akronym, sondern soll eher ein Ausdruck von Gefühlen sein...

Die Datenbank umfasst drei Millionen Einträge für rund 70 000 der 300 000 existie-

renden Pflanzenarten. Sie soll der Diversitätsforschung und den Erdwissenschaften als unentbehrliche Informationsquelle dienen.

Die globale Datenbank TRY soll nicht nur die Forschung zur Artenvielfalt revolutionieren, sondern auch in neuer Weise deutlich machen, dass Funktion und Nutzen von Ökosystemen nicht nur vom Artenreichtum

(Biodiversität) abhängt, sondern dass auch die Variation von Merkmalen zwischen den Arten (funktionelle Diversität) ein wesentlicher Einflussfaktor ist.

Erfasst wurden Merkmale zu den Schlüsselprozessen Wachstum, Verbreitung, Etablierung und Stresstoleranz. In dem gemeinsamen Projekt von 106 internationalen Forschungsinstituten sind wesentliche Eigenschaften von über 20 Prozent aller weltweit vorkommenden Pflanzenarten an einer Stelle zusammengefasst. Erste Auswertungen ergaben, dass die Pflanzen in ihren Eigenschaften variabler sind als bisher angenommen.

Pflanzenmerkmale, d.h. die morphologischen und physiologischen Eigenschaften einer Pflanze, entscheiden darüber, wie sich die Pflanzenart Ressourcen wie Licht, Wasser und Nährstoffe aus dem Boden erschließt, und an welchen Standorten sie wie schnell wächst. Pflanzenmerkmale haben auch Einfluss auf Eigenschaften von Ökosystemen wie Nährstoffkreislauf, Wassernutzung und Aufnahme von Kohlendioxid. Die Erfassung von Pflanzenmerkmalen in einer übergreifenden Datenbank kann die Erforschung der Aus-

Nicht nur Bäume, Sträucher, Gräser: Auch die Variation von Merkmalen zwischen den Arten ist ein wesentlicher Einflussfaktor für die Funktion von Ökosystemen (Foto: Kickuth).



wirkungen des Klimawandels auf die Ökosysteme im globalen Maßstab beflügeln, was bislang durch den Mangel an verfügbaren Daten zu einer ausreichenden Anzahl von Arten behindert wurde.

Pflanzen stehen als Primärproduzenten an der untersten Stufe der Nahrungskette. Ihre Vielfalt (Diversität) hat einen wesentlichen Einfluss auf die Anzahl und die Vielfalt der nachfolgenden Mitglieder der Nahrungskette. Nimmt die Zahl der Pflanzenarten in einem biologischen Lebensraum ab, so vermindert sich zunächst auch die Vielfalt an Pflanzenfressern sowie später der nachfolgenden Alles- und Fleischfresser. Auch die Wechselwirkungen mit der Umwelt, zum Beispiel der Stoffaustausch mit dem Boden und der Atmosphäre, verändern sich bei Abnahme der pflanzlichen Biodiversität.

Differenziertere Vegetationsmodelle für Klimarechnungen

Eine erste Auswertung hat ergeben, dass die bisher üblichen funktionellen Klassifizierungen nicht ausreichen, um die große Variationsbreite der pflanzlichen Eigenschaften zu erklären. Globale Klima- und Vegetationsmodelle unterscheiden etwa zehn funktionelle Pflanzentypen, wie Gräser, Sträucher oder Bäume, die jedoch die beobachteten Variationen der Pflanzeigenschaften meist nicht erfassen können. Die Variationsbreite wird stattdessen im Wesentlichen durch Artunterschiede verursacht. TRY zeigt erstmals in großem Maßstab, dass die meisten beobachteten Variationen bei Merkmalen auf Unterschiede zwischen den Pflanzenarten zurückzuführen sind. Funktionelle Pflanzentypen hingegen, wie sie herkömmlicherweise in Vegetationsmodellen verwendet werden, tragen wesentlich weniger zur Variation von

Merkmalen bei: für mehrere Merkmale beträgt diese Variation nicht mehr als 25 Prozent. Die Artenvielfalt ist damit eine entscheidende Größe für funktionelle Vielseitigkeit und die Anpassungsfähigkeit der Ökosysteme an sich verändernde Umweltbedingungen.

Die stetig wachsende Datenbank, betrieben vom Max-Planck-Institut für Biogeochemie in Jena, wird für alle Wissenschaftler der Biodiversitäts- und Erdsystemforschung bereitgestellt. TRY wird kontinuierlich mit Daten neuer Kooperationspartner erweitert. Die Dimension der globalen Herausforderungen erfordert nach Angaben der Koordinatoren auch neue Dimensionen der wissenschaftlichen Herangehensweise, hinsichtlich der Größe der Netzwerke und der Intensität der Kooperationen. Es sei zu erwarten, dass die globale TRY-Datenbank wesentliche Impulse gebe für die Erforschung der Biodiversität sowie die Verbesserung biologisch fundierter Klimamodelle.

Durch Veränderungen der Landnutzung und durch den Klimawandel sterben auf unserem Planeten täglich Pflanzenarten aus, mit einer historisch nie dagewesenen Geschwindigkeit und bevor ihre ökologische Bedeutung erkannt wurde. Auch wie sich die Pflanzenvielfalt darüber hinaus auf das Umwelt- und Klimasystem der Erde und damit auf die Lebensbedingungen des Menschen genau auswirkt, ist derzeit nur ungenügend erforscht. Der größte Engpass war bisher die begrenzte Verfügbarkeit von Daten zu ökologischen und funktionellen Eigenschaften der Pflanzenarten. Die neue Datenbank soll diese Wissenslücke nun füllen. Unter dem Dach von „Diversitas“ und IG-BP, zwei Organisationen der Unesco zur Biodiversitäts- und globalen Umweltforschung, wurde TRY erstellt.

Aus der Bildungslandschaft

- Aspekte wie Recycling oder aktuelle technische Anwendungen fließen in den neuen, sechssemestrigen **Studiengang Rohstoff-Geowissenschaften** der TU Clausthal ein, der auf geo- und ingenieurwissenschaftlichen Fächern basiert. Die Ausbildung beinhaltet auch eine Fülle praktisch orientierter Veranstaltungen im Labor und im Gelände, beispielsweise Exkursionen zu bedeutenden Kupfer- und Goldvorkommen in den Anden. Nach dem Bachelor-Abschluss bietet sich ein zweijähriges Masterstudium zur Vertiefung der Rohstoff-Geowissenschaften an.
- Im kommenden Wintersemester werden vier neue Masterstudiengänge an der Universität des Saarlandes starten. Altertumswissenschaften, Human- und Molekularbiologie sowie Psychologie bauen konsekutiv auf die jeweils grundständigen auf den gleichnamigen Bachelor-Studiengängen an der Saar-uni auf. Ganz neu hingegen ist der **Master Educational Technology**. Hier sollen Absolventen aus Psychologie, Bildungswissenschaften und Informatik lernen, neue Bildungstechnologien zu entwickeln und wissenschaftlich zu untersuchen. Allen Master-Studiengängen gemein ist, dass sie deutlich forschungsorientierter sind als thematisch vergleichbare Bachelor-Studiengänge.
- Seitdem die Medizinische Fakultät im Auswahlverfahren den **Test für Medizinische Studiengänge TMS**, den „Medizinertest“, wertet, können auch Bewerber mit einem Abiturdurchschnitt bis zu 2,3 durch ein sehr gutes Testergebnis ihre Chance wahren. Diese Studierenden sind, das haben erste Auswertungen gezeigt, besonders motiviert, brechen seltener das Studium ab und haben zum Teil bessere Prüfungsergebnisse als Kommilitonen mit besserem Abitur. Eine weitere Konsequenz der TMS-Gewichtung: In Heidelberg ist das Verhältnis von männlichen und weiblichen Studierenden mittlerweile ausgeglichen, im Gegensatz zur Mehrzahl der Medizinischen Fakultäten in Deutschland, wo der Frauenanteil bei bis zu 70 Prozent liegt. Ab 2012 werden 13 der insgesamt 34 Medizinischen Fakultäten TMS einführen.
- Die **BAföG-Statistik 2010** zeigt: Seit 2007, also dem letzten Jahr vor dem 22. BAföG-Änderungsgesetz, ist die Zahl der BAföG-Geförderten um 110 000 auf nunmehr 916 000 Schüler und Studierende angestiegen. Die Zahl der Geförderten ist alleine von 2009 auf 2010 nochmals um über 40 000 gestiegen. Insbesondere unter den Studierenden wuchs die Zahl der BAföG-Empfänger erneut um fast acht Prozent und wiederholte damit die dynamische Entwicklung aus dem Vorjahr. Die durchschnittlichen Förderbeiträge betragen jetzt 436 Euro monatlich bei Studierenden, bei Schülern 357 Euro.

Holzgas ist brennbar

Die Pyrolyse von Holz im Einweg-Reagenzglas

Viktor Obendrauf, Graz*



Abbildung 1: Eher Nostalgie: Das Titelbild der Zeitschrift „Chemie in unserer Zeit“; Heft 3, aus dem Jahr 1980 (ChiuZ, Heft 3 (1980)) zeigt einen mit Holz und Torf betriebenen Oldtimer aus dem Jahre 1936 (Adler-Diplomat). Sein Besitzer hatte das Auto 1945 gekauft und bis 1952 etwa 90 000 km damit zurückgelegt.

In den Jahren 1973 und 1979 erhöhte die Organisation Erdöl exportierender Länder (OPEC) den Preis für das Rohöl etwa um den Faktor 4 bzw. um den Faktor 2. Seit diesen beiden „Öl-Schocks“ hat das Interesse an erneuerbaren (nachwachsenden) Energieträgern in den Industrieländern mit unterschiedlicher Ausprägung an Bedeutung gewonnen.

Vergasbare Anteile (Schwelligase) von Holz sind offensichtlich brennbar und können einem normalen Verbrennungsmotor (Otto-Motor) zugeführt werden (Abbildung 1).

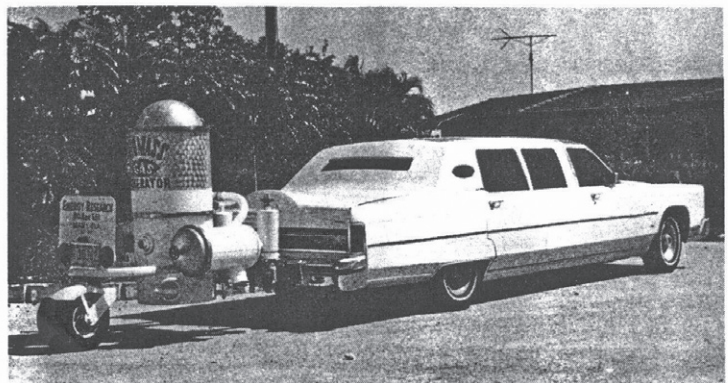
Was gegen Ende des 2. Weltkrieges aus Mangel an Ressourcen in Europa schon Stand der Technik war, wurde in Pilotprojekten Anfang der 80er Jahre sogar in den USA wieder aufgegriffen: Das „Holzgasauto“ (Abbildung 2).

Die Diskussion um eine tatsächliche Verknappung von fossilen Treibstoffen, vor allem aber die Suche nach CO₂-neutralen (nicht klimarelevanten) Energiequellen für unsere mobile Gesellschaft hat das Interesse an nachwachsenden Rohstoffen wieder neu geweckt. Da bei der Verschwelung von Biomasse jedoch viele, teilweise sehr toxische und sogar krebs-erregende Substanzen entstehen können, steht heute nicht Holz, sondern in erster Instanz pflanzliches Öl im Blickpunkt des wissenschaftlichen Interesses (Stichwort „Biodiesel“).

Nicht verwechselt werden darf die klassische **Holzgas-erzeugung** mit jenen chemischen Prozessen, die sich in modernen **Holzvergaser-Heizkesseln** abspielen (Abbildung 3). Bei derartigen Heizkesseln handelt es sich um Stückholzkessel mit einem gebläsegesteuerten Abbrand nach unten, wobei

bei der Luftzufuhr rigoros zwischen der Primär- und einer (Lambda-Sonden-gesteuerten) Sekundärluft unterschieden wird. Das Stückholz wird von oben in den Brennraum gelegt. Über ein Gebläse wird Primärluft von oben durch das Holz gedrückt. Im unteren Teil des Kessels findet die Verbrennung statt: In einem Keramikblock wird das freigesetzte Holzgas verbrannt. Die Keramiksteine heizen sich dabei rotglühend auf und bewirken unter Zugabe von Sekundärluft eine optimale Nachverbrennung mit sehr geringem Ascheanteil. Kesselwirkungsgrade um 90% sind heute Stand der Technik. Ein ausgeprägter Teillastbetrieb (z.B. in der Übergangszeit) ist mit derartigen Zentralheizungskesseln konstruktionsbedingt jedoch nicht möglich. Ein problematischer Anstieg der Emissionen wäre die Folge. Deshalb sind Holzvergaserkessel für Häuser

Abbildung 2: Sogar in den USA gab es kurz nach 1979 ausgefallene Initiativen in Richtung erneuerbare Energie: Ein „Holzgas-Lincoln“ aus dem Jahr 1981 (Quelle: www.woodgas.com/aboutBEF.htm).



Miami, Florida, 1981. A charge of 110 lb of wood in the generator of this wood-powered 8,000-lb Lincoln Continental limousine takes it 85 miles or so on flat Florida terrain. In 1981, under a contract from the Department of Energy, its owner toured many southern universities demonstrating producer gas technology, especially to engineering students. (H. La Fontaine, 1995 Keystone Boulevard, Miami, Florida 33181, USA)

*Aus dem Nachlass von Prof. Dr. Viktor Obendrauf († 2010)

mit geringem Energiebedarf nur in Verbindung mit großen Pufferspeichern empfehlenswert. Während Mitte der 90er Jahre Gas- und Ölheizungen ihre Marktposition noch ausbauen konnten, hat sich in den Jahren 2000 bis 2003 die Zahl der neu installierten Ölkessel mehr als halbiert. Für Biomasse in Form von Pellets, Hackgut und Stückholz wurden moderne Heizkessel entwickelt, die in Bezug auf den automatischen Betrieb dem komfortablen Ölbrenner kaum mehr unterlegen sind.

Holzgas, Holzessig, Holzkohle

Die klassische Pyrolyse von Holz unter Sauerstoffausschluss bei rund 400 bis 600°C (= „Trockene Destillation“) liefert die Produkte **Holzgas**, **Holzessig**, **Holzteer** und **Holzkohle**. Nur die Holzkohle ist heute noch (in Form von Grillkohle) von technischer und praktischer Bedeutung. Holzkohle (Grillkohle) wird heute jedoch nicht mehr im klassischen Kohlenmeiler (Abbildung 4) sondern mittels Retortenverfahren hergestellt. Dazu wird hauptsächlich luftgetrocknetes Buchenholz verwendet, das in (von außen) beheizten, eisernen Retorten unter Luftabschluss auf 275° erhitzt wird. Dabei steigt die Temperatur von selbst auf 350 bis 400°C weiter. Als Rückstand erhält man ca. 35% (Masse) Holzkohle neben gasförmigen bzw. verflüssigbaren Zersetzungsprodukten, die brennbar sind und die notwendige Prozesswärme für das Retortenverfahren liefern.

Holzkohle besteht nicht aus reinem Kohlenstoff, wie dies in der Sekundarstufe I häufig behauptet wird. Holzkohle ist vielmehr ein komplexes Gemisch von organischen Verbindungen mit 81-90% C, 3% H, 6% O, 1%N, 6% Feuchtigkeit und 1-2% Asche [1]. Zum Vergleich: Frisch geschlagenes Holz enthält noch etwa 40 bis 60% Wasser; nach dem Lufttrocknen beträgt der

Wasseranteil noch ungefähr 15 bis 20% (Masse). Trockenes Holz besteht aus rund 49,1% C, 6,3% H, 44% O, 0,1% N und ungefähr 0,5% anorganischer Asche.

Die fühlbar poröse Holzkohle (Grillkohle) besitzt mikroskopisch kleine Vertiefungen und Kanäle, wobei die innere Oberfläche von 50 bis 80 m² pro Gramm für ein gewisses Adsorptionsvermögen verantwortlich ist (zum Vergleich: Nach einem speziellen Verfahren hergestellte Aktivkohle besitzt eine innere Oberfläche von 500 bis 1500 m² pro Gramm) [1].

Holzkohle (Grillkohle) lässt sich bei 200–250°C relativ leicht entzünden. Sie glüht dann an der Luft flammenlos weiter, da die flammenbildenden Gase bereits bei der Herstellung mittels Retortenverfahren entfernt wurden.



Abbildung 3: Moderner Stückholzvergaser mit gebläsegesteuertem Abbrand.

Abbildung 4: Historische Köhlerei zur Erzeugung von Holzkohle für die Eisengewinnung und zur Gewinnung von Kohlepulver zwecks Herstellung von Schwarzpulver (Zeichnung aus dem Jahr 1762).



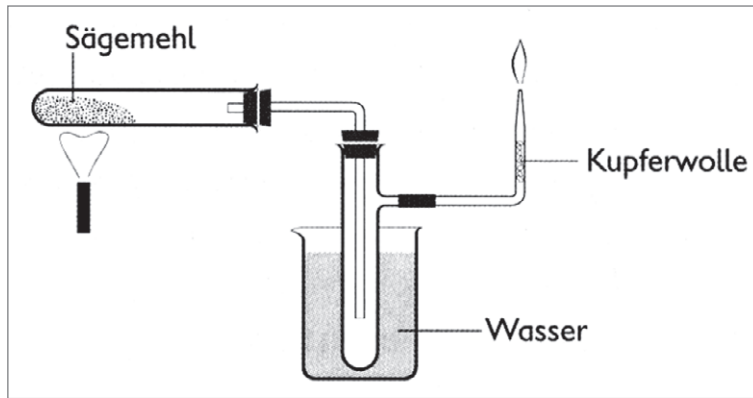
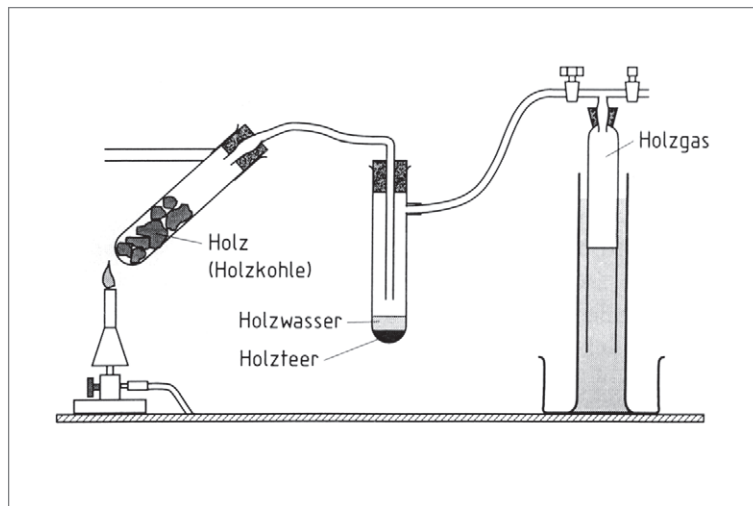


Abbildung 5: Klassische Anordnung zur Erzeugung von Holzgas mit Kühlfalle zur Abscheidung von Holzwasser (vermischt mit Holzteer), Graphik: [6].

Abbildung 6: Speicherung von Schwelgasen im Gasometer: Die aufwändige Reinigung der Apparatur führt dazu, dass der Versuch gemieden wird. Abb. aus [5].



100 kg Buchenholz liefern bei der Verkohlung bei etwa 300 bis 500° rund 25 kg einer kondensierbaren wässrigen Phase („Holzessig“) mit rund 75% Wasser, 12% Essigsäure und weitere homologe Säuren, 2 % Methanol, 1 % Aceton und Methylacetat, sowie etwa 10% gelöste Teerstoffe mit durchaus cancerogenem Potential [1]. Neben ungesättigten und aromatischen Kohlenwasserstoffen können auch Phenole, aliphatische Alkohole und Aldehyde nachgewiesen werden. Holzessig war einmal eine sehr wichtige Quelle für die Herstellung von Methanol („Holzgeist“). Als brennbare gasförmige Anteile entweichen bei der Pyrolyse von 100 kg Buchenholz rund

16 kg Holzgas (bestehend aus rund 49% Kohlenstoffdioxid, 34% Kohlenmonoxid, 13% Methan, 2% Ethen und 2% Wasserstoff) [2]. Die Zusammensetzung des Holzgases schwankt naturgemäß je nach Holzsorte, Trocknungsgrad und Pyrolysetemperatur.

Holzgas im Schulversuch

Die klassische Pyrolyse von Holz (=„Trockene Destillation“) ist in chemiedidaktischen Zeitschriften und auch etlichen Experimentierbüchern mehrfach beschrieben (siehe z.B. [2-5]).

Vor allem die Pyrolyseprodukte Holzgas, Holzwasser (verarbeitet zu Holzgeist) und Holzteer sind traditionelle An-

satzpunkte für weiterführende qualitative (organische) Untersuchungen. Der verbleibende Rückstand Holzkohle ist den Lernenden bereits in der Sekundarstufe I bekannt und eröffnet kontextive Praxisbezüge (Stichwort: Grillkohle, Zeichenkohle, Aktivkohle). Auch die historische Bedeutung der ursprünglich in Kohlenmeilern hergestellten Holzkohle zur Gewinnung und Verarbeitung von Eisen bzw. zur Produktion von Schwarzpulver lässt sich bei dieser Gelegenheit thematisieren.

Trotzdem zählt die Verkohlung von Holz und die Untersuchung der Pyrolyseprodukte nicht unbedingt zu jenen Experimenten, die von erfahrenen Lehrenden mit motivierender Freude durchgeführt werden.

Wer einmal Schwelgase aus Holz erzeugt hat, kann diese Vorbehalte auch gut verstehen. In diversen Versuchsanleitungen (siehe Abbildungen 5 und 6) steht nämlich nichts von den Problemen, die man nach dem Experiment bei der Reinigung der Glasrohre, Kühlfallen und den Gasometerhähnen hat. Abgesehen davon, dass sich das Reaktionsgefäß, in dem die Pyrolyse durchgeführt wird, mit Spülmittel und Bürste ohnehin nicht mehr reinigen lässt, wird nicht nur die Kühlfalle durch Teeranteile verunreinigt. Auch in den nachgeschalteten Apparaturen und Schläuchen finden sich klebrig-braune bzw. stinkende Schwelprodukte, wenn im Makromaßstab solange pyrolysiert wird, bis tatsächlich das Holzwasser zur Gänze abdestilliert ist und trockene Holzkohle als Rückstand untersucht werden kann.

Größere Mengen Holzgas in einem Gasometer zu sammeln, das gesammelte Gas über eine konventionelle, ganz (!) mit 30%iger Kalilauge gefüllte Waschflasche in ein zweites Gasometer zu transferieren, um die rund 50% Kohlenstoffdioxid

im Gasgemisch zu absorbieren, wie dies in [4] vorgeschlagen wird, zeigt sich in der Praxis auch wesentlich zeitraubender und umständlicher, als dies die Versuchsskizze vermuten lässt (Abbildung 7).

Bei erfahrenen Lehrenden im Schuldienst drängt sich die berechtigte Frage auf, ob der mögliche Erkenntnisgewinn bei den Lernenden aus dem betreffenden Experiment überhaupt noch in einem vernünftigen Verhältnis zum Zeitaufwand für das „clear away“ der vorgeschlagenen Apparaturen steht. Erfahrene Praktiker, die den Bezug zur schulischen Praxis noch im Auge behalten, weisen in ihren Versuchsvorschriften auch auf die Schwierigkeiten bei der Reinigung der Gerätschaften hin. So schlägt z.B. Klaus-G. Häusler in [6] vor, als Pyrolysegefäß eine selbst geblasene Glühkugel zu verwenden, weil diese nach dem Versuch nicht mehr verwendbar ist. Das aufwändige Reinigen der nachgeschalteten HM-Apparatur (Glasrohre mittels Pfeifenreiniger und Spülmittel) lässt sich auch in dieser Vorschrift nicht vermeiden (Abbildung 8).

Low-Cost spart Zeit und Ärger

Unter Berücksichtigung der im vorangegangenen Abschnitt geschilderten Schwierigkeiten bei der Pyrolyse von Holz in klassischen Apparaturen soll im folgenden eine Low-Cost-Alternative vorgestellt werden, die in Anlehnung an bereits bewährte Konzepte (siehe z.B. [7-10]) entwickelt wurde (Abbildung 9). Mit einem normalen Reagenzglas als Einweg-Pyrolysegefäß ist man dabei nicht auf den Experimentier-tisch fixiert sondern bleibt im Klassenraum mobil. Probleme bei der Visualisierung des Reaktionsgeschehens in der kleinen Apparatur können auch im Demo-Versuch auf dieses Weise egalisiert werden. Probleme

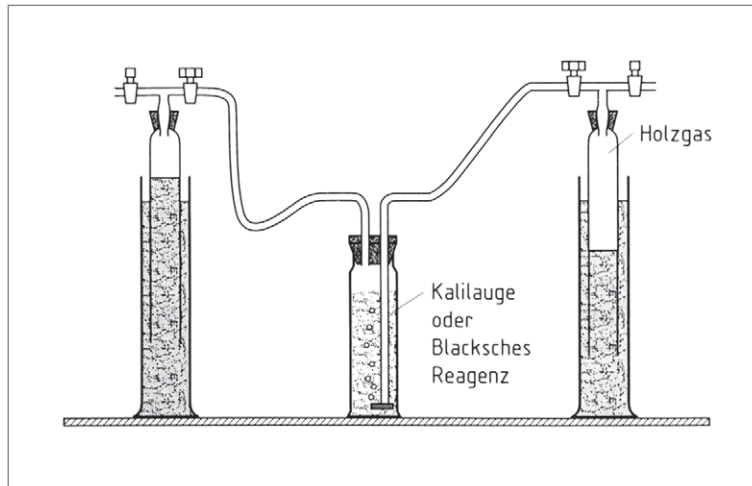


Abbildung 7: Holzgas-Reinigung (Auswaschen von CO₂) im Makromaßstab: eine „Materialschlacht“, für die wertvolle Unterrichtszeit bereitgestellt werden muss.

mit der Reinigung bleiben ausgespart.

Low-Cost-Pyrolyse

Material: Reagenzglas Fiolax 16/160, Weichgummistopfen Verneret (18 D), Kanüle 1,2/40 mm, Scheuerspirale (Vileda), Schaschlikspieße (möglichst aus hochwertigem Birkenholz), Reagenzglashalter, Mikrobrenner, Seitenschneider, Pinzette, Haushaltspapier Indikatorpapier, 50 ml-Becherglas, dest. Wasser, Schutzbrille

Durchführung: Von der Scheuerspirale wird ein ca. 10 cm langes Stück als „Kolonnen-

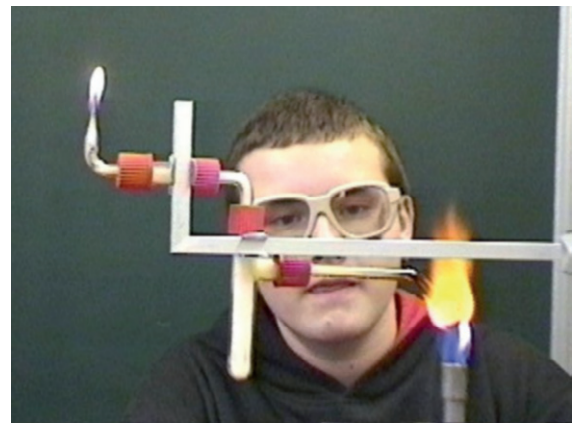
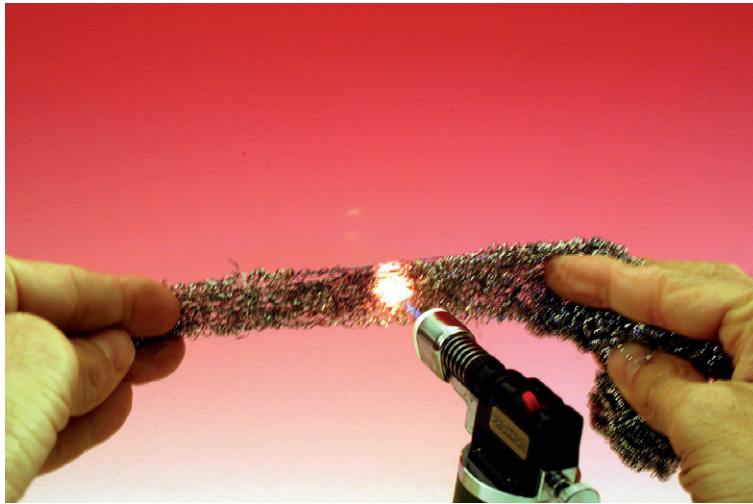


Abbildung 8: Holzgas mit dem Halbmikrobausatz: Das Pyrolysegefäß ist zwar eine selbst geblasene Glühkugel zum Wegwerfen, die zeitaufwändige Reinigung der Glasrohre und der Kühlfalle lässt sich nicht vermeiden. Bildquelle: [7].



Abbildung 9: Low-Cost-Materialien aus dem Alltag kombiniert mit abgestimmter Laborware (Foto: Obendrauf).

Abbildung 10:
Zerkleinern der
Scheuerspirale
(Fotos: Obendrauf).



füllkörper“ abgetrennt. Dazu zieht man die Spirale am besten in die Länge und durchtrennt die feinen Stahlfäden mit der spitzen Flamme des Mikrobrenners (Abbildung 10; Vorsicht! Schutzbrille! Kleine glühende Metallteile können dabei wegspritzen. Die Scheuerspirale brennt jedoch nicht so

wie feine Eisenwolle an der Luft weiter).

Ein Schaschlik-Spieß wird in ca 3-4 cm lange Stücke zerbrochen. Vier solche Stücke werden ins Reagenzglas gegeben. Die Kanüle wird längs durch den Gummistopfen geschoben, so dass sich der Luer-Ansatz an der Unterseite des Stopfens befindet. Erst dann wird die Kanülenspitze mittels Seitenschneider abgestumpft. Das Stück Scheuerspirale wird so weit ins Reagenzglas geschoben, dass der Stopfen inkl. Kanülenansatz ebenfalls im Reagenzglas Platz findet.

Nun wird mit dem Mikrobrenner mit fächernder (!) Flamme erhitzt, bis das gebildete Holzwasser in den improvisierten Füllkörper steigt und das Holzgas an der gekappten Kanüle entzündet werden kann. Dabei verkohlen die Schaschlikspieß-Stücke. Die Prozedur dauert keine 2 Minuten. (Abbildung 11).

Sobald sich das Holzwasser im Stück Scheuerspirale gesammelt hat, hört auch die Holzgasproduktion auf, das Flämmchen wird kleiner. Die Schaschlikspieß-Stücke sind verkohlt. Man unterbricht das Erhitzen rechtzeitig und lässt abkühlen.

Nach dem Entfernen des Stopfens wird das Stück Scheuerspirale mittels Pinzette entnommen. Der obere Teil des

Reagenzglases ist mit Holzwasser bzw. Holzteer benetzt. Man trocknet den Teil des Reagenzglases mit einem Stück Haushaltspapier, so dass die Kohlestückchen problemlos herausgeschüttelt werden können. Mit den verkohlten Schaschlikspießchen kann man auf Papier schreiben wie mit Zeichenkohle. Pulverisiert zeigt die Probe auch ihre schwach adsorptiven Eigenschaften (Entfärbung von stark verdünnter Tinte). Das benetzte Stück Scheuerspirale wird in ein 50 ml-Becherglas gestellt und mit etwas destilliertem Wasser abgespült. Mit einem Indikatorpapier kann der stark saure Charakter der Lösung (etwa pH 3) nachgewiesen werden. Prinzipiell ist die flüssige Phase nun auch anderen klassischen Nachweisen (z.B. auf Phenole mit Eisen-III-chlorid) zugänglich.

Untersuchung des Holzgases

Material: Siehe Versuch Low-Cost-Pyrolyse, zusätzlich Weichgummistopfen (Verneret) mit Kanüle, die von oben durch den Stopfen geschoben wurde, 2 20 ml-Spritzen (ONCE), Stempel mit Dichtring, Siliconöl, Low-Cost-Waschflasche bestehend aus: Reagenzglas Fiolax 16160, Gummistopfen Verneret, mit 2 parallel durchgeschobenen Kanülen, ca. 13 cm lange Isolierung eines 2poligen Elektrokabels (eine Phase), aus dem mittels Pinzette die Cu-Litzen ausgezogen wurden, 20 ml 10%ige Natronlauge, zusätzliche Kanüle.

Durchführung: Das Holzgas wird nicht wie im Versuch Low-Cost-Pyrolyse abgefackelt, sondern in einer 20 ml Spritze gesammelt. Besonders wichtig ist dabei das gleichmäßige Fächeln beim Erhitzen der Holzspießchen im Reagenzglas. Man wartet nicht bis sich der Spritzenstempel selbsttätig bewegt, sondern erzeugt händisch permanent einen Unterdruck

Abbildung 11: Low-Cost-Pyrolyse: Das Holzgas brennt an der Kanülenspitze.



durch Ziehen am geölten (!) Spritzenstempel, ohne die ganze Spritze von der Kanüle zu lösen (siehe Abb. 12).

Sobald die Spritze mit Schwelgasen gefüllt ist, wird das Erhitzen unterbrochen. Das gesammelte Gas enthält große Anteile an Kohlendioxid, die man in der miniaturisierten „Low-Cost-Waschflasche“ mittels Natronlauge entfernen kann.

Zur Fertigstellung der „Low-Cost-Waschflasche“ schiebt man die PVC-Isolierung des von den Cu-Litzen befreiten Kabels auf eine der am Stopfen befindlichen Kanülen. Dieser feine Schlauch dient der Gaseinleitung (siehe Abb. 13).

Die mit den Schwelgasen gefüllte Spritze wird auf die Kanüle mit der Schlauchverlängerung aufgesetzt. Das Reagenzglas wird mit 10%iger Natronlauge nur so weit gefüllt, dass sich die zweite Kanüle bei aufgesetztem Stopfen noch in der Gasphase befindet.

Auf diese zweite Kanüle wird eine leere 20ml-Spritze aufgesetzt. Nun drückt man das gesammelte Holzgas langsam über die Kanülenverlängerung durch die Natronlauge und zieht dabei gleichzeitig an der zweiten Spritze. Aus ca. 20 ml Holzgas verbleiben nach der Absorption von Kohlendioxid noch etwa 11 ml Restgas, das so in der zweiten Spritze gesammelt wird. Setzt man an die mit Restgas gefüllte Spritze eine Kanüle an und drückt das Gas langsam durch die Kanüle, so kann das Gas an der Kanülenspitze entzündet werden. Es brennt nun mit kleiner blauer Flamme (Hinweis auf CO). Zum Nachweis von CO könnte man das Gas mittels PVC-Schlauchverlängerung auch in eine ammoniakalische Silbernitrat-Lösung drücken (Dunkelfärbung durch reduziertes Silber).

Entsorgung: Das Reagenzglas aus den vorangegangenen zwei Versuchen wird ohne den

Versuch einer Reinigung zum Restmüll gegeben. Das Stück Scheuerspirale gehört in den Metallsammelbehälter. Die Kanülen in den Stopfen werden mit Wasser gespült und mittels durchgesaugter Luft innen getrocknet.

Literatur:

- [1] Roempp Online 2003 Georg Thieme Verlag, <http://www.roempp.com>
- [2] E. Wiederholt u.a., Thermische Analyse von Holz. NiU-PC 48 (1989) S. 294 – 298
- [3] F. Kober, Holzgas, Treibstoff aus Holz. PdN-Ch. Nr. 3 (1991) S. 36
- [4] M. Relker, B. Baalman, W. Jansen, Die chemische Reaktion im Anfangsunterricht – Die Verkohlung von Holz. MNU Nr. 3 (1997) S. 160 – 164
- [5] H. Keune, M. Just, Chemische Schulexperimente, Bd. 2 (Organische Chemie), Volk und Wissen Verlag (1999), S. 222
- [6] http://www.halbmikrotechnik.de/service/chemie/energie/fossile_energie/holz-verkokung/exp39_inkohlung.htm (zuletzt besucht am 22. 07. 2011)
- [7] V. Obendrauf, Experimente mit Gasen im Minimaßstab. In: ChiuZ 30 (1996), Nr. 3, S. 118 - 125
- [8] V. Obendrauf, Die Low-Cost-Lachgas-Kanone. In: PdN-Chemie 48 (1999), Nr. 3, S. 35-42
- [9] V. Obendrauf, Ethin-Blitze unter Wasser. In: Nick, Parchmann, Demuth (Hrsg.): Chemisches Feuerwerk – 50 effektvolle Schauversuche, Aulis Verlag Deubner Köln 2001, S. 151-156
- [10] V. Obendrauf, Der Silvesterspaß als Überraschungsei. PdN-Chemie 50 (2001), Nr. 5, S. 2-10



Abbildung 12: Sammeln von Holzgas in einer 20ml-Spritze.

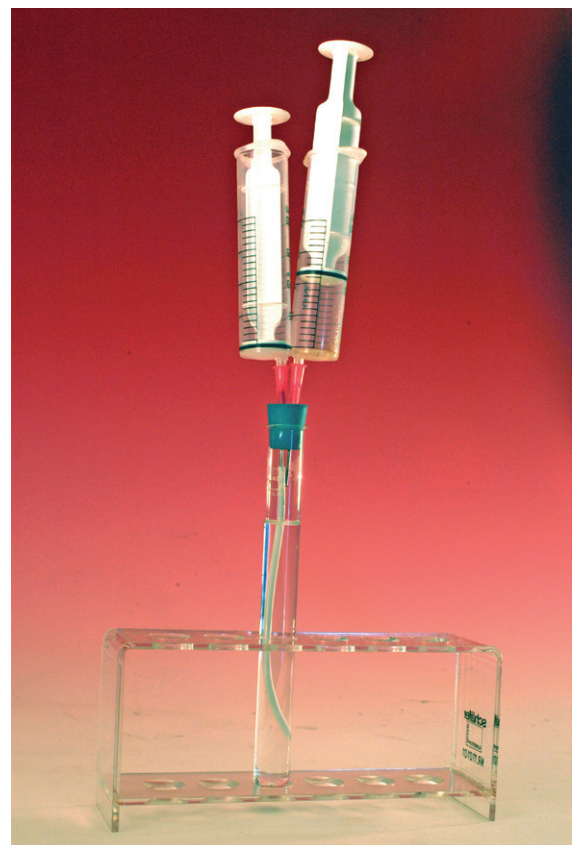


Abbildung 13: Absorption von CO₂ aus dem Holzgas.

Chemiestudiengänge weiterhin beliebt Aber Absolventenzahlen 2010 leicht zurückgegangen

Die Anfängerzahlen in Chemie (5240), Wirtschaftschemie (158) und Biochemie (1183) sind 2010 gegenüber dem Vorjahr angestiegen, in der Lebensmittel-Chemie unverändert geblieben (457), an Fachhochschulen jedoch gesunken (1144). Das teilte jetzt die Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) mit.

In allen Studiengängen hat die Zahl der Bachelor- und Master-Abschlüsse zugenommen. Jedoch ist die Zahl der Master-Abschlüsse noch geringer als die der bestandenen Diplomprüfungen. Zählt man Master- und Diplom-Abschlüsse an Universitäten zusammen, sind die Absolventenzahlen in Chemie und Biochemie im Jahr 2010 gegenüber dem Vorjahr leicht zurückgegangen. Das gilt auch für die Fachhochschulen, wenn man hier die Zahl der Diplome und der Bachelor-Abschlüsse addiert. Allerdings

schließen nach den vorliegenden Daten viele FH-Absolventen ein Master-Studium an, so dass der Bachelor-Abschluss nur bedingt mit dem bisher an den Fachhochschulen vergebenen Diplom-Abschluss (FH) verglichen werden kann. Auch in der Lebensmittelchemie wurden erstmals Bachelor-Abschlüsse gemeldet, die Zahl der Diplom- bzw. Staatsexamen-Abschlüsse ist hier zurückgegangen.

Im Chemiestudiengang stieg die Zahl der Promotionen wie in den Vorjahren weiter an. Die in den vergangenen Jahren deutlich gestiegene Anzahl ausländischer Doktoranden und damit auch Promotionsabsolventen blieb in absoluten Zahlen gesehen auf hohem Niveau. Die Promotionsdauer lag im Bereich des Vorjahres bei 3,5 bis 4 Jahren.

Es gibt keine Anzeichen dafür, dass Bachelor/Master-Absolventen die Universität mit einem Bache-

lor- bzw. Masterabschluss verlassen. Fast alle Bachelor-Absolventen in Chemie oder Biochemie schlossen ein Master-Studium an und über 90 Prozent der Master-Absolventen begannen eine Promotion. An Fachhochschulen schloss über die Hälfte der Bachelor-Absolventen ein Master-Studium an.

Die Nachwirkungen der Wirtschaftskrise zeigten sich 2010 darin, dass weniger Absolventen eine unbefristete Anfangsposition in der Industrie fanden und mehr promovierte Absolventen zunächst eine befristete Stelle an der Hochschule oder Industrie annahmen als in den Vorjahren. Bei den FH-Absolventen dagegen lag der im Vorjahr deutlich höhere Wert stellensuchender Absolventen 2010 wieder im normalen Bereich.

Die Broschüre „Chemiestudiengänge in Deutschland – Statistische Daten 2010“ ist im Internet unter www.gdch.de/statistik abrufbar.



Bezugsquellenverzeichnis

ANALYSEN



Altmann Analytik GmbH & Co. KG
München
Tel: 089 724805-90
info@analytics-shop.com
www.analytics-shop.com
Zubehör für Chromatographie
und Probenvorbereitung
HPLC Säulen, Spritzenfilter, Vials uvm.

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
Rischerstr. 12, D-69123 Heidelberg
Tel.: 06221 726416 0
Fax: 06221 726416 9
www.gerbu.de, E-mail: info@gerbu.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

KÜHLUND TIEFKÜHLGERÄTE



LAB TECHNOLOGY

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

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

MIKROSKOPE



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

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

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

OPTISCHE TAUCHSONDEN

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

PARTIKELANALYSE



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

PH-MESSGERÄTE



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

REINIGUNGSMITTEL FÜR LABORGLAS



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

SAUERSTOFF-MESSGERÄTE



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

STERILISATOREN

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

TEMPERATUR-MESSGERÄTE

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



TEMPERATUR-MESSGERÄTE



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

THERMOMETER

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



VAKUUMKONZENTRATOREN

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

CLB-Geschichte

393

Johann Joachim Becher

det. Er schreibt an einen Freund: „— — — ist auch merkwürdig, daß gleichwie die Schweden ihre Theer aus kiefern Holz machen, also hab' ich hier in Engelland aus Steinkohlen Theer gemacht — — — und die Kohlen, wenn die Theer daraus gezogen ist, seyen besser zum Gebrauch als vorhin.“ Diese Erfindung meldete *Becher* bereits 1681 in England zum Patent an und erhielt darauf die Nr. 214 (in Deutschland wurde Patent Nr. 1 erst 1877 erteilt).

Bei der Behandlung von Alkohol mit Schwefelsäure beobachtete ferner *Becher* schon 1669 das Erweichen eines bisher unbekanntes Gases, jenes etwa 125 Jahre später von zwei holländischen Chemikern wieder entdeckten *Aethylen*s, das sie zunächst, im Gegensatz zum Sumpfgas, „bildendes Gas“ nannten, da das hieraus gewonnene Äthylendiloxid eine ölige Flüssigkeit darstellt.

In der Angabe *Bechers*, daß sich aus Vitriol und dessen Säure mit Weinstein oder Borax ein flüssiges Salz bildet, will man eine Vor-entdeckung des sog. Sclativalzes sehen, des Sclatativum Hombergii, das der Arzt Homberg 1702 aus Borax absiedel und in die Arzneimittelkunde einführte. 1742 wurde es als *freie Borsäure* identifiziert. Auch apparativ hat sich *Becher* betätigt. Man schreibt ihm die Konstruktion eines tragbaren Ofens zu, der seinerzeit sehr geschätzt wurde.

So steht *Becher* als schöpferische, vielseitige, tatkräftige Persönlichkeit vor uns, dessen kühne Gedanken und dessen wissenschaftlicher Fortschrittsseifer vielfach nur in der Unreife und in den Hemmungen seiner Zeit stecken blieben. Deshalb sind seine Ziele wohl auch oftmals verkannt worden und eine Rückschau darf ihn von vielen vermeintlichen Phantastereien freisprechen.

Blättern man in einem chemischen Lehrbuch Mitte des 18. Jahrhunderts, wie es mir beispielsweise in dem Werk: „Vollständige und gründliche Einleitung in die Chymie des D. Hieron. Ludolfs“ (übrigens Herausgeber einer der ersten chemischen Fachzeitschriften „Die in der Medizin segende Chymie“) vom Jahre 1752 zur Verfügung steht, so erblickt man hier schon eine ganz andere systematische Anordnung des Stoffes, einen logischen Faden und eine Fülle praktisch durchgeführter Experimente. Man darf also die Fortschritte der Chemie von *Becher* bis *Ludolf* keineswegs zu gering einschätzen gegenüber den freilich revolutionierenden Ereignissen, die dann Mitte des vorigen Jahrhunderts einsetzen und ihren Fortgang nehmen.

Johann Joachim Becher

Man erkennt aus solchen Gedankenängen, daß die Zeit für eine so umwälzende Entdeckung, wie sie *Lavoisier* glückte, noch nicht reif war, eine Zeit, in der Luft noch mit leerem Raum verwechselt wurde. Übrigens sei erwähnt, daß ein wenig bekannter, früher Zeitgenosse *Bechers*, *Jean Rey*, ähnliche Feststellungen machte und in einer ausführlichen Schrift verankerte. Er ist der erste nachweisbare Vorläufer *Lavoisiers*, jedoch hat letzterer sich niemals auf ihn bezogen.

Entdeckungen

Wenn wir nun noch einige Einzelentdeckungen *Bechers* streifen, so ist zu erwähnen, daß gerade in der „Großen Chymischen Concordanz“ *Becher* auf die Brennbarkeit des bei der Destillation von Steinkohlen erweichenden Gases hinweist und nachfolgende Forscher angeregt hat, die Natur dieses Gases und die mit ihm im Zusammenhang stehenden Erscheinungen zu ergründen. Man kann ihm also, wenn man so will, als den Urvater der *Gasfabrikation* bezeichnen. Auch die *Steinkohlenteer- und Kokszerzeugung* hat *Becher* offenbar begrün-

Auf der Suche nach historischen Artikeln, die zu dieser CLB passen, fiel die Geschichte über Johann J. Becher aus CLB 07-1951 auf. Da diese schillernde Persönlichkeit kaum bekannt ist – und sich auch mit Holzgas u.ä. befasst hat (s.S. 392 auf der Nachbarseite) – drucken wir hier den genau 60 Jahre alten Artikel nochmals ab. Er zeigt auch Irrungen und Wirrungen beim Paradigmenwechsel von der Alchemie zur modernen Chemie.

Johann Joachim Becher

Ein Wegbereiter der Chemie des siebzehnten Jahrhunderts.

Von Dr. Walter Gellendien, Düsseldorf-Reisholz

Chemische Bücher aus der Zeit vor 1850 gehören heute zu den Seltenheiten. Der Kreis der Sammler solcher Werke ist nie sehr groß gewesen; vielleicht liegt es mit daran, daß so wenig erhalten geblieben ist. In der Sturm- und Drangperiode der chemischen Entwicklung mag nur zu vieles als überholt und veraltet verächtlich beiseite gelegt worden sein und ist so der Vernichtung anheimgefallen. Heute neigt man mehr und mehr auch in der Chemie zu rückschauender Betrachtung. Die Auffindung einer Schrift aus einer längst vergangenen Epoche hat fast den Reiz einer Ausgrabung. Auch die Entzifferung des Inhalts gleicht manchmal der Arbeit eines Archäologen.

Durch einen seltsamen Zufall kam ich in den Besitz eines sehr frühen Werkes, dessen Alter an der Scheide zwischen alchimistischen Neigungen und — man möchte sagen — furchtsam beginnender exakter wissenschaftlicher Forschung steht. Es handelt sich um eine der umfangreichen Schriften des Chemikers *Johann Joachim Becher*, eines Zeitgenossen *Kunkels* und *Glaubers*. *Becher* gab es im Jahre 1682 heraus mit dem klangvollen Titel:

Chymischer Glücks-Hafen
oder
Große Chymische Concordanz und Collection

Schon die Bezeichnung „Glückshafen“ kennzeichnet die Arbeitsweise der Zeit: die Erforschung der stofflichen Welt beruhte mehr oder weniger auf Glücksumständen, und das höchste Entdeckerglück wurde auch von *Becher* noch in der Umwandlung unedler Metalle in reines Gold gesehen. Es wäre vermessen, hier den Inhalt des Buches zusammenfassend wiederzugeben. Für den modernen Chemiker ist es kaum verdaulich. Man kann wohl behaupten, daß es dem heutigen Chemiker ebenso schwer wird, *Bechers* Buch zu lesen, wie es *Becher* unmöglich gewesen wäre, ein Lehrbuch der modernen Chemie zu begreifen. Schon das kennzeichnet die völlige Umgestaltung unserer Wissenschaft in einer Spanne von etwa 250 Jahren. Und doch gibt es, worauf später kurz ein-

gegangen sein soll, einige chemische Tatsachen, die heute von größter Bedeutung sind und von *Becher* schon vorgeahnt wurden.

Der Lebenslauf

Doch zunächst einiges zum Leben und zur Persönlichkeit *Bechers* (s. Abb.). Er wurde 1635 zu Speyer geboren. Seine Jugend fällt also in die Zeit des Dreißigjährigen Krieges. Sie war bitter und schwer. Als Sohn eines verarmten Predigers mußte *Becher* schon in jungen Jahren seine Familie durch Unterricht miternähren. Das hat ihn einesteils frühzeitig auf die Wissenschaften hingelenkt, andernteils hat es ihn aber für sein ganzes Leben mit Schwermut erfüllt. *Becher* war ähnlich *Paracelsus* ein unsteter Wanderer. Die verworrenen Zustände in Deutschland nach dem großen Kriege mögen hierzu beigetragen haben. Als Autodidakt zum Alchimisten und Mediziner geworden, führte ihn sein Weg nach Schweden, Holland und Italien. 1666 finden wir ihn als Professor der Medizin und Leibarzt des Kurfürsten in Mainz, dann wieder in Wien, wo er im Grafen von Zinzendorf einen Gönner fand. Dieser ernannte ihn zum Leiter des Finanzwesens und zum Commerz- und Kammerat, welchen Rang er auch auf der Titelseite seines Buches angibt. Nachdem er sich dort mit zu vielen Gegnern auseinandersetzen mußte, ging er 1678 nach Haarlem in Holland und 1680 nach Großbritannien, um das Bergwesen zu studieren. 1682 ist er in London gestorben.

Schon wenn wir diese äußeren Daten überschauen, erhalten wir eine Vorstellung von der inneren Unruhe, aber auch dem Unternehmungsgeist dieses vielseitigen und erfinderischen Kopfes. Und wenn wir bedenken, daß er bei diesem viel bewegten, beschwerlichen und entbehrungsreichen Leben noch umfangreiche Schriften wie die mir vorliegende von 810 Seiten verfaßte, so kann uns eine solche Arbeitskraft nur mit Bewunderung erfüllen.



Die Persönlichkeit

Sicherlich war *Becher* unter dem Einfluß seiner Zeit eine zwiespältige Natur. Er neigte, so sehr er das selbst abstreitet, oft genug zu Geheimniskrämerei, andererseits trägt er durchaus den Willen zur exakten experimentellen Forschung in sich. Wenn der Inhalt seiner Bücher noch ganz mystisch — philosophisch — alchimistischen Tendenzen zu folgen scheint, so wehrt er sich doch unwillig gegen das, was „die verwirrten Alchimisten und Kohlenbläser phantazieren, vor welche man wohl ein allgemeines Gebet anstellen sollte, daß sie von dieser Unsinnigkeit erlöst werden möchten“.

Aber gehört er nicht doch selbst auch zu jenen Scharlatanen, wenn er den Holländischen Generalstaaten das Anerbieten macht, aus geschmolzenem Meersand bei Zusatz von einer Mark Silber und anderen Zutaten immer ein Aß Gold gewinnen zu wollen und den erstaunten Zuschauern sogar ein Experiment vorführt, bei dem durch Zusatz von einer Mark Silber zu Meersand sogar sechs Aß Gold herauskommen? Bei diesem Schaustück war es ihm anscheinend zunächst nur darum zu tun, eine Prämie und Dividende für sich herauszuholen. Aber *Becher* zog es dann vor, zu verschwinden. Ein merkwürdiges Verhalten eines Mannes, der immer behauptete, Wissenschaft sei ihm lieber als Geld. Oder brauchte man damals ein solches Renomierstück, um sich auch wissenschaftlich einen Namen zu verschaffen?

Becher muß vielfach in dem Ruf gestanden haben, ein Prahler und Projektentmacher zu sein, wie das nur zu leicht jenen passiert, die mit ihren Ideen ihrer Zeit vorausseilen. In einem Konversationslexikon aus dem Jahre 1834 fand ich die Bemerkung: „Er (*Becher*) hatte auch treffliche staatswirtschaftliche Kenntnisse, aber seine überspannten Pläne, wie die Gründung einer Universalsprache, die Verbindung der Donau mit dem Rhein und dergl., zogen ihm den Ruf der Marktschreierei zu“. Können wir heute solche Vorschläge noch so marktschreierisch finden?

Becher gehörte zweifellos zu den seltenen Naturen, die breite Fachkenntnisse mit ausgesprochenem Unternehmungsgeist verbinden. Wir hören von ihm, daß er sich um die Gründung von Handelsgesellschaften und Fabriken kümmerte, daß er mit der „Westindischen Compagnie“ wegen des Erwerbes von Kolonien in Südamerika verhandelte, daß er sich sogar unter den damaligen Nachkriegsverhältnissen um eine autark gelenkte Wirtschaft bemühte, indem er beispielsweise seinem Landesherrn

in Wien ein Referat vorlegte, das vorschlug, den Bedarf an ausländischen Mineralfarben im Inland zu decken. Er ist Verfasser sozialpolitischer Schriften und er war, trotz seiner Heimatflucht, ein glühender Patriot.

Der Chemiker

Doch werfen wir einen Blick auf den ernsthaften Theoretiker *Becher*. Seine Ansichten über die Zusammensetzung der stofflichen Welt stützen sich in vielem auf *Paracelsus*. An die Stelle der drei Grundprinzipien: Quecksilber, Salz und Schwefel, treten drei E r d e n , aus denen alle anorganischen, oder, wie er sich ausdrückt, „unterirdischen“ Körper bestehen sollen, nämlich eine mercurialische (schmelzbare), eine verglasbare (feuerbeständige) und eine verbrennbare (oder auch feuchte und fettige) Erde. Die Natur der Stoffe soll nur davon abhängen, in welchem Mengenverhältnis diese drei Grunderden zusammentreten. Das ist zwar eine der Zeit entsprechende, primitive Hypothese, aber immerhin erkennt man darin schon ein gesetzmäßig-mengenmäßiges Prinzip als Voraussetzung für das Zustandekommen chemischer Verbindungen. Sein S t r e b e n nach Vereinheitlichung drückt sich in dem Satz aus: „Man muß sich vor Augen halten, daß sowohl in dem Fett, mit dem man die Schuhe schmirt, als auch im Schwefel der Bergwerke und in allen brennbaren Halb- und Ganzmetallen tatsächlich ein und dasselbe Wesen sich befindet, das eigentlich die Brennbarkeit verleiht und zustandebringt.“ Außerdem nahm er eine U r s ä u r e an, welche als Bestandteil in allen Säuren vorhanden sein soll. Über diese und ähnliche Ansichten berichtet *Becher* vor allem in seinem Hauptwerk *Physica subterranea* (abgekürzter Titel: „Unterirdische Physik“), das bereits 1669 in München erschienen ist.

Bedeutender ist sein Beitrag zur Phlogistontheorie, jener zwar falschen, aber einen ganzen chemischen Zeitabschnitt beherrschenden und doch nicht so unfruchtbaren Erklärung des Verbrennungsvorgangs. Als ihr Vater wird der Chemiker *Stahl* angesehen. *Stahl* war ein Schüler *Bechers*. Er hing an seinem Lehrer mit großer Verehrung und schob ihm in übergroßer Bescheidenheit alle seine Verdienste zu. Die Phlogistontheorie in ihrer ursprünglichen Fassung behauptete — was hier mit einigen Beispielen nur gestreift sein soll — daß Schwefel aus Schwefelsäure plus Phlogiston, Metall aus Metallkalk (Oxyd) plus Phlogiston bestehen solle und daß Ruß fast reines Phlogiston wäre. Mit diesem geheimnisvollen imaginären Phlogiston (vom griechischen Wort phlo-



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
- Arbeitssicherheit
- 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

Metrohm
Ionenanalytik

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

www.analytik-news.de