

# CLB

*Chemie in Labor und Biotechnik*

Analytik

Biotechnik

Optimierte Prozesse

Komplexe Materialien

Maßgeschneiderte Moleküle

Menschen und Chemie

Aus- und Weiterbildung

- Klimagas CO<sub>2</sub>
- Energieerzeugung im Umbruch
- Gegenstromverteilungschromatographie
- Entdeckung von Indium und Germanium

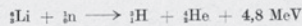
## Atomkonferenz Genf 1958

Von Dipl.-Chem. F. L. Boschke, Heidelberg

Rund 2200 wissenschaftliche Beiträge, teils experimenteller, teils theoretischer Art sind auf der Genfer Atomkonferenz mitgeteilt worden. Etwa 50 davon stammten aus der Bundesrepublik. Die Teilnehmer waren sorgsam klassifiziert in Delegierte, Berater und Observer. Hinzu kamen die Vertreter der internationalen Presse. Alles in allem schätzt man, daß etwa 6000 Personen an der Tagung teilgenommen haben. Verständlicherweise war es nicht möglich, alle wissenschaftlichen Mitteilungen während der Konferenz vom 1. bis 13. September vorzutragen, so geeignet das Palais des Nations (früher Völkerbundspalast) auch für derartige Zwecke ist mit seinen vielen Sitzungssälen, Arbeitszimmern, seinen Nachrichtenverbindungen und Simultandolmetsch-Anlagen (teils drahtlos). Zum mündlichen Vortrag hatte man lediglich etwa 600 Mitteilungen vorgesehen, aber die Diskussionen galten dann auch all denjenigen „Berichten“, die summarisch mitbehandelt worden waren. Immerhin, es blieben fünf Parallelsitzungen, und somit war es während der Tagung selbst nur möglich, einen kleinen Teil des Gebotenen aufzunehmen. Die übrigen Mitteilungen wird man erst jetzt nach der Tagung, zumeist hektographiert, studieren können.

### Keine Fusion!

Stand bei der ersten Atomkonferenz 1955 die Kernspaltung im Vordergrund und wurde über Kernverschmelzung nicht gesprochen, so zog 1958 die Kernverschmelzung das Hauptinteresse auf sich — selbstverständlich nur die friedliche Fusion, wie überhaupt bei der Tagung das Wort „Bombe“ mehr oder minder verpönt war und selbst das Problem radioaktiver Verseuchung nach Möglichkeit nur soweit berührt wurde, als es nicht militärisch ist. Bei den Kernverschmelzungsreaktionen handelt es sich um die Vereinigung entweder von zwei Deuterium-Ionen (Deuteronen) bzw. einem Deuteron- mit einem Tritiumkern zu Helium oder aber zu Tritium. In der Theorie darf man annehmen, daß sich aus 1 kg Deuterium eine Energiemenge erzeugen läßt, die 8570 t Kohlen entspricht. Günstiger ist die Energieausbeute, wenn man Tritium noch mit in die Reaktion einsetzen kann. Aber während Deuterium im Meer in unerschöpflicher Menge zur Verfügung steht und auch verhältnismäßig billig zu erhalten ist, ist der Tritiumpreis heute relativ sehr hoch. Man hat daher eine sehr interessante Reaktion vorgeschlagen, bei der man während der Reaktion Tritium über einen Umweg mitreagieren läßt, indem man nämlich freiwerdende Neutronen auf Lithium einwirken läßt:



Allerdings, Lithium-6 ist ein seltenes Isotop.

Will man nun beispielsweise zwei Deuteronen miteinander verschmelzen, so muß man sie zunächst aufeinander hin in Bewegung setzen, und zwar mit einer ziemlich starken Energie, denn es handelt sich ja schließlich um zwei positiv geladene Atomkerne, die sich gegenseitig abstoßen<sup>1)</sup>. Diese Abstoßungsenergie gilt es zu überwinden. Der Physiker steht also vor der Aufgabe, einem Gas Energie zuzuführen. Wie er das macht, ist relativ gleichgültig. Nach russischen Versuchen ist es z. B. möglich, etwas Deuterium in 10 t Sprengstoff — genommen wurde Trinitrotolol — einzuschließen und dann diese Sprengladung explodieren zu lassen. Etwas übersichtlicher werden die Reaktionsverhältnisse, wenn man mit einem Plasma arbeitet.

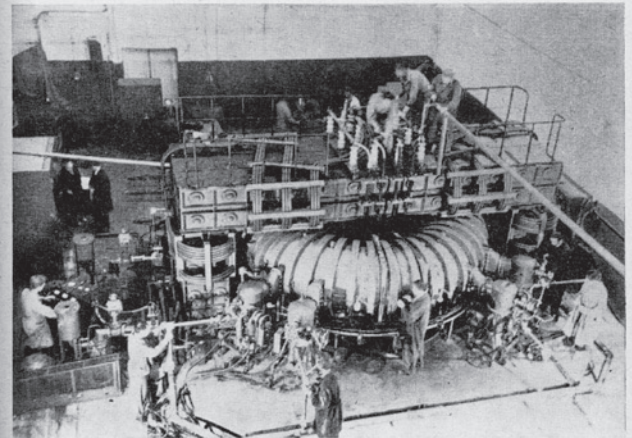


Abb. 1. Das Zeta-Gerät der UdSSR. Von den dortigen Physikern mit „Alpha“ bezeichnet.

Verschiedene Geräte, die alle dem Zeta-Gerät (vgl. Abb. 1) ähnlich sind, wurden beschrieben: Man füllt das Deuterium unter Unterdruck in ein Rohr, läßt einen elektrischen Strom hindurchgehen (ein derart ionisiertes Gas hat eine entsprechende Leitfähigkeit wie ein Kupferdraht), der sogenannte Pinch-Effekt drückt das Entladungsplasma zusammen (vgl. Abb. 2) und erhöht so die Temperatur weiter (Prinzip der magnetischen Flasche). Allein, diese Maßnahmen reichen nicht aus, um dem Gas die notwendige Fusionsenergie zuzuführen, und die neuen Stellarator-Geräte der USA sehen daher noch eine zusätzliche (Ohmsche)

<sup>1)</sup> Vgl. diese Ztschr. 9, 371 ff [1958].



Abb. 2. Originalaufnahme eines leuchtenden Deuterium-Gases. Das ionisierte und so den elektrischen Strom (aus großen Kondensatorbatterien) gut leitende Gas steht unter dem Einfluß des Magnetfeldes, das sich um jeden elektrischen Strom aufbaut: Das Magnetfeld drückt das Gas zusammen (Pinch-Effekt) und trägt so sekundär zu einer weiteren Temperaturerhöhung bei. Man kann auch noch ein zusätzliches Magnetfeld auf die Entladung einwirken lassen und derart wiederum die Temperatur steigern. Das heiße Gas bleibt jedenfalls so in der Rohrmittle — in einer „magnetischen Flasche“. (Es gibt keinen Werkstoff, der die hohen Temperaturen aushalten könnte. Nur in der „magnetischen Flasche“ kann man diese Entladungen handhaben.)

Beheizung und ein magnetisches Umpumpen des Plasmas in einem geschlossenen Rohr vor, während man gleichzeitig durch einen besonderen Kunstgriff die verhältnismäßig kühleren Teile des Plasmas abstreift. Man hat sogar bereits Verfahren entwickelt, die es gestatten, ein Plasma von etwa 1 000 000 °C Temperatur zu „handhaben“. Es gibt ein Spezialgerät, in dem man eine Plasma-„Wolke“ aus einem Geräteteil in einen anderen überführen kann, etwa so, wie man eine Flüssigkeit in einem Rohr fließen läßt. Während man das Gasplasma in den älteren Geräten nur für maximal  $1/10$  Sekunde bestehen lassen konnte, da dann die Energie der Kondensatorbatterien erschöpft war, ist es im Stellarator (s. Abb. 3) möglich, bis zu 10 Sekunden die höchsten Temperaturen aufrechtzuerhalten.

Von vielen Forschern sind Neutronenaussendungen bei den Experimenten beobachtet worden. Aber mit fast absoluter Sicherheit läßt sich sagen, daß diese nicht Fusionsreaktionen entstammten, sondern Nebenprozessen. Keiner der Physiker glaubte, es verantworten zu können zu sagen: „Wir haben eine Fusion erreicht“. Während die amerikanischen Forscher ihr Hauptbestreben auf vier apparativ verschiedene Verfahren richten, will man in England Versuche mit einem neuen größeren Zeta-Gerät anstellen. In der UdSSR hat man übrigens innerhalb eines halben Jahres das Zeta-Gerät kopiert (Abb. 1), konzentriert das Interesse aber jetzt auf „Ogra“ (vgl. Abb. 4), eine Maschine, 20 m lang, bei der das Plasma

durch „magnetische Spiegel“ zusammengehalten wird. (Dieser Gedanke wird auch in USA verfolgt.) In Deutschland ist man vergleichsweise über das Planungsstadium kaum hinausgekommen.

Selbst wenn es gelingt, in den nächsten Jahren echte Fusionsreaktionen nachzuweisen, so wird es doch noch vieler Arbeit bedürfen, bis man diese Reaktion so weit entwickelt, daß sie tatsächlich mehr Energie liefert, als man hineinstecken muß. Und ob in den nächsten Jahrzehnten gar mit einem Aggregat gerechnet werden darf, welches die Fusion wirtschaftlich nutzbar macht, dar-

über läßt sich heute noch nichts sagen. Wir müssen zufrieden sein, daß einige brauchbare neue Ansätze zu einer Plasmaphysik entstanden sind<sup>2)</sup>.

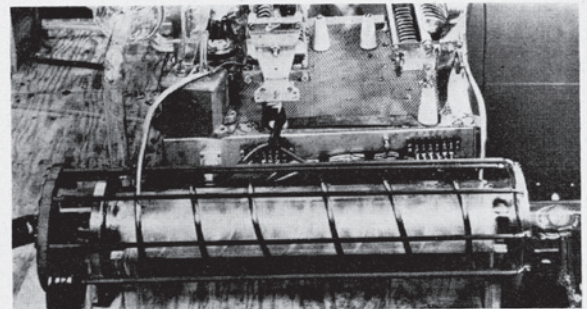


Abb. 3. Gesteuerte Kernfusion. Der sogen. „Stellarator“, ein großes Experimentiergerät mit geradem Entladungsrohr für thermonucleare Reaktionen, wird nach dem hier gezeigten Modell an der Universität Princeton gebaut; er soll frühestens Ende 1960 in Betrieb genommen werden.

### Jede alte Bombe tut's?

Wir sind gewohnt, die Spaltungs-Kernenergie mit den Begriffen „Reaktor“ und „Elektrizitätserzeugung“ zu verbinden. Das ist an sich vollkommen falsch! Man muß nicht einmal einen Reaktor bauen, um die Kernenergie auszunutzen. USA-Wissenschaftler haben auf der Konferenz den kaum zu übersetzenden Ausdruck „geographical engineering“ geprägt. Sie wollten damit sagen, daß man Kernenergie gegebenenfalls in Form von Bomben dazu verwenden kann, um Kanäle anzulegen, für den Straßenbau Berge zu zertrümmern und was sich dergleichen mehr ausmalen läßt. Man wird sofort einwenden, daß bei derartigen Experimenten ja die ganze Gegend radioaktiv verseucht würde. Allein, nach Ansicht von Professor Teller (USA) sollte man das nicht anders als eine „technische Schwierigkeit“ bewerten. Er glaubt, daß man, wenn wirklich notwendig, Maßnahmen entwickeln kann, um diejenigen Neutronen, welche sonst eine Unzahl von Radioisotopen erzeugen, wegzufangen. Allerdings mußten die amerikanischen Forscher, die diese Vorschläge unterbreiteten, auf einen Einwand ihrer russischen Kollegen hin zugeben, daß man nicht gerade die alten Bomben für „geographical engineering“ nehmen sollte, da diese besonders viel radioaktiven Abfall liefern.

<sup>2)</sup> Die Begeisterung eines britischen Physikers soll so weit gegangen sein, daß er im Kreise einiger Kollegen im „Pare des Nations“ einen Kopfstand machte, um plastisch mit seinen Beinen die Form des speziellen Magnetfeldes zu demonstrieren. „Und nun weiter“, rief ihm ein Zuschauer zu, „nun machen Sie mal wie der Stellarator!“

Fortsetzung nebenstehend

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

als „politisches Chemie-Thema“ lesen Sie in dieser CLB wieder einmal etwas über Kohlendioxid. Zwar hat unser Stammautor Wolfgang Hasenpusch die Thematik bereits in seinem Artikel „Treibhausgase – die Erde im Schwitzkasten“ vor zwei Jahren in CLB 06-2007 mit angesprochen. Diesmal geht es jedoch speziell um CO<sub>2</sub>, und das aus gutem Grund: Die weltweite Wahrnehmung dieses Stoffes für die Temperaturbalance unseres Planeten hat seitdem über die Maße zugenommen – nicht nur Obama sei Dank.



Ganz bedeutend: Die freie Wirtschaft präsentiert ein 400 Milliarden-Leuchtturm-Projekt: Solarstrom aus der Wüste soll unseren Strombedarf zu beträchtlichen Teilen decken. Das ist besser als eine Mondlandung, zumal nicht eine Staatsmacht dahinter steht, sondern ein langfristig auf Gewinn ausgerichtetes Firmenkonsortium – das andererseits darin eventuell auch einen Rettungsanker sieht, Großtechnologie mit den darin liegenden Gewinnmöglichkeiten in die Zukunft zu schaffen.

Freilich macht die Industrie auch in anderer Weise hinsichtlich CO<sub>2</sub>-Vermeidung von sich reden: Mit der

Abscheidung und unterirdischen Speicherung von Kohlendioxid aus Kraftwerken. Sicher ist so etwas denkbar; die Bundeskanzlerin sieht darin schon eine weitere technologische Vorreiterrolle Deutschlands. Aber mal ehrlich: Wollen Sie ihr Haus auf einem Sektorkorken stehen haben ;-)?

Mit dem nötigen Ernst: Natürlich werden Betreiber von Carbon Dioxide Capture and Storage-Anlagen – kurz CCS – jede nötige Sorgfaltspflicht aufbringen, dass deren Betrieb sicher erfolgt. Ein parlamentarischer Schnellschuss für ein CCS-Gesetz noch in dieser Legislaturperiode, das die rechtliche Grundlange für solche Anlagen schaffen soll, wurde jedoch zurecht gerade verhindert. Zu komplex ist die Problematik – zumal es rege Konkurrenz um unterirdischen Speicherplatz gibt, siehe Seite 274.

Meine Meinung: CCS-Forschung ja, auch Pilotanlagen, eventuell zwischenzeitlich Großanlagen. Von der grundsätzlichen Auslegung der Technik her hat die Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Ausstoß jedoch die erste Priorität. Ich sehe einer elektrifizierten Zukunft positiv entgegen, mit Solarstrom aus der Wüste, von unseren Dächern, Windenergie von den Küsten, mit den dafür notwendigen Speichertechnologien. Das ist aber eine Langfristperspektive. Um sie zu erreichen sollten unsere Kernkraftwerke nicht vorzeitig abgeschaltet werden; sie sichern heute unsere Energieversorgung, und nicht alles ist Krümmel. Große Strukturen zu verändern benötigt seine Zeit, und die Stromversorgung der Welt hat eine große Struktur, die immerhin zur Zeit 18 000 Terawattstunden jährlich bereitstellt; 550 davon werden in Deutschland verbraucht.

Und noch mehr Strom wäre durchaus wünschenswert. Stellen Sie sich vor, Sie geben in Ihrem Auto kein Gas mehr, sondern Sie bringen nur Elektromotoren zu leise vernehmbaren Surren... Unsere jetzigen Fahrzeuge erscheinen demgegenüber wie Dampfmaschinen.

Ihr

Als Option der zukünftigen Grundlastversorgung mit Strom gilt auch die Kernfusion, deren Kraftwerke – so es sie irgendwann geben sollten – aufgrund ihrer Physik inhärent sicher wären. Zur Zeit sieht es aber wieder einmal so aus, als würde die „Fusionskonstante“ zuschlagen (s.S. 273): Die geschätzte Zeitdauer, wann es Fusionskraftwerke gibt, liegt seit 50 Jahren bei 50 Jahren ;-). Siehe z.B. den nebenstehenden CLB-Artikel vom Dezember 1958...

494 Atomkonferenz Genf 1958



Bemerkenswert dürfte bei dieser Atombombenverwertung der Vorschlag sein, Schieferöl-Vorkommen entsprechend zu erschließen oder etwa die fast unerschöpflichen westkanadischen Athabasca-Teersande rationell auszuwerten. Man stellt sich etwa vor, daß durch eine atomare Untergrundexplosion das Gestein bzw. die Sande aufgesprengt werden (ohne daß die Explosion die Erdoberfläche erreicht), so daß sich Hohlräume bilden. Durch die ungeheure Hitze kommt das Öl zum Fließen und kann durch Tiefpumpen an die Oberfläche gebracht werden. Vorausgesetzt ist selbstverständlich, daß durch solche Explosionen die Gesteinsformationen nicht so weitgehend zerstört werden, daß das Öl in tiefere Schichten absickert.

*Direkte Ausnutzung der Reaktorenenergie*

Es ist ziemlich witzlos zu fragen „Ist Kernenergie wirtschaftlich?“ Eine Reaktor-Kilowattstunde kann teuer oder billig sein, es kommt dabei wenig auf den Reaktortyp an. Die Frage ist vielmehr: „Was würde an der betreffenden Stelle unserer Erde Energie, auf herkömmliche Weise erzeugt, kosten?“ Ein Kohlenkraftwerk in einer Gegend, in welche man die Kohlen etwa auf dem Kamelrücken transportieren muß, wird einem Kernenergiekraftwerk unterlegen sein. Ein Kernenergiekraftwerk aber an einem Punkt, an dem es billige Kohlenvorkommen gibt oder an dem man über große Wasserkraftreserven verfügt, muß unrentabel sein. Wir sehen, es ist der Energietransport, der letzten Endes den Ausschlag gibt. Die Monopolstellung etwa unserer deutschen Elektrizitätswerke beruht ja auch weniger darauf, daß sie zu einem bestimmten Preis eine Kilowattstunde erzeugen, als daß sie ein Monopol für den Stromtransport – Überlandleitungen und dergleichen – besitzen. Wenn man also die Leistungen von Reaktoren betrachtet, so sollte man zunächst einmal diejenige nehmen, bei der die Reaktorenenergie direkt ausgenutzt wird und nicht in Form von Elektrizität über Land verschickt wird. Es gibt davon eine ganze Anzahl. So kann

# INHALT

## Aufsätze

Gegenstromverteilungschromatographie Präparative Isolierung von acylierten Anthocyanen aus Gemüse	248
Entdeckung von Indium und Germanium Chemiegeschichte in Freiberg/Sachsen	256
Kohlendioxid als Treibhausgas Einsparpotenziale durch neue chemische und technische Prozesse – und anderes Verhalten	262

## Rubriken

Editorial	241
Impressum	243
F & E im Bild	243
Unternehmen	244
Personalia	246
Förderungen / Preise	247
Umschau	270
„Singularität“: Vor dem Umbruch in der Energieerzeugung: Kohle- und Atomstromausstieg langfristig machbar	
Literatur	275
Neue Produkte	277
Bezugsquellenverzeichnis	279



Zum Titelbild:

Das solarthermische Parabolrinnen-Kraftwerk Andasol 1 im südspanischen Andalusien. Die Anlage hat eine Leistung von 50 Megawatt (siehe dazu den Artikel „Umbruch in der Energieerzeugung“ (S. 270 ff.) sowie „Treibhausgas CO<sub>2</sub>“ (S. 262 ff.; Foto: Solar Millennium AG).

## CLB-Memory

lohnspiegel.de: Monatseinkommen von Technikern Chemietechniker verdienen am meisten	M41
Motorsegler Antares DLR-H2 – ein Experiment zur Energiewende Mit der Brennstoffzelle über den Wolken	M42
Kohlendioxid-Abscheidung und -Speicherung (CCS) Neue Millionen für die Erforschung	M44
Fresenius-Konferenz „Behaviour of Pesticides in Air, Soil and Water“ Mangelnde Verständigung mit der Politik	M46
Metallische Werkstoffe: Nichteisenmetalle Mehrere richtige Antworten pro Frage sind möglich.	M48



## Fluoreszenz mit Ultraschall sichtbar gemacht

Mit einer Kombination aus Licht und Ultraschall können Forscher der Technischen Universität München und des Helmholtz Zentrums München fluoreszierende Proteine mehrere Zentimeter tief in lebendem Gewebe sichtbar machen. Bisher scheitern auch moderne Techniken an der starken Lichtstreuung jenseits von einem Millimeter Gewebedicke. Jetzt neu: Wissenschaftler um Vasilis Ntziachristos haben dreidimensionale Bilder eines sechs Millimeter dicken, erwachsenen Zebrafisches erzeugt. Dazu machen sie Licht hörbar: Sie bestrahlen den Fisch von verschiedenen Seiten mit Laserblitzen, die im Inneren des Fischkörpers auf Fluoreszenzfarbstoffe treffen; die Farbmoleküle wurden dem Fisch gentechnisch angezchtet. Wenn die Fluoreszenzfarbstoffe unter den Laserblitzen aufleuchten, erwärmt sich ihre Umgebung, die sich ein wenig ausdehnt. Weil dies extrem schnell geschieht, entsteht eine Druckwelle. Ein kurzer Laserimpuls erzeugt so eine Art Ultraschall-Echo, das die Forscher mit einem Ultraschall-Mikrofon einfangen. Der eigentliche Trick allerdings sind speziell entwickelte mathematische Formeln. Mit denen rechnet ein angeschlossener Computer das Schallwellenmuster, das durch Schuppen, Muskeln, Rippen, Gräten und Einweide des Fisches in unterschiedlicher Weise verzerrt wird, in ein dreidimensionales Bild um. Das Ergebnis der „Multi-spektralen opto-akustischen Tomographie“, kurz MSOT, ist ein Bild mit einer beachtlichen Auflösung von 40 Mikrometern. Und: Der für Untersuchung betäubte Fisch erholt sich nach der Prozedur wieder vollständig. Erstmals können Biologen so die Entwicklung von Organen, Zellfunktionen und Aktivitäten von Genen durch mehrere Millimeter Gewebe hindurch verfolgen. Bislang war es nötig, Tiere in verschiedenen Entwicklungsstadien zu töten und Gewebedünnschnitte miteinander zu vergleichen, um Entwicklungen von Organen oder das Fortschreiten von Krankheiten verfolgen zu können. Die riesige Vielfalt bereits erhältlicher Fluorochromfarbstoffe wird die Untersuchung von biologischer Prozesse in einer Vielzahl lebender Organismen möglich machen – vom Fisch bis hin zu Maus und Mensch. Auch die pharmazeutische Forschung könnte so deutlich beschleunigt werden, wenn die molekularen Effekte neuer Krebswirkstoffe über längere Zeit in einem Tier verfolgt würden. Ebenso soll es möglich sein festzustellen, welche Gene in Geweben von Fliegenlarven und Fischen aktiv sind (Abb.: Vasilis Ntziachristos).

### Impressum

**CLB**  
Chemie in Labor und Biotechnik

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

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

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

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

**Ständige Mitarbeiter:**  
Dr. Maren Bulmahn, Bensheim;  
Prof. Dr. Wolfgang Hasenpusch, Hanau;  
Dr. Mechthild Kässer, Diekholzen;  
PD 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.  
© 2009 Agentur und Verlag Rubikon  
Rolf Kickuth

**Bezugspreise:**  
CLB Chemie in Labor und Biotechnik  
mit der Beilage „CLB-MEMORY“. Einzelheft – außerhalb des Abonnements – 11,00 Euro, im persönlichen Abonnement jährlich 100,00 Euro zuzüglich Versandkosten; ermäßigter Preis für Schüler, Studenten und Auszubildende (nur gegen Vorlage der Bescheinigung) jährlich 76,45 Euro zuzüglich Versandkosten, inkl. 7% MWSt. Ausland sowie Firmen- bzw. Bibliothekenabonnements auf Anfrage. Bezug durch den Buchhandel und den Verlag. Das Abonnement verlängert sich jeweils um ein weiteres Jahr, falls nicht 8 Wochen vor Ende des Bezugsjahres Kündigung erfolgt.

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

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

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

ISSN 0943-6677



## Monsanto und BASF entwickelten neues Mais-Gen

# Stabile Mais-Erträge trotz Wasserknappheit

**W**issenschaftler von Monsanto und BASF haben ein Gen entdeckt, das Maispflanzen hilft, Trockenperioden besser zu überstehen.

Dem Bericht der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) zufolge sind künftig häufigere und längere Trockenperioden zu erwarten, insbesondere in Gegenden, die bereits jetzt stark von Trockenheit betroffen sind.

Der genmanipulierte Mais enthält das cspB-Gen aus dem Bakterium *Bacillus subtilis*, welches für die Bildung eines RNS-Chaperons verantwortlich ist. Dieses Protein bindet an Ribonucleinsäuren und unterstützt deren Funktion. Es wurde in Bakterien gefunden, die ex-

tremer Kälte ausgesetzt waren. Das cspB-Gen bewirkt, dass Maispflanzen auch bei länger andauernder, unzureichender Wasserversorgung wachsen und sich entwickeln.

In Feldversuchen des vergangenen Jahres in den Western Great Plains (USA) bewirkte trockenoleranter Mais eine Ertragssteigerung von sechs bis zehn Prozent gegenüber dem durchschnittlichen Ertrag von 70 bis 130 bushels per acre (das entspricht 4,4 bis 8,1 Tonnen pro Hektar). Landwirte sollen den trockenoleranten Mais voraussichtlich ab 2012 nutzen können. Die Produktzulassungen wurden vorläufig in Nordamerika, Kolumbien und in der EU beantragt.

Monsanto und BASF investierten über die gesamte Dauer der Zusammenarbeit von 2007 an US\$ 1,5 Milliarden (etwa EUR 1,2 Mrd.). Der trockenolerante Mais ist das

erste Produkt einer Folge von trockenoleranten Pflanzen, die im Laufe des kommenden Jahrzehnts auf den Markt kommen sollen. Die zweite Generation trockenoleranter Maispflanzen befindet sich derzeit in der Entwicklung.

BASF führt Screenings von Pflanzengenen mit einem hohen Durchsatz durch. Das so gesammelte Know-how über die Funktion von Pflanzengenen bildet damit den größten und genauesten Genpool für Ertrags- und Stresstoleranzmerkmale der gesamten Branche.

Die Discovery-Plattform von Monsanto wird für das Screening, die Evaluierung und Optimierung von Genen mit vielversprechenden Eigenschaften bezüglich Ertragssteigerung und Trockenoleranz eingesetzt. Das Unternehmen fördert diese Plattform selbst mit täglich US\$ 2,6 Millionen (etwa EUR 1,8 Mio.).

### NACHRICHTEN & NOTIZEN

**Der Lanxess AG** hat die Preise für das Produktportfolio der Business Unit Basic Chemicals (BAC) um sieben Prozent erhöht, weil Rohstoffe und Energie teurer geworden sind. Die wichtigsten Produktgruppen sind Chlorbenzole, Chlortoluole, Kresole, Nitrotoluole, Polyole und Oxidationsprodukte.

**Die Eurofins Scientific** wurde in den französischen Aktienindex SBF 120 (Société des Bourses Françaises 120) an der Pariser Börse aufgenommen. Der Index beinhaltet die 120 größten Unternehmen basierend auf ihrer Marktkapitalisierung und ihres Handelsvolumens an der NYSE Euronext Paris. Der Index dient als Benchmark für die Bewertung des in französische Aktien investierten Kapitals von Fondsgesellschaften.

**Sartorius Stedim Biotech** (SSB) weitet die Produktion für Verbrauchsmaterialien (Einwegprodukte) zur Herstellung von Impfstoffen durch Zusatzschichten in den südfranzösischen Werken Aubagne und Lourdes aus, seitdem die Impfstoff-Industrie die Produktion des A (H1N1) Vakzins gestartet hat. SSB ist Vorzugslieferant für mehrere Impfstoffhersteller.

**Der BASF-Unternehmensbereich Paper Chemicals** sowie die Geschäftseinheiten Coatings & Starch Europe und Wet End Chemicals haben nun ihren Sitz in Basel, ebenso wie die europäische Geschäftseinheit für Plastic Additives und die weltweit zuständigen Einheiten für Technologiemanagement und die Restrukturierung des Pigmentgeschäfts. Dort richtet die BASF auch das Business Center Switzerland und ein Forschungszentrum Kunststoffe, Beschichtungen und Papier ein.

### SO<sub>2</sub>-Emission reduziert

Die Bayer Technology Services GmbH (BTS) hat von Berzelius Stolberg GmbH, dem größten europäischen Bleihersteller mit Sitz in Stolberg bei Aachen, den Auftrag zum Bau einer Schwefelsäureanlage nach dem Bayqik-Verfahren (Quasi-Isotherme-Katalyse) erhalten. Damit kann die SO<sub>2</sub>-Eintrittskonzentration um bis zu 50 Volumenprozent angehoben werden. Zusammen mit einer optimierten Prozessführung wird dadurch ein höherer Umsatz erreicht, das heißt die Schwefeldioxid-Emissionen werden gesenkt. Gleichzeitig wird die vorhandene Anlagenkapazität um mindestens 30 Prozent erhöht. Die Gesamtanlage erreicht eine Tageskapazität von 450 Tonnen Schwefelsäure. Schwefelsäure ist eine Grundchemikalie der chemischen und metallverarbeitenden Industrie und wird bei der Düngemittelherstellung, dem Erzaufschluss zur Metallgewinnung oder beim Metallrecycling eingesetzt.

### Innovative Säurerückgewinnung

Mit einer weiterentwickelten Technik bereitet die Thyssen-Krupp Nirosta jetzt die verbrauchte Mischsäure aus den Glüh- und Beizanlagen im Kaltbandwerk Krefeld auf: Im Produktionsprozess wird eine Mischung aus Fluss- und Salpetersäure eingesetzt, um die Zunderschicht von der Oberfläche des geglühten Edelstahls abzutragen. Die verbrauchte Säure muss regelmäßig durch frische ersetzt werden. Mit dem neuen Verfahren des Anlagenbauers Andritz AG werden in einem thermisch unterstützten Prozess Metalle und regenerierte Mischsäure zurück gewonnen und dem Beizprozess wieder zugeführt. Es entsteht weniger und stickstoffärmeres Abwasser sowie ein Rückgang der transportierten Säure- und Schlammmenge. Mit Hilfe der Altsäure-Regeneration wird auch der Kalkverbrauch deutlich vermindert werden.

## Europäisches Chemie-Konsortium möchte Ressourcen schonen

# Paradigmenwechsel in der Produktion

**Mit dem EU-Förderprojekt „F3 Factory“ startete ein Programm zur Entwicklung effizienter und nachhaltiger Prozesse in der Chemieindustrie. 25 Partner aus ganz Europa haben sich hierfür zusammen gefunden.**

F3 Factory steht für „Flexible, Fast and Future Factory“: Effizienz sowie Flexibilität steigern, Rohstoffkosten senken.

Erstmals arbeiten führende europäische Großunternehmen der Branche gemeinsam mit Forschungsinstituten und Hochschulen (in Deutschland die TU Dortmund, die RWTH Aachen, die Ruhr-Universität Bochum, das Forschungszentrum Karlsruhe sowie die Universität Paderborn) in einem Konsortium an neuen Technologien und Produktionskonzepten. Das Projekt, koordiniert von Bayer Technology Services in Leverkusen, wird über vier Jahre laufen und hat ein Volumen von 30 Millionen Euro, davon 18 Millionen Euro aus der EU.

Das Konsortium will mittels schnellerer und flexiblerer Herstellungsverfahren die weltweite Technologieführerschaft der europäischen Chemieindustrie nachhaltig stärken.

Ziel ist es, die modulare kontinuierlich betriebene Fabrik (F3 Factory) methodisch zu entwickeln, zugehörige Prozesse und Schnittstellen zu standardisieren sowie die F3 Factory für konkrete Produkte zu demonstrieren. Die Effizienz und Skalierbarkeit von world-scale Anlagen soll mit der Flexibilität einer Batch-Anlage kombiniert werden. Es soll sparsamer mit Rohstoffen und Energien umgegangen werden. Denn zusammen bedingen diese rund 70 bis 80 Prozent der Herstellungskosten und damit meist mehr als der Kostenfaktor Arbeit.

Man will die technische Machbarkeit des F3 Factory Konzepts belegen, und zeigen, dass F3 Factory Prozesse wesentlich wirtschaftlicher, ökoeffizienter und nachhaltiger sind als konventio-

nelle Prozesse in kontinuierlich arbeitenden großtechnischen Verfahren oder bei kleinen und mittleren Batch-Betrieben.

Auch an der Entwicklung konkreter Produkte wie lösungsmittelfreie Polymere, kundenspezifisch differenzierte Tenside, hochwertige Wirkstoffzwischenstufen und innovative Werkstoffe auf Basis nachwachsender Rohstoffe wird gearbeitet. Ein Demonstrations- sowie Entwicklungszentrum soll dazu im Chempark Leverkusen Anfang 2011 eröffnet werden.

Nach Berechnungen des Konsortiums könnte die Chemieindustrie in Europa allein durch die Umstellung bestehender Produktionsanlagen auf das F3 Factory Konzept bereits rund 3,75 Milliarden Euro einsparen, und zusätzlich neue Märkte eröffnen.

Das F3 Factory Konsortium, 25 Partner aus ganz Europa, umfasst Mitglieder aus Belgien, Dänemark, Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Niederlande, Polen, Schweden und Tschechien.

## Kautschuk in Singapur: Bessere Technik 2014

Der Spezialchemie-Konzern Lanxess verschiebt angesichts der anhaltenden Weltwirtschaftskrise den Bau des neuen Butylkautschukwerkes in Singapur. Der Produktionsstart ist für 2014 geplant. Das Leverkusener Unternehmen nutzt die Verschiebung, um ein neues Verfahren zur Herstellung von Butylkautschuk im neuen Werk einzusetzen. Ursprünglich sollte die bis zu 400 Millionen Euro teure Produktionsstätte in Singapur mit einer Kapazität von rund 100 000 Tonnen den Betrieb im Jahr 2012 aufnehmen. In den kommenden 24 Monaten wird das bislang erst im Pilotbetrieb erfolgreich getestete Verfahren mit Hochdruck für den Einsatz in Singapur entwickelt.

### Neue WITec Firmenzentrale

Die WITec GmbH, Hersteller von nano-analytischen Mikroskopsystemen, ist in ihre neue Firmenzentrale im Ulmer Science Park eingezogen. Der Neubau mit 1900 qm Gesamtfläche bietet Platz für moderne Produktions-, Seminar- und Büroräumlichkeiten der fast 30 Mitarbeiter. Das neue Gebäude war erforderlich, um der wachsenden Nachfrage nach hochauflösenden Mikroskopietechnologien gerecht werden zu können, beispielsweise der konfokalen Raman Mikroskopie, der Rasterkraftmikroskopie und der optischen Nahfeldmikroskopie. WITec hat ihren Hauptsitz in Ulm, und unterhält daneben eine Niederlassung in Maryville, TN, USA.



**BDVB** Die 12 000 Mitglieder des Bundesverbandes Deutscher Volks- und Betriebswirte (bdvb) wählten in Düsseldorf ihr Präsidium: Auf Prof. Dr. Dr. h.c.mult. Franz Peter Lang (61), bdvb-Präsident seit November 2002, folgt **Cornelia Scott** (39). Sie ist Professorin an der Hochschule Anhalt, bisher schon Mitglied des Präsidiums und Leiterin der Fachgruppe Internationale Wirtschaft. Ihre Stellvertreter sind der wiedergewählte geschäftsführende Vizepräsident Dipl.-Volksw. Dieter Schädiger (Kaarst) sowie die Vizepräsidenten Dr. Arno Bothe (Remscheid) und Dipl.-Kff. Marita Moskwyn (Berlin), die bereits dem Präsidium angehörten.

**HELMHOLTZGEMEINSCHAFT** Der Senat der Helmholtz-Gemeinschaft hat den Physiker **Prof. Dr. Jürgen Mlynek** für eine weitere Amtsperiode bis 2015 als Präsident gewählt.

**OPTECNET** Zum neuen Vorstandsvorsitzenden von OptecNet Deutschland e.V., mitgliederstärkster Photonik-Zusammenschluss in Deutschland, wurde **Dr. Andreas Ehrhardt** (Photonics BW e.V.) gewählt. Dr. Ehrhardt ist bereits seit fünf Jahren im Vorstand von OptecNet Deutschland e.V. als stellvertretender Vorstandsvorsitzender tätig. OptecNet ist der Zusammenschluss der neun regionalen Kompetenznetze Optische Technologien HansePhotonik, OpTecBB, OpTech-Net, Optence, OptoNet, PhotonAix, PhotonicNet, Photonics BW sowie bayern photonics.

**REVOTAR BIOPH. AG** Der Betriebswirt **Ludwig Felber**, Mitgründer und bislang Managing Director der Investmentbank Viscardi AG, ist zum Chief Financial Officer und Vorstandsmitglied der Revotar Biopharmaceuticals AG ernannt worden. Herr Felber begann seine Karriere bei Lehman Brothers in Frankfurt und London beziehungsweise bei den Investmentbanken der HypoVereinsbank in Tokyo und New York.



## EHRUNGEN

Die Saar-Uni verlieh den mit 12 500 Euro dotierten **Horst-Dietrich Hardt-Preis** der Elisabeth- und Prof. Dr. Horst-Dietrich Hardt Stiftung an **Prof. Dr. Christian Limberg** von der Humboldt-Universität zu Berlin. Mit dem Preis wird Prof. Limberg für seine Forschungsarbeiten zu katalysierten Oxidations- und Oxygenierungsreaktionen in der Anorganischen Chemie geehrt. Der Preis wird alle drei Jahre vergeben.

Die Universität Bielefeld und die Westfälisch-Lippische Universitätsgesellschaft (WLUG) verliehen den **Karl Peter Grotemeyer-Preis** für hervorragende Leistungen und persönliches Engagement in der Lehre. In diesem Jahr wurden drei mit jeweils 3000 Euro dotierte Preise vergeben, in den Fächergruppen Geisteswissenschaften, Gesellschaftswissenschaften und Naturwissenschaften. Die Biologin und **Juniorprofessorin Dr. Christiane Werner Pinto** (40) von der Fakultät für Biologie, Bereich Experimentelle Ökologie und Ökosystembiologie der Universität Bielefeld erhielt den Preis im Bereich der Naturwissenschaften.

Für ihre Forschungsarbeiten erhielten zwei Ingenieure der Ruhr-Universität Bochum den **Gebr. Eickhoff-Preis 2009**. In seiner Dissertation eröffnet **Dr.-Ing. Frank Scharf** (31) (Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik) einen neuen Einblick in die etwa zehn Mikrometer breite Randschicht des Plasmas in modernen HID-Lampen und erweitert damit die Kenntnis über deren Leuchteigenschaften. **Dr.-Ing. Marc-André Beyer** (Fakultät für Maschinenbau) entwirft in seiner Dissertation ein Softwarewerkzeug und neue Algorithmen für die Entwicklung kybernetischer Systeme, etwa Roboter oder Navigationssysteme, die trotz Unsicherheit selbstständig urteilen müssen. Der Eickhoff-Preis ist mit jeweils 3000 Euro dotiert.

Der Biophysiker und Chemiker **Prof. Ernst Bamberg** (69) vom Max-Planck-Institut für Biophysik in Frankfurt wurde für seine Arbeiten auf dem Gebiet der Membranbiophysik mit dem **Wissenschaftspreis des Stifterverbandes 2009** ausgezeichnet. Der Preis ist mit 50 000 Euro dotiert. In einer Kooperation mit Kollegen von der Stanford University und der Universität Frankfurt hat Ernst Bamberg diemikrobielle Channelrhodopsine entdeckt, lichtaktivierbare Ionenkanäle. Die Anwendung dieser Kanäle und der lichtgetriebenen Chloridpumpe Halorhodopsin hat das neue Gebiet der Optogenetik erschlossen, und es ist jetzt möglich, Nervenzellen im Gehirn durch Licht ein- und abzuschalten, um so die Rolle bestimmter Zellen in neuronalen Netzen zu erforschen.

Der mit 20 000 Euro dotierte **Wissenschaftspreis** vom Industrie-Club Düsseldorf und der Nordrhein-Westfälischen Akademie der Wissenschaften und der Künste wurde in Düsseldorf an **Dr. rer. nat. Axel Jacobi von Wangelin** vom Institut für Organische Chemie der Universität Köln verliehen. Er erhielt den Preis für seine Arbeit auf dem Gebiet nachhaltiger und umweltverträglicher Methoden für die organische Synthese-Chemie.

Die Max-Planck-Gesellschaft in Mainz hat **Richard Hanke-Rauschenbach** (31), Diplomingenieur für Energietechnik am Max-Planck-Institut Magdeburg, die mit 5000 Euro dotierte **Otto-Hahn-Medaille** für den wissenschaftlichen Nachwuchs der Max-Planck-Gesellschaft verliehen. Richard Hanke-Rauschenbach wird damit für seine Arbeiten zur strukturierten Modellierung und nichtlinearen Analyse des systemischen Verhaltens von Wasserstoffbrennstoffzellen (PEMFC) ausgezeichnet. Hanke-Rauschenbach hat wesentlich dazu beigetragen, das nichtlineare Verhalten der Wasserstoffbrennstoffzelle im Selbstbefeuchtungsmodus aufzuklären.



Der mit 20 000 CHF dotierte **Peter Hans Hofschneider Recherchepreis** für Wissenschafts- und Medizinjournalismus zeichnet journalistische Beiträge aus, die politische, gesellschaftliche und wirtschaftliche Hintergründe der Forschung sowie der wissenschaftlichen Qualitätssicherung beleuchten. Die Auszeichnung wird von der Stiftung experimentelle Biomedizin (Zürich) und in Kooperation mit der TU Dortmund sowie dem „netzwerk recherche“ vergeben. In diesem Jahr erhielt die Düsseldorfer Medizinjournalistin **Nicola Kuhrt** den Preis für ihren Artikel „Der Pharmamarkt? Ein Bazar!“ in der Frankfurter Allgemeinen Sonntagszeitung sowie für eine neue Rechercheskizze zum Thema „Pillen um jeden Preis“. Im Mittelpunkt stehen dabei die aktuellen Entwicklungen des Pharma-Markts.

Der mit 15 000 Euro dotierte **Kind-Philipp-Preis 2008** geht an den Arzt und Wissenschaftler **Dr. Stefan Pfister** und zwei seiner Kollegen im Deutschen Krebsforschungszentrum. Dr. Pfister entdeckte bei der DNA-Analyse von Kindern mit bösartigen Hirntumoren molekulare Marker, die eine Vorhersage des Krankheitsverlaufs ermöglichen. So kann die Therapie dem Patienten individuell angepasst werden, beispielsweise kann die Intensität der Therapie bei Patienten mit günstigem Verlauf mit Rücksicht auf gravierende Nebenwirkungen vermindert werden.

**Prof. Joachim Hauber** vom Heinrich-Pette-Institut in Hamburg und **Dr. Frank Buchholz** vom Max-Planck-Institut in Dresden sind die diesjährigen Preisträger des **HIV/AIDS-Forschungspreises der H.W. & J. Hector-Stiftung**. Der mit 20 000 Euro dotierte Preis wurde am 25. Juni 2009 im Rahmen des Deutsch-Österreichisch-Schweizerischen AIDS-Kongresses SÖDAK2009 in St. Gallen verliehen. Die Forscher werden für ihre gemeinsame Arbeit zur Entfernung von HIV-1 aus infizierten Zellen geehrt.

## 180 000 Euro für besonders gute Schulen

Der mit 100 000 Euro dotierte Deutsche Schulpreis wird seit 2006 jährlich von der Robert Bosch Stiftung und der Heidehof Stiftung ausgeschrieben. Bewertet werden Leistung, Umgang mit Vielfalt, Unterrichtsqualität, Verantwortung, Schulleben und Schule als lernende Institution, sowie die Kooperation mit einem außerschulischen Partner. Neben dem Hauptgewinner erhalten vier weitere Schulen Preise von je 25 000 Euro. Die Stiftungen haben daneben noch zwei weitere mit je 15 000 Euro dotierte Preise ausgelobt: Der „Preis der Jury“ geht an eine Schule, die

unter ungewöhnlichen, häufig ungünstigen Bedingungen hervorragende Leistung erbringt und damit beispielgebend wirkt. Den „Preis der Akademie“ erhält eine Schule, die unabhängig von den Qualitätskriterien auf einem Gebiet Außergewöhnliches leistet und mit ihrer „pädagogischen Erfindung“ nicht zuletzt auch für die Akademie des Deutschen Schulpreises einen wertvollen Impuls setzt. Die Bewerbung sollte bis zum **30. September 2009** an folgende Adresse geschickt werden: Robert Bosch Stiftung, Der „Deutsche Schulpreis 2010“, Postfach 10 06 28, 70005 Stuttgart.

## Stipendium im Ausland Mikrosystemtechnik

Ab sofort können sich Studierende der Fachrichtungen Biologie, Biochemie, Biotechnologie, Bioverfahrenstechnik, Chemie, Chemieingenieurwesen, Medizin, Pharmazie, Physik und naturwissenschaftliche Fächer des Lehramts wieder bei der Bayer Science & Education Foundation um ein Stipendium im Ausland bewerben. Die Bayer-Stiftung stellt dafür jedes Jahr 150 000 Euro zur Verfügung. Die Förderung steht sowohl Studierenden aus Deutschland offen, die einen Auslandsaufenthalt planen, wie auch Studierenden aus dem Ausland, die eine Studienstation in Deutschland einlegen möchten. Bewerbungsschluss ist der **31. Juli 2009**. Die Bewerbungsunterlagen sind verfügbar unter [www.bayer-stiftungen.de](http://www.bayer-stiftungen.de).

Erneut vergibt der Förderverein Centrum für intelligente Sensorik e.V. (CiS e.V.) in diesem Jahr einen Preis für Diplom- bzw. Masterarbeiten auf den Gebieten der Sensorik, Aktorik und Mikrosystemtechnik sowie der Silizium-basierten Photovoltaik, vorzugsweise solche, die in Zusammenarbeit mit der Industrie entstanden und nicht älter als 2 Jahre alt sind. Der erste Preis ist mit 3000 Euro, der zweite mit 2000 Euro und der dritte mit 1000 Euro dotiert. Vorschlagsberechtigt sind Professoren, Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirats sowie alle Mitglieder des CiS e.V. Die Bewerbungsunterlagen sind bis spätestens **31. August 2009** einzureichen beim: Förderverein Centrum für intelligente Sensorik e.V., Konrad-Zuse-Straße 14, 99099 Erfurt.

Man muss das Wahre immer wiederholen, weil auch der Irrtum um uns her immer wieder gepredigt wird, und zwar nicht von einzelnen, sondern von der Masse. In Zeitungen und Enzyklopädien, auf Schulen und Universitäten, überall ist der Irrtum obenauf, und es ist ihm wohl und behaglich im Gefühl der Majorität, die auf seiner Seite ist.

Johann Wolfgang von Goethe (in seinen Gesprächen mit Johann Peter Eckermann, 16.12.1828)

# Präparative Isolierung von acylierten Anthocyanen aus Gemüse

Elyana Cuevas Montilla, Silke Hillebrand und Peter Winterhalter, Braunschweig

Die Erkenntnisse zum gesundheitlichen Nutzen von sekundären Pflanzeninhaltsstoffen haben in den letzten Jahren beträchtlich zugenommen. Zu dieser Stoffgruppe gehören auch die Anthocyane, die sich zunehmend im Fokus der medizinischen Forschung befinden. Diesen Naturstoffen, die in einer großen Anzahl von Nutz- und Arzneipflanzen enthalten sind, werden vielfältige gesundheitsfördernde Wirkungen zugeschrieben. Entsprechende Präparate besitzen daher ein außerordentlich hohes Marktpotential als Nahrungsergänzungsmittel. Eine geeignete Methode zur Isolierung von Anthocyanen aus pigmentierten Gemüsesorten stellt die Gegenstromverteilungs-

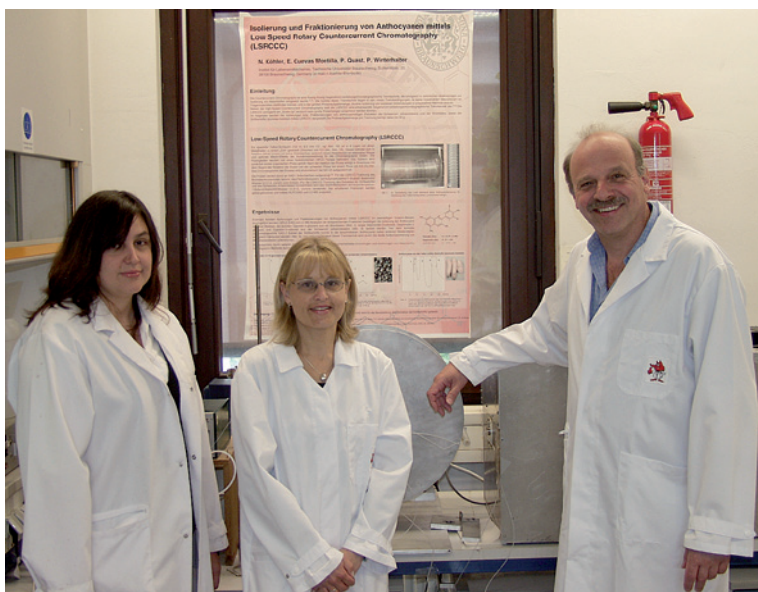
chromatographie (countercurrent chromatography; CCC) dar, denn dieses Verfahren ist schonend, verlustfrei und sehr viel kostengünstiger als alternative präparative Methoden. Unsere Untersuchungen befassen sich mit der Isolierung von acylierten Anthocyanen aus Gemüse (hier beispielhaft: Schwarze Karotte, Rotkohl und Maiz Morado). Mittels Gegenstromverteilungschromatographie: High-Speed Countercurrent Chromatography und Low Speed Countercurrent Chromatography (HSCCC und LSRCCC) gelang die präparative Isolierung zahlreicher Anthocyanderivate, die nachfolgend über HPLC-DAD, LC-ESI-MS<sup>n</sup>, ESI-MS<sup>n</sup> und NMR-Spektroskopie charakterisiert wurden.

## Die Autoren

**Staatl. gepr. Lebensmittelchemikerin Elyana Cuevas Montilla** (links) studierte Lebensmittelchemie an der TU Braunschweig und ist jetzt Doktorandin am Institut für Lebensmittelchemie mit dem Thema Isolierung und Strukturaufklärung von Naturstoffen aus anthocyanhaltigen Gemüse- und Obstarten.

**Dr. Silke Hillebrand** ist Diplom-Chemikerin und staatl. gepr. Lebensmittelchemikerin und befasst sich seit 2000 als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Lebensmittelchemie der TU Braunschweig mit der Analytik von phenolischen Inhaltsstoffen in anthocyanhaltigen Obst- und Gemüsesorten.

**Prof. Dr. Peter Winterhalter** ist Professor am Institut für Lebensmittelchemie der TU Braunschweig. Seine aktuellen Forschungsschwerpunkte liegen z.B. in der Naturstoffisolierung mittels präparativer Trenntechniken sowie deren Charakterisierung.



Früchte und Gemüse enthalten neben Vitaminen und Mineralstoffen zahlreiche sekundäre Pflanzenstoffe. Vor allem Anthocyane sind als sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe ein derzeit stark beachtetes Gebiet, da ihnen vielfältige gesundheitsfördernde Wirkungen zugeschrieben werden. Anthocyane befinden sich hauptsächlich in den Randschichten der Pflanzen. Sie sind wichtige wasserlösliche Pigmente in Blüten, Früchten und Gemüse. Anthocyane kommen fast ausschließlich in glykosidierter Form vor, wobei als Zucker neben den Monosacchariden Glucose, Galaktose, Arabinose, Rhamnose und Xylose auch Disaccharide wie Rutinose, Sambubiose und Sophorose und Trisaccharide über eine Sauerstoffbrücke an der Position 3 des C-Ringes enthalten sind. Weitere Zucker können an C5-Position des A-Ringes gebunden sein.

In Abbildung 1 ist die chemische Grundstruktur der Anthocyanidine dargestellt. Vor allem Cyanidin-Derivate sind in Obst und Gemüse weit verbreitet. In vielen anthocyanhaltigen Obstsorten (z.B. Brombeere, Johannisbeere) stellt das Cyanidin-3-glucosid eines der Hauptanthocyane dar [2], [4], [10]. Bei den Gemüsesorten, welche einen hohen Anteil an Cyanidin-Derivaten besitzen (z.B. Schwarze Karotte, Rotkohl, Radieschen), sind die Zuckerreste komplexer aufgebaut [3], [5]. Hierbei sind ein oder mehrere Reste aliphatischer oder phenolischer Säuren esterartig an die Hydroxylgruppen der Zucker gebunden, wobei es sich häufig um Vertreter der Hydroxyzimt- und Hydroxybenzoesäuren wie Gallussäure, Cumarsäure,

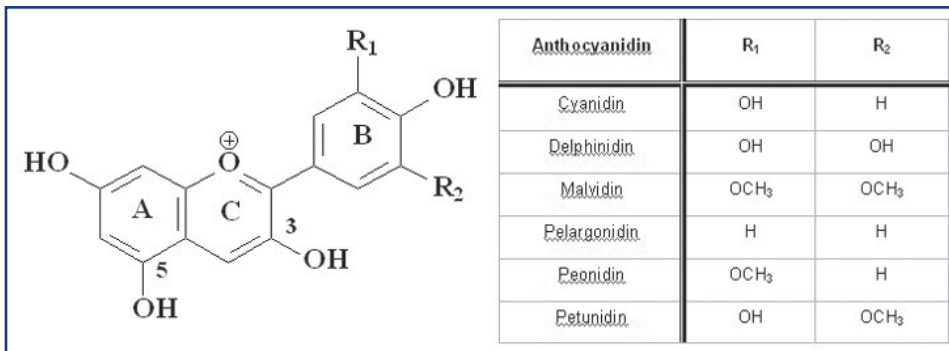


Abbildung 1: Grundstrukturen der Anthocyanidine.

Kaffeensäure, Ferulasäure oder Sinapinsäure handelt.

Wie viele sekundäre Pflanzenstoffe weisen Anthocyane eine ausgeprägte gesundheitsprotektive Wirkung auf, die vor allem auf ihre phenolische Grundstruktur zurückzuführen ist. Diese verleiht ihnen die Fähigkeit, durch Abgabe eines Wasserstoffatoms freie Radikale im menschlichen Organismus zu neutralisieren, und somit die Zellen vor oxidativen Schäden zu schützen. Das Versagen der körpereigenen Abwehr mangels ausreichendem antioxidativen Schutz (sogenannter „oxidativer Stress“) wird in verschiedenen Studien mit einer Zunahme degenerativer Erkrankungen, wie koronaren Herzerkrankungen, Krebs, Diabetes mellitus, Katarakt in Zusammenhang gebracht [13]. Außerdem wurde in einigen Studien gezeigt, dass Anthocyane die Blutgerinnung verlangsamen, die Thrombozytenaggregation verringern, Sehvorgänge beeinflussen sowie eine gefäßschützende und entzündungshemmende Wirkung entfalten können.

Trotz dieser vielfältigen biologischen Wirkungen ist überraschend wenig über die Bioverfügbarkeit und den Metabolismus der Anthocyane im Körper bekannt. Für die hierzu notwendigen Untersuchungen werden große Mengen reiner Anthocyane benötigt. Als geeignete präparative Isolierungsmethode eignet sich hierfür insbesondere die Gegenstromverteilungschromatographie.

### Gegenstromverteilungschromatographie (CCC)

Bei der CCC (Countercurrentchromatography) handelt es sich um ein leistungsfähiges Verfahren der Flüssig-Flüssig-Verteilungschromatographie. Die chromatographische Trennung findet bei dieser Art der Gegenstromverteilungschromatographie in einem inerten Teflonschlauch statt. Die Auftrennung erfolgt durch multiplikative Verteilung der Substanzen zwischen zwei nicht miteinander mischbaren Phasen. Durch Anwendung von Fließmittelsystemen unterschiedlicher

Polarität können strukturell sehr unterschiedliche Anthocyane aus natürlichen Quellen isoliert werden [11].

Wichtig für den Erfolg der Trennung ist die sorgfältige Auswahl eines für die Trennzwecke geeigneten Fließmittelsystems. Die Wahl ist lediglich dadurch eingeschränkt, dass es sich um mindestens zwei Flüssigkeiten mit ausreichend unterschiedlicher Dichte handeln muss, damit ein stabiles 2-Phasensystem entsteht. Auch im sauren oder basischen pH-Bereich kann gearbeitet werden, da durch die Verwendung des inerten Teflonschlauchs keine Beeinträchtigung einer festen stationären Phase befürchtet werden muss. Als Maß zur Beurteilung der Eignung des Systems ist der Verteilungskoeffizient der zu trennenden Substanz in dem Fließmittelsystem geeignet. Es gilt das Nernst'sche Verteilungsgesetz:

$$K = c_s/c_m$$

mit:  $K$  = Verteilungskoeffizient;  $c_s$  = Konzentration des gelösten Stoffes in der stationären Phase;  $c_m$  = Konzentration des gelösten Stoffes in der mobilen Phase.

Der Unterschied zwischen den verschiedenen CCC-Systemen beruht auf unterschiedlichen bau-

Abbildung 2: Schematische Darstellung einer HSCCC-Anlage nach Sutherland [12].

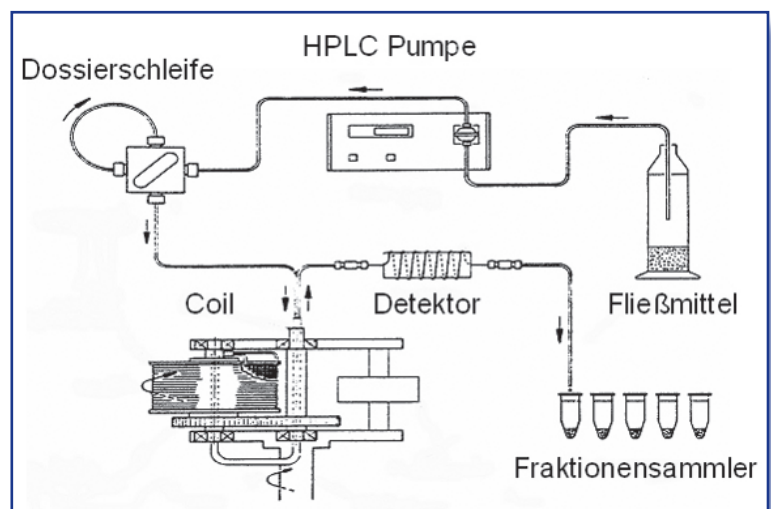




Abbildung 3: Trennung des XAD-7 Extrakts des schwarzen Karottenkonzentrats mittels LSRCCC.

technischen Ansätzen, um zu einer möglichst großen Zahl an Misch- und Entmischvorgängen (hohe Trennstufenzahl) zu gelangen, da diese Vorgänge die Leistungsfähigkeit der Anlage bestimmen. Eine breit genutzte Anwendungsform der Gegenstromverteilungschromatographie stellt die so genannte High-Speed Countercurrent Chromatography (HSCCC) dar.

### High-Speed Countercurrent Chromatography (HSCCC)

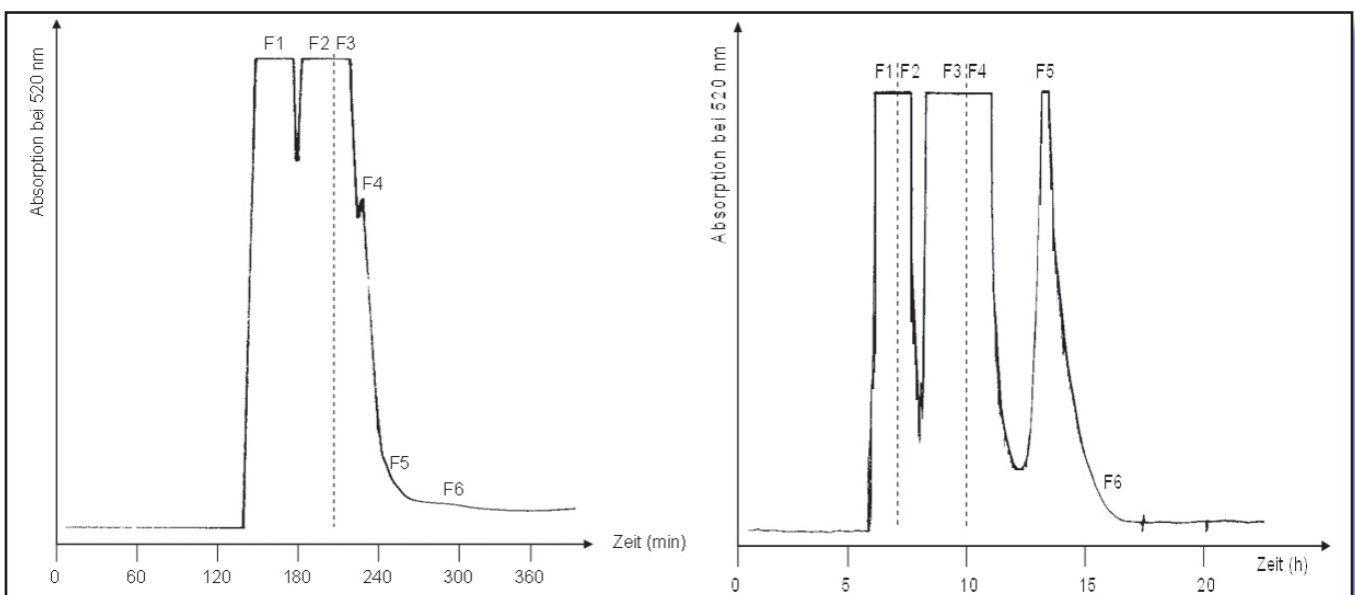
Der Aufbau einer HSCCC-Anlage ähnelt dem einer HPLC-Anlage. Eine Pumpe fördert kontinuierlich die mobile Phase aus einem Vorratsbehälter in das System. Die Probenaufgabe erfolgt über eine Dosierschleife, die hier jedoch ein deutlich größeres Volumen besitzt als bei handelsüblichen HPLC-

Anlagen. Statt einer Säule stellt ein sogenannter „Coil“ die Trennvorrichtung dar. Dieser „Coil“ besteht aus einem Teflonschlauch, der in mehreren Lagen um eine Spule gewickelt ist. Ferner sind auch ein Detektor und ein Fraktionensammler vorhanden (Abbildung 2).

Während der Trennung dreht sich der Coil um seine Achse (= Planetenachse) sowie in gleicher Richtung um eine Zentralachse (= Sonnenachse). Die Bewegung ist somit in etwa vergleichbar mit der der Erde um die Sonne (planetares System). Im Coil befindet sich sowohl die mobile als auch die stationäre Phase. Durch die Drehbewegung bildet sich auf Grund der Kräfteeinwirkungen das „hydrodynamische Gleichgewicht“ aus. In einem geschlossenen System würde die leichte Phase zum „Eingang“ (= Head) und die schwere Phase zum „Ausgang“ des Coils (= Tail) gedrückt werden. Während der Trennung wird jedoch kontinuierlich mobile Phase zugeführt, entweder vom Head Ende (man spricht vom Head-to-Tail Modus) oder vom Tail Ende (= Tail-to-Head Modus) aus, je nachdem, ob die leichte oder die schwere Phase als stationäre Phase verwendet wird. Für Trennungen, die gemäß des Head-to-Tail Modus durchgeführt werden, wird der Coil zuerst mit der leichten Phase befüllt und anschließend die schwere Phase als mobile Phase eingepumpt.

Da in diesem Fall die leichte Phase Richtung „Head“ und die schwere Phase bevorzugt Richtung „Tail“ Ende wandert, bewegen sich beide Phasen in entgegengesetzter Richtung aneinander vorbei. Das hydrodynamische Gleichgewicht ist erreicht, wenn keine stationäre Phase mehr vom Coil verdrängt wird und nur noch mobile Phase eluiert. Durch die entgegengesetzt gerichtete Bewegung der beiden Phasen bzw. durch die während der

Abbildung 4: Chromatogramm einer HSCCC- (links) und einer LSRCCC-Trennung (rechts) eines XAD-7 Karottenextrakts.



Rotation wirkenden Kräfte kommt es zu einem kontinuierlichen Mischen und Entmischen der Phasen. Die so genannten „mixing zones“ befinden sich in der Nähe der Zentralachse, während die „settling zones“ nach außen gerichtet sind (vgl. [14] und [8]).

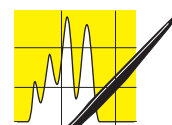
Diese alternierenden Mischungs- und Entmischungsprozesse der Phasen führen zu einer Elution der aufgegebenen Probensubstanzen gemäß ihrem Verteilungskoeffizienten. Bei den üblicherweise eingesetzten Rotationsgeschwindigkeiten von 800 bis 1000 Umdrehungen pro Minute erfolgen annähernd 50 000 Verteilungsvorgänge pro Stunde. Die HSCCC findet vornehmlich bei der Isolierung von Naturstoffen Anwendung und ermöglicht routinemäßig eine Probenaufgabe von

bis zu 10 g bei Trennzeiten von durchschnittlich fünf bis acht Stunden.

### Low Speed Countercurrent Chromatography (LSRCCC)

Das wachsende Interesse der Industrie, auch große Mengen an Naturstoffen zu isolieren, hat zur Entwicklung präparativer CCC-Anlagen geführt. Als besonders leistungsstark hat sich in der Praxis die langsam drehende Gegenstromverteilungs-Chromatographie (engl.: *Low-Speed Rotary Countercurrent Chromatography*, LSRCCC) erwiesen [8].

Ein Low Speed Countercurrent Chromatograph unterscheidet sich von einer herkömmlichen



AUFSÄTZE

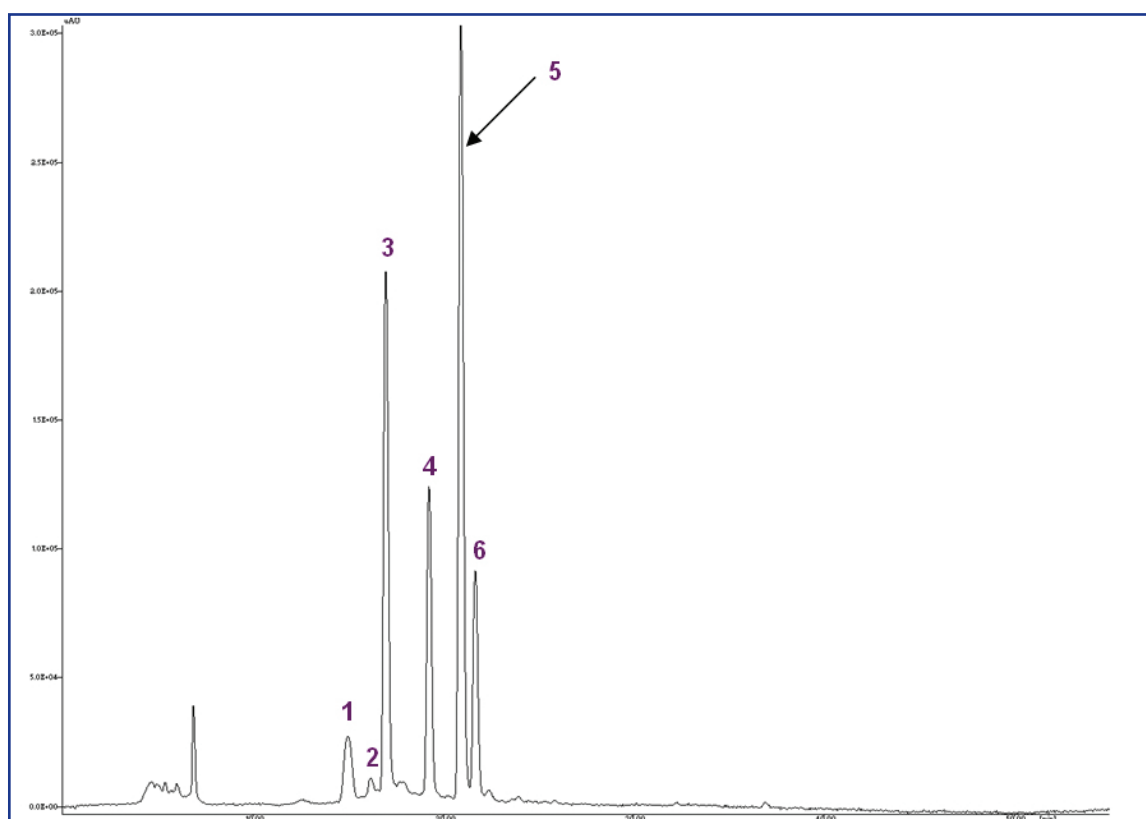


Abbildung 5: HPLC-Chromatogramm des XAD-7 Extrakts des schwarzen Karottenkonzentrats bei 520 nm.

Tabelle 1: Spektroskopische und chromatographische Daten der Anthocyane des XAD-7 Extraktes von schwarzer Karotte.

<sup>a</sup> Peakzuordnung analog Abbildung 5.

Peak <sup>a</sup>	Verbindung	RT [min]	[M] <sup>+</sup> (m/z)	MS/MS (m/z)
1	Cyanidin-3-xylosylglucosyl - galactosid	16,3	743	581, 287
2	unbekannt	17,3	-	-
3	Cyanidin-3-xylosyl- galactosid	18,5	581	287
4	Cyanidin-3- (sinapoyl)xylosylglucosyl - galactosid	20,8	949	817, 287
5	Cyanidin-3- (feruloyl)xylosylglucosyl - galactosid	22,6	919	625, 287
6	Cyanidin-3- (cumaroyl)xylosylglucosyl - galactosid	23,3	889	287

HSCCC-Apparatur im Wesentlichen durch einen einachsigen Aufbau. Aufgrund der geringeren Rotationsgeschwindigkeit von 60-80 U/min ist die mechanische Beanspruchung des gesamten Systems wesentlich geringer, was eine Vergröße-

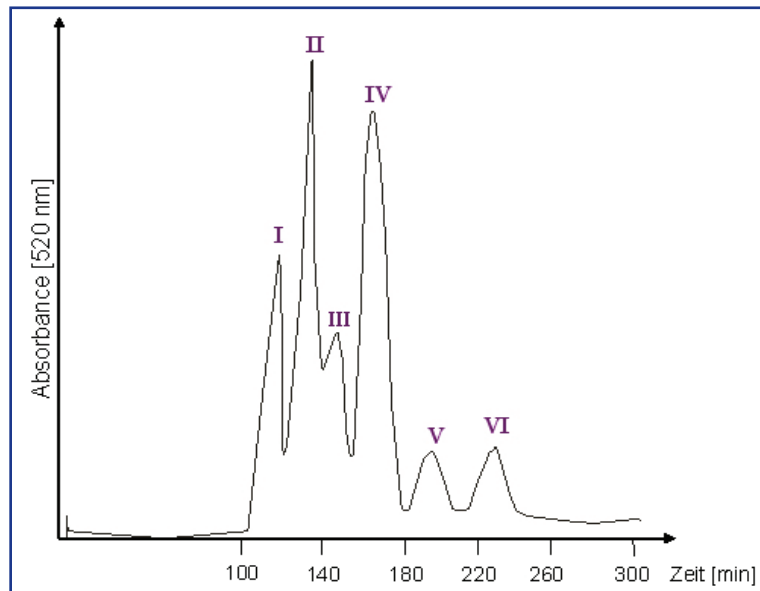
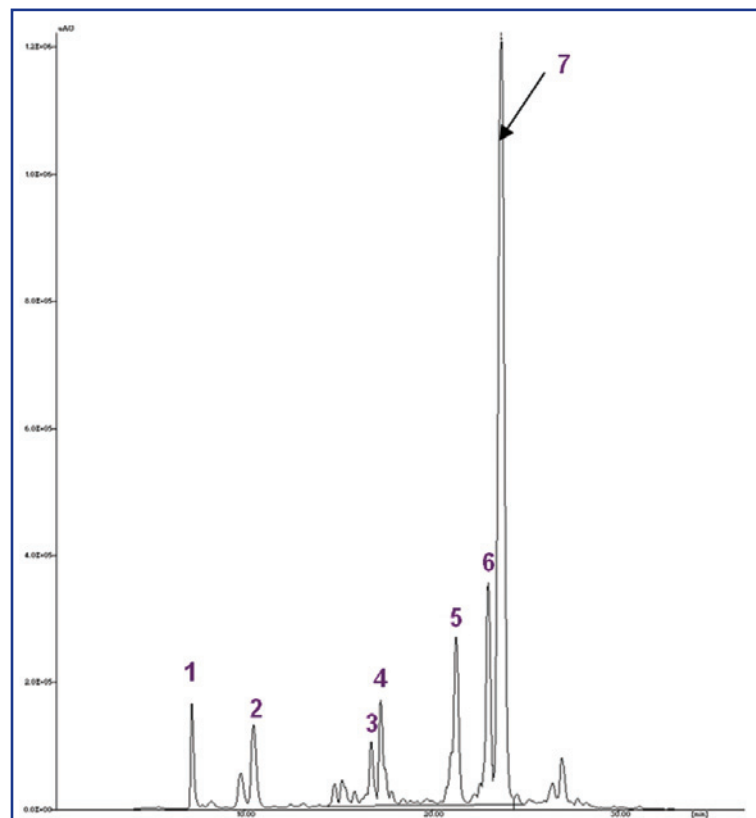


Abbildung 6: HSCCC Trennung Rotkohl, TBME/n-BuOH/Acetonitril/H<sub>2</sub>O, 2:2:1:5 +0,1% TFA.

Abbildung 7: HPLC-Chromatogramm des XAD-7 Extrakts des Rotkohls bei 520 nm.



rung des Coilvolumens möglich macht. Damit ist die Grundlage zur Erhöhung der Probenaufgabe geschaffen und in vielen Fällen gelingt auch die Anreicherung bzw. die Trennung von Minorbestandteilen. Einzige Bedingung ist dabei die Verwendung von Spezialschläuchen (sogenannten „convoluted“ PTFE-Tubings), die dabei die Phasemischung verbessern und trotz der langsamen Rotation eine hohe Retention der stationären Phase gewährleisten [7]. Einziger Nachteil sind die relativ langen Trennzeiten, die zwischen 20 und 30 Stunden liegen.

Vor Beginn einer LSRCCC-Trennung müssen die Gemüse bzw. Gemüseextrakte aufgearbeitet werden. Hierzu werden sie zerkleinert und blanchiert. Die anschließende Extraktion der Anthocyane aus der Gemüsematrix erfolgt mittels eines Gemisches aus Wasser/Salzsäure (19:1, v:v). Der nach 8-stündiger Extraktion erhaltene Rohextrakt wird über Glaswolle filtriert und säulenchromatographisch an Amberlite XAD-7 aufgereinigt. Der gefriergetrocknete anthocyanangereicherte XAD-7 Extrakt wird nun zur Trennung eingesetzt. Abbildung 3 zeigt die Trennvorrichtung während der LSRCCC-Fraktionierung eines schwarzen Karottenextrakts.

Anwendungsbeispiele:

#### Schwarze Karotte (*Daucus carota L.*)

Als Karotten, Möhren oder Mohrrübe werden Speicherwurzeln bezeichnet, die der Gattung *Daucus carota* ssp. *sativus* angehören. Im Allgemeinen ist in der westlichen Welt nur die orangefarbene Varietät bekannt, in östlichen Ländern wie der Türkei, Afghanistan, Ägypten, Pakistan, Indien und dem Nahen Osten sind auch die violetten und schwarzen Sorten weit verbreitet [6]. Die schwarze oder violette Karotte stammt ursprünglich aus Zentralasien. Sie ist seit ca. 3000 Jahren bekannt und gilt als die Urform der Karotte. Seit Mitte der 90iger Jahre wird die schwarze Karotte als wertvoller Lieferant für stabile natürliche Lebensmittelfarbstoffe genutzt.

Für die Isolierung der Anthocyane des XAD-7 Extrakts aus schwarzen Karotten wurde je eine Trennung mittels HSCCC und LSRCCC durchgeführt. Hierfür werden ca. 2 g bzw. 15,3 g des gereinigten XAD-7 Extrakts für die Trennung eingesetzt. Die Dauer der HSCCC-Trennung beträgt 6 Stunden, im Fall der LSRCCC werden ca. 21 Stunden benötigt. Die Chromatogramme der Fraktionierungen sind in Abbildung 4 dargestellt.

Bei der LSRCCC-Trennung wurden 6 Fraktionen erhalten, wobei Fr. 2 (1,4 g) das Hauptpigment Cyanidin-3-xylosylglucosyl-galactosid in einer Reinheit  $\geq 80\%$  enthält. Fr. 3 enthält 661 mg Cyanidin-3-(sinapoyl)xylosylglucosyl-galactosid (Reinheit ca. 90%). Die Fraktionen Fr. 4 (3,1 g)



Abbildung 8: Maiz morado, Ursorte Kulli (links) und verschiedenen pigmentierte Untersorten (rechts).



und Fr. 5 (834 mg) sind Mischfraktionen. Hier liegen weitere Pigmente angereichert vor, so dass eine Isolierung mittels präparativer HPLC möglich ist. Aus Fraktion Fr. 4 konnten 85 mg der acylierten Verbindung Cyanidin-3-(feruloyl)xylosylglucosyl-galactosid, und aus Fr. 5 68 mg Cyanidin-3-(cumaroyl)xylosylglucosyl-galactosid isoliert werden. Die chromatographischen und massenspektrometrischen Daten sind in Tabelle 1 und in Abbildung 5 zusammengefasst.

#### Rotkohl (*Brassica oleracea capitata* var. *Rubra*)

Rotkohl gehört zu der botanischen Familie der Kreuzblütler (bot.: *Cruciferae* oder *Brassicaceae*). Der Rotkohl ist im Wesentlichen identisch mit dem Weißkohl und stammt wie alle Kohlsorten vermutlich vom Wildkohl ab, der noch heute im Mittelmeerraum und an der europäischen Atlantikküste zu finden ist. Ab dem 11. Jahrhundert wurde bereits zwischen Weiß- und Rotkohl unterschieden.

Der Rotkohlextrakt wurde einer Trennung mittels High-Speed Countercurrent Chromatography (HSCCC) unterzogen. Das Fließmittel bestand aus TBME/n-Butanol/Acetonitril/Wasser im Verhältnis 2/2/1/5 (v/v/v/v) und wurde mit 0,1% Trifluoressigsäure angesäuert (Abbildung 6).

Man erhält insgesamt 6 Fraktionen, deren Identifizierung und weitere Reinheitskontrolle ebenfalls mittels HPLC-DAD und LC-MS erfolgte (Abbildung 7, Tabelle 2). Da Rotkohl eine sehr komplexe Anthocyanzusammensetzung aufweist, konnten die einzelnen Cyanidin-Derivate nicht als Reinsubstanzen erhalten werden. Es war aber mittels HSCCC

erstmals möglich, einzelne Minorpigmente in den verschiedenen Fraktionen derart anzureichern, dass eine Isolierung der Zielverbindungen mittels präparativer HPLC im 10-20 Milligramm-Maßstab möglich war.

#### Purpurmais, Maiz morado (*Zea Mays*)

Der Mais (botanisch *Zea mais L.*) gehört zur Familie der Gräser (bot.: *Gramineae* bzw. *Poaceae*) und hat seinen Ursprung in Mittel- und Südamerika. In vorkolumbianischer Zeit bildete er zusammen mit Kartoffeln und Quinoa die Ernährungsbasis für die Völker der Mayas, Azteken, Aymaras und Inkas.

Es gibt mehrere Untersorten von Purpurmais (Maiz morado), die alle aus der Ursorte *Kulli* (Abbildung 8) stammen, die schon als Grabbeigaben und in Keramikabbildungen in vorkolumbianischen Kulturen vorgefunden wurden. Diese Sorte ist einzigartig, da sowohl die Körner als auch die Kolben eine intensive dunkle Farbe aufweisen. Bei anderen Sorten dagegen sind lediglich die Körner violett gefärbt. Die Maisanthocyane hatten eine lange Tradition bei den Inkas, die die getrockneten und pulverisierten Körner als Farbstoff nutzten. Purpurmais wird traditionell für die Herstellung der „chicha morada“, das bekannte peruanische Erfrischungsgetränk, verwendet. Als Hauptanthocyane werden in der Literatur Cyanidin-3-glucosid, Cyanidin-3-galactosid und Cyanidin-3-(6''malonylglucosid) beschrieben [9].

Der Maiz Morado-Extrakt wurde an einer XAD-7-Säule aufgereinigt. Zur präparativen Isolierung der Anthocyane wurde die Countercurrent Chromatography eingesetzt (Abbildung 9). Das Fließmittel bestand aus TBME/n-Butanol/Aceto-

Peak <sup>a</sup>	Verbindung	RT (min)	[M] <sup>+</sup> (m/z)	MS/MS (m/z)
1	Cyanidin-3-sophorosid-5-glucosid	7,9	773	611, 449, 287
2	Cyanidin-3-(cumaroyl)sophorosid-5-glucosid	13,5	919	757, 449, 287
3	Cyanidin-3-(feruloyl)sophorosid-5-glucosid	20,1	949	787, 449, 287
4	Cyanidin-3-(sinapoyl)sophorosid-5-glucosid	20,9	979	817, 449, 287
5	Cyanidin-3-(sinapoyl)(cumaroyl)sophorosid-5-glucosid	23,0	1125	979, 449, 287
6	Cyanidin-3-(sinapoyl)(feruloyl)sophorosid-5-glucosid	25,2	1155	993, 949, 287
7	Cyanidin-3-(sinapoyl)(sinapoyl)sophorosid-5-glucosid	25,9	1185	1023, 979, 287

Tabelle 2: Spektroskopische und chromatographische Daten der Rotkohlanthocyane.

<sup>a</sup> Peakzuordnung analog Abbildung 6.

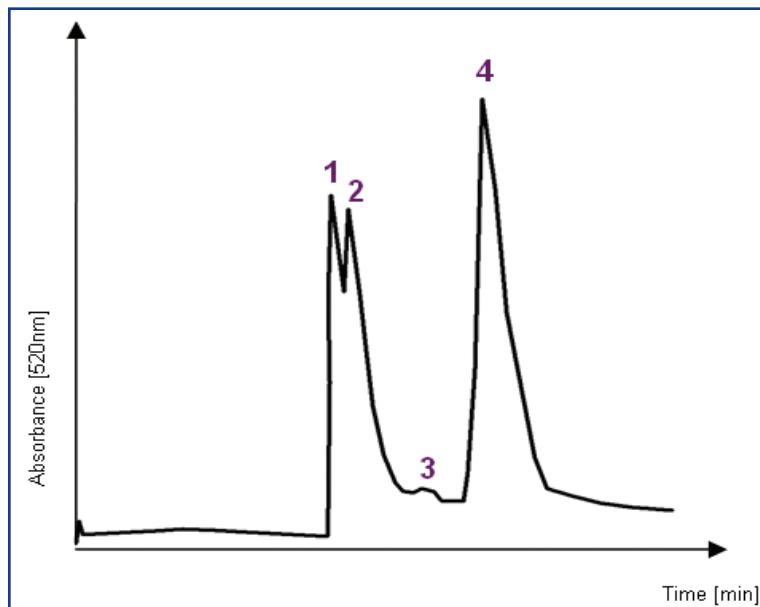


Abbildung 9:  
HSCCC Trennung  
Maiz morado,  
TBME/n-BuOH/  
Acetonitril/H<sub>2</sub>O,  
2:2:1:5 +0,1%  
TFA.

nitrit/Wasser im Verhältnis 2/2/1/5 (v/v/v/v) und wurde mit 0,1% Trifluoressigsäure angesäuert. Als Detektionswellenlänge wurde  $\lambda = 520 \text{ nm}$  gewählt. Erhalten wurden hierbei 4 Fraktionen, in denen jeweils eines der Majorpigmente in hoher Reinheit vorliegt. Die Identifizierung und weitere Reinheitskontrolle erfolgte mittels HPLC-DAD und LC-MS-Analysen (Tabelle 3 und Abbildung 10).

### Ausblick

Zur Isolierung und Charakterisierung von Anthocyanen aus verschiedenen Gemüse- und Obstsorten hat sich die Low Speed Rotary Countercurrent Chromatography (LSRCCC) als besonders leistungsstark erwiesen. Mit dieser Technik sind in Zukunft auch Trennungen im industriellen Maßstab vorstellbar. Der in Braunschweig mitentwickelte Prototyp (40 Liter Fassungsvermögen) trennt maximal 500 g eines Rohextraktes und liefert dabei bis zu 100 g an Reinsubstanz. Die Bereitstellung der isolierten Anthocyane gestattet nun eine weitreichende Testung (Bioaktivitäts- und Bioverfügbarkeitsstudien, Studien zum Farbverhalten, antioxidative Aktivität u.a.) dieser Substanzklasse. Für einzelne Vertreter der Anthocyane konnte so z.B. erstmals eine signifikante Reduktion von

Adenomen (Vorstufen von Darmkrebs) im Tierversuch beobachtet werden [1]. Weiterführende Humanstudien sind in Zukunft vorstellbar, da für Anthocyane bislang noch wenige Untersuchungen hinsichtlich ihrer Bioverfügbarkeit, Bioaktivität und Metabolisierung vorliegen. **CLB**

### Literatur

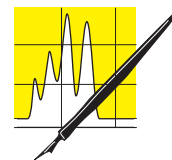
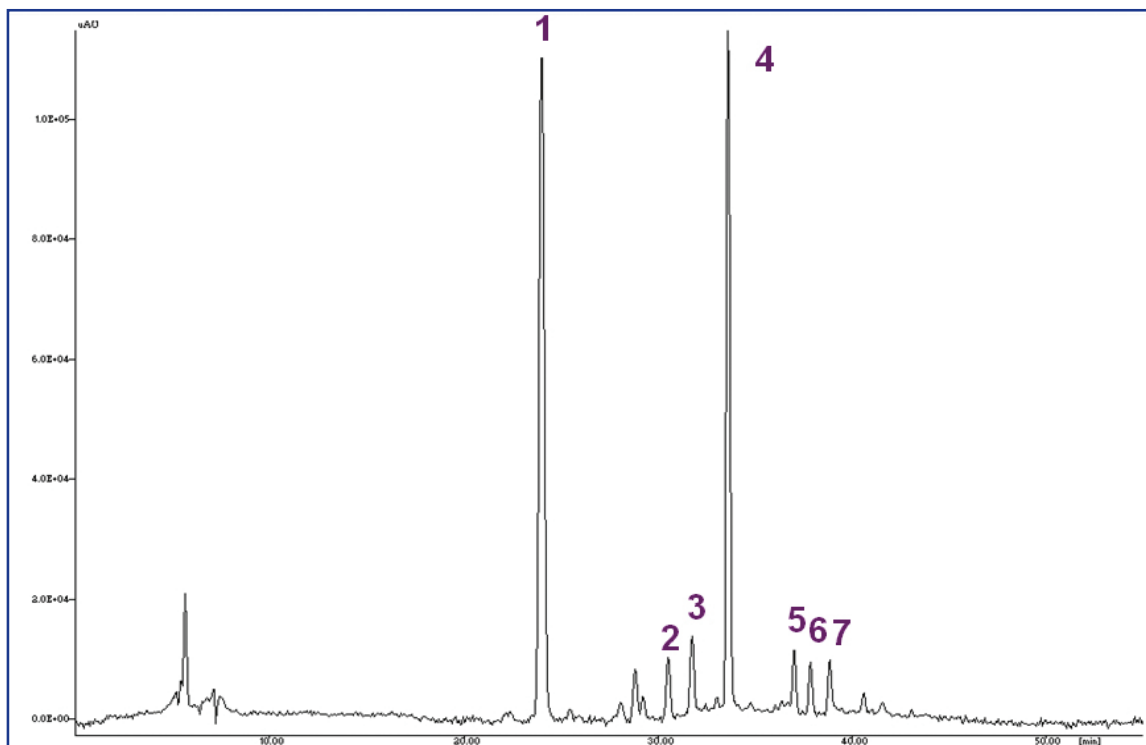
- [1] D. Cooke, M. Schwarz, D. Boocock, P. Winterhalter, W.P. Steward, A.J. Gescher, T.H. Marczylo, Effect of cyanidin-3-glucoside and an anthocyanin mixture from bilberry on adenoma development in the Apc<sup>Min</sup> mouse model of intestinal carcinogenesis - Relationship with tissue anthocyanin levels. *Int. J. Cancer* 119, 2213-2220 (2006).
- [2] V. V. de Rosso, S. Hillebrand, E. Cuevas-Montilla, F.O. Bobbio, P. Winterhalter, A. Z. Mercadante, Determination of anthocyanins from acerola (*Malpighia emarginata* DC.) and açai (*Euterpe oleracea* Mart.) by HPLC-PDA-MS/MS. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21, 291-299 (2008).
- [3] S. Hillebrand, H. Naumann, N. Kitzinski, N. Köhler, P. Winterhalter, Isolation and Characterization of Anthocyanins from Blue-fleshed Potatoes (*Solanum tuberosum* L.) in: N. Yee, W. Bussell (eds.) *Potato III. /Food/ 3* (Special Issue 1), Global Science Books, 96-101. (2009).
- [4] S. Hillebrand, P. Quast, D. Bonerz, K. Würth, F. Will, H. Dietrich, P. Winterhalter, 5-Carboxypyranocyanidin-3-(2G-glucosylrutinosid) - ein Vitisinderivat aus Sauerkirschaft: Charakterisierung und Farbbeitrag. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau* 104, 120-126 (2008).
- [5] S. Hillebrand, P. Winterhalter, Isolierung von acylierten Anthocyanen aus blauen Kartoffeln. *Die Low Speed Rotary Countercurrent Chromatography (LSRCCC)*. *GIT Labor-Fachzeitschrift* 51, 1001-1003 (2007).
- [6] D. Kammerer, R. Carle, A. Schieber, Detection of peonidin and pelargonidin glycosides in black carrots (*Daucus carota* ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.) by high performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry. *Rapid Commun. Mass Spectrom.* 17, 2407-2412 (2003).
- [7] N. Köhler, E. Cuevas Montilla, P. Quast, P. Winterhalter, Isolierung und Fraktionierung von Anthocyanen mittels Low-Speed Rotary Countercurrent Chromatography (LSRCCC). *Kurzfassung in Lebensmittelchemie* 58, 150 (2004).
- [8] N. Köhler, P. Winterhalter, Präparative Chromatographie: Altbekanntes Trennprinzip - neue Möglichkeiten. *Nachrichten aus der Chemie* 53, 478-481 (2005).

Tabelle 3:  
Spektroskopische  
und chromatographische  
Daten der  
Anthocyane des  
XAD-7 Extraktes  
von Maiz morado.

Peak <sup>a</sup>	Verbindung	RT (min)	Fläche (%)	[M] <sup>+</sup> (m/z)	MS/MS (m/z)
1	Cyanidin-3-glucosid	23,98	42,5	449	287
2	unbekannt	30,51	2,5	535	287
3	Peonidin-3-glucosid	31,78	1,8	463	301
4	Cyanidin -3-(6" malonyl)-glucosid	33,57	30,7	535	287, 449
5	Pelargonidin-3-(6" malonyl)-glucosid	36,99	1,9	519	271, 433
6	Cyanidin-3-(3", 6" dimalonyl)-glucosid	37,82	2,6	621	287, 449
7	Peonidin-3-(6" malonyl)-glucosid	38,81	3,1	549	301, 463

<sup>a</sup> Peakzuordnung analog Abbildung 10.





AUFsätze

Abbildung 10: HPLC-Chromatogramm des XAD-7 Extrakts des Maiz morado bei 520 nm.

- [9] G. Mazza, E. Miniati, Anthocyanins in Fruits, Vegetables, and Grains. CRC Press, Boca Raton Ann Arbor London Tokyo, 228-230 (1993).
- [10] P. Quast, S. Hillebrand, K. Würth, D. Bonerz, F. Will, H. Dietrich, P. Winterhalter, Anthocyanalterung in Säften und Konzentraten der schwarzen Johannisbeere – Teil 2: Zusammensetzung anthocyanhaltiger polymerer Strukturen und deren Veränderung während der Herstellung und Lagerung. Deutsche Lebensmittel-Rundschau 105, 237-244 (2009).
- [11] M. Schwarz, S. Hillebrand, S. Habben, A. Degenhardt, P. Winterhalter, Application of high-speed countercurrent chromatography to the large-scale isolation of anthocyanins. Biochem. Eng. J. 14, 179-189 (2003).
- [12] I. A. Sutherland, Countercurrent chromatography. Lab. Pract. 36, 37-8, 41-42 (1987)
- [13] B. Watzel, C. Leitzmann, Bioaktive Substanzen in Lebensmitteln. Hippokrates-Verlag, Stuttgart, 2. Auflage, (1999)
- [14] P. Winterhalter, Application of countercurrent chromatography (CCC) to the analysis of natural pigments. Trends in Food Science & Technology 18, 507-513 (2007).



### Reaktor für Arbeiten im biologischen Bereich mit Weithals-Doppelmantel- Glasflasche

**Gaßner Glastechnik GmbH**  
technische Glasbläserei  
Haderunstraße 4 ☒ 81375 München  
Tel.: 089/15 77 640

E-mail: [info@ggm-glastechnik.de](mailto:info@ggm-glastechnik.de)  
Internet: [www.ggm-glastechnik.de](http://www.ggm-glastechnik.de)

# Chemiegeschichte in Freiberg/Sachsen

Georg Schwedt, Bonn



Abbildung 1:  
Das ehemalige  
metallurgische  
Laboratorium von  
Lampadius.

Die Bergakademie (heute TU) Freiberg ist die älteste noch existierende montanwissenschaftliche Hochschule in der durch Silbervorkommen im Mittelalter reichsten Stadt Sachsens. Aus einem Waldhufendorf entstand Anfang des 13. Jahrhunderts nach dem Zuzug von Bergleuten aus dem Harz eine stadtähnliche Siedlung und 1346 die erste Freie Bergstadt. 1863 wurde im Hüttenlaboratorium das Element Indium und 1886 im chemischen Laboratorium der Bergakademie das Element Germanium entdeckt.

## Aus der Geschichte der Stadt Freiberg

Die heutige Kreisstadt, jeweils etwa 35 km von Dresden bzw. Chemnitz entfernt, auf einer Abdachung des Osterzgebirges (Höhe 416 m ü.M.) an der Silberstraße, weist noch zahlreiche Gebäude ab dem Mittelalter auf – so Reste der Stadtbefestigung, den Freiburger Dom (1185-1200 – nach Stadtbrand Neubau 1484-1512) mit einer Bergmannskanzel (1638) und einer Silber-



### Der Autor

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

mann-Orgel (1711-1714) sowie spätgotische Gebäude am Untermarkt sowie am Obermarkt mit dem Rathaus und dem Renaissance-Kaufhaus (1545/46). Durch die Silbervorkommen, seit 1168 bezeugt und ausgebeutet, entwickelte sich Freiberg zum wirtschaftlichen Mittelpunkt der Markgrafschaft Meißen und bis in die Mitte des 16. Jahrhunderts zur bevölkerungsreichsten Stadt in Sachsen. Der Bergbau ging zunächst nach dem Dreißigjährigen Krieg erheblich zurück, erreichte aber zu Beginn des 18. Jahrhunderts wieder eine herausragende Bedeutung. 1913 wurde der Bergbau als unrentabel eingestellt, 1936 (bis 1963) wieder aufgenommen und vor allem auf Buntmetalle wie Blei, Zinn und Zink ausgedehnt.

## Die TU Bergakademie – gestern und heute

Das Dekret zur Gründung der Bergakademie stammt vom 21. November 1765. Prinz Franz Xaver von Sachsen (1730-1806) ließ in der Zeit der Aufklärung die Kurfürstlich-Sächsische Bergakademie zu Freiberg als Ausbildungsstätte für Bergleute errichten. Als Gründe für die Einrichtung einer solchen Ausbildungsstätte wird die Notwendigkeit genannt, nach der Niederlage Sachsens im Siebenjährigen Krieg (1756-1763) gegen Friedrich den Großen den Bergbau zur Zahlung von Reparationsleistungen ausweiten zu müssen. Prinz Xaver stammte aus dem Hause der albertinischen Wettiner und war das achte Kind des Kurfürsten Friedrich August II. und König von Polen (als August III.) und der österreichischen Erzherzogin Maria Josepha und damit Enkel Augusts des Starken. Nach dem Tod seines älteren Bruders (Kurfürst Friedrich Christian) war er Regent (Administrator) des Kurfürstentums Sachsen von 1763 bis 1768 (bis sein Neffe des 18. Lebensjahr vollendete).

Bis 1871 (Gründung der TH Dresden) war die Bergakademie die höchste technische Ausbildungsstätte in Sachsen. 1899 wurde sie einer TH gleichgestellt, 1905 erhielt sie das Promotionsrecht (Dr.-Ing. in Verbindung mit der TH Dresden – 1939 für den Dr. rer. nat.). In der DDR wurde 1955 die Arbeiter- und Bauernfakultät „Wilhelm Pieck“ eingerichtet. Ab 1990 erfolgte eine Neustrukturierung und 1992/93 wurde sie Technische Universität.

Die natur-, ingenieur- und wirtschaftswissenschaftlichen Studiengänge orientieren sich an den Schwerpunkten Geo-Material-Energie-Umwelt. Spezialitäten

der TU Freiberg sind u.a. Studiengänge für Industrie-archäologie, Technikrecht, Technologiemanagement, Angewandte Naturwissenschaften, Network Computing und Geoökologie.

## Chemiegeschichte in Freiberg

Schon vor der Gründung der Bergakademie gab es seit 1702 eine „Stipendienkasse für montanistischen Unterricht“. Zu den berühmtesten Lehrern der Chemie dieser Zeit zählt Johann Friedrich Henckel (1678-1744), als Sohn des Stadtarztes in Merseburg geboren und zunächst nach dem Medizinstudium in Jena und Halle als Arzt in Dresden, ab 1712 in Freiberg als Landphysikus und Bergwerksarzt tätig. 1730-1732 lebte er wieder in Dresden, wurde dort Bergrat und kehrte nach Freiberg zurück. 1733 richtete er in der Fischerstraße 41 ein Laboratorium ein, benutzte das Lötrohr zur Mineralanalyse, erweiterte das Spektrum nasschemischer Analysenverfahren und war am Aufbau der Meißener Porzellanmanufaktur beteiligt. Er unterrichtete Stipendiaten des Berg- und Hüttenwesens und war Lehrer des in St. Petersburg geborenen Michail W. Lomonossow (1711-1765), des russischen Universalgelehrten und Begründers der Universität Moskau (1755 - Chemieprofessor ab 1745 an der Akademie der Wissenschaften in St. Petersburg).

Die Chemie gehörte zu den ersten Lehrfächern der Bergakademie. Einen eigenständigen Studiengang erhielt sie jedoch erst 1956. Der erste bedeutende Chemiker war Wilhelm August Lampadius (1772-1842). Er studierte nach einer Apothekerlehre in Göttingen bei J. F. Gmelin und Lichtenberg und wurde 1794 ao. Professor für metallurgische Chemie (1796 o. Prof.). 1796/97 richtete er das erste chemische Laboratorium (Akademiestraße 6) ein. Beim Erhitzen von Eisenkies mit Kohle unter Luftabschluss entdeckte er 1796 den Schwefelkohlenstoff, beleuchtete bereits 1811/12 sein Haus in der Fischerstraße 6 mit Leuchtgas (durch trockene Destillation aus Steinkohle gewonnen), eröffnete 1815/16 die erste Gasanstalt auf dem europäischen Festland in Halsbrücke und benutzte als Erster Teer zur Dachpappenherstellung. Bereits 1801 erschien sein „Handbuch der chemischen Analyse der Mineralkörper“ und ab 1811 führte er Kurse in technischer und analytischer Chemie ein. Lampadius führte die erste kolorimetrische Analyse 1838 durch – „Über die Verfälschung der Kobaltsafflore [Kobalterze- $\text{CoAs}_2$  als Safflorit] und deren technisch-chemische Prüfung“. [1]

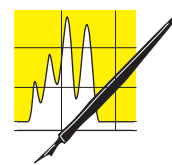
Der Vorgänger von Lampadius war der Bruder des Dichters Christian Fürchtenicht Gellert – Christlieb Ehregott Gellert (1713-1795) aus Hainichen. Er war zunächst nach einem Studium in Leipzig Gymnasiallehrer in St. Petersburg. 1747 kam er nach Freiberg, bekam dort 1751 das Bürgerrecht und hielt in seinem Wohnhaus Waisenhausstraße 10 (heute Naturkundemuseum) Vorlesungen und Kurse in seinem Laboratorium. 1753 wurde er Kommissionsrat, 1762

Oberhüttenverwalter. Ab 1766 lehrte er metallurgische Chemie und war somit der erste Professor dieses Faches an der neugegründeten Bergakademie. Er führte die Prüfung der Schmelzprozesse als amtliche Aufgabe durch und entwickelte die Amalgamation als „kalte Extraktion“ von Metallen durch Quecksilber (1787/1790 Projektierung und Bau des Amalgamierwerkes Halsbrücke). 1750 erschienen seine „Anfangsgründe der metallurgischen Chemie“.

## Reich und Richter – die Entdecker des Indiums

Der damalige Direktor des Freiburger Hüttenlaboratoriums Ferdinand Reich (1799-1882) und sein Assistent Theodor Hieronymus Richter (1824-1898) waren eigentlich auf der Suche nach Thallium (1861 von William Crookes in Aufarbeitungsrückständen des Bleikammerschlammes der Schwefelsäurefabrik Tilkerode am Harz entdeckt) – mit Hilfe der von Bunsen und Kirchhoff entwickelten Spektralanalyse in Mineralien aus dem Erzgebirge. Die von Crookes (1832-1919) entdeckte grüne Linie fand Reichs Assistent Richter jedoch nicht, dafür eine charakteristische indigoblau Linie bei der Analyse der schwarzen Freiburger Zinkblende. Deshalb erhielt das neu entdeckte Element 1863 den Namen Indium. Beide Wissenschaftler isolierten aus Mineralien das Chlorid und Hydroxid. Durch Erhitzen eines Gemisches aus Indiumoxid, Soda und Kohle erhielten sie das Metall, in reineren Form dann durch Reduktion des Oxids mit Wasserstoff.

Ferdinand Reich studierte zunächst in Leipzig und kam 1816 an die Bergakademie. 1819 wurde er nach Abschluss des Studiums Hüttengehilfe und besuchte auf Studienreisen Göttingen und Paris, wo er u.a. Gay-Lussac und Arago kennen lernte. 1824 wurde er Akademieinspektor, 1827 o. Professor für Physik, 1856 Leiter des Hüttenlaboratoriums. Sein Wohnhaus befindet sich in der Waisenhausstraße 20. Bereits 1858



AUFSÄTZE

Abbildung 2: Hauptgebäude der TU Bergakademie Akademiestraße 6 mit Hinweistafel.



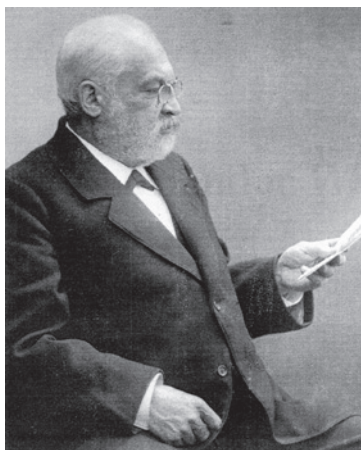


Abbildung 3: Clemens Alexander Winkler.

erschieden seine „Untersuchungen über den Hüttenrauch“.

Theodor Hieronymus Richter absolvierte zunächst eine Apothekenlehre, studierte 1843 bis 1847 in Freiberg und wurde 1853 Hüttenchemiker an den Freiburger Hütten. Ab 1856 hielt er Vorlesungen über Lötrohrprobierkunde und 1863 wurde er o. Professor für dieses Fachgebiet sowie 1866 Vorstand des Hüttenlaboratoriums. 1873 wurde er o. Professor für Hüttenkunde und metallurgische Probierkunde. Von 1875 bis 1896

war er auch Direktor der Bergakademie. Seine Grabstätte befindet sich auf dem Donatsfriedhof.

### Clemens Alexander Winkler – der Entdecker des Germaniums

Winkler (1838-1904) wurde als Sohn eines Chemikers, der als sächsischer Oberschiedswarden (Warden = Kontrolleur des Münzmeisters) wirkte, in Freiberg geboren. Sein Geburtshaus steht in der Kirchgasse 8. Er besuchte zunächst die Gewerbeschule in Chemnitz, war dann Praktikant in den Blaufarbenwerken (Blaufarben = Kobaltpigmente) Oberschlema und Niederpfannenstiel. 1857 bis 1859 studierte er in Freiberg und wurde noch vor Abschluss des Chemiestudiums Assistent am Königlichen Blaufarbenwerk Oberschlema. Von hier wechselte er 1862 zum Blaufarbenwerk Pfannenstiel bei Aue. Er arbeitete nebenbei wissenschaftlich und konnte bereits 1864 in Leipzig „Ueber Siliciumlegierungen und Siliciumarsenmetalle“ promovieren. Während seiner 14jährigen Praxis erwarb er sich große Kenntnisse auf den Gebieten der anorganischen und analytischen Chemie und veröffentlichte 40 Abhandlungen. Von 1873 bis 1902

Abbildung 4: Labortisch in der Gedenkstätte mit Tafel zum Trennungsgang.



war er dann o. Professor für diese Gebiete der Chemie an der Bergakademie.

Sein Vorgänger war Theodor Scheerer (1813-1875), Chemiker und Mineraloge, der in Freiberg studiert hatte, dann mehrere Jahre als Bergmann in Norwegen tätig war (ab 1841 Lektor an der Universität Christiania) und von 1848 bis 1873 als Professor für praktische und analytische Chemie sowie ab 1856 für theoretische Chemie und Eisenhüttekunde an der Bergakademie wirkte. 1846-1853 erschien sein „Lehrbuch der Metallurgie“ (in zwei Bänden), 1851 sein „Lötrohrbuch“.

Clemens Winkler entwickelte als Analytiker 1899 die bis heute angewendete Elektrolyse mit Elektroden aus Platindrahtgewebe [2]. Bereits 1875 hatte er das Schwefelsäure-Kontaktverfahren zur Industriehilfe gebracht. Weitere wegweisende Arbeiten leistete Winkler für den Umweltschutz durch seine Versuche zur Entgiftung der Rauchgase aus der Ultramarinfabrik (Ultramarin: blaues schwefelhaltiges Alumosilicat) Schindlerswerk bei Albernau (südl. vom heutigen Bad Schlema) und 1881 unterstützte er durch seine Abhandlung „Der Brennstoff der Zukunft“ die Verwendung von Gas auch zu Heizzwecken in privaten Haushalten.

Im September 1885 wurde in der Himmelfürst Fundgrube bei Freiberg ein bisher unbekanntes Silber-Mineral gefunden – das man Argyrodit nannte. Winkler fand bei seinen Analysen 74 % Silber, 17 % Schwefel und geringe Mengen an Eisen, Zink und Quecksilber. Es ergab sich aber ein Fehlbetrag von 7 %, was Winkler zur Wiederholung seiner Analyse (insgesamt achtmal) veranlasste. Nach vier Monaten angestrengter, bis zur totalen Erschöpfung führenden Arbeit gelang Winkler am 6. Februar 1886 der Durchbruch. Nach einem Aufschluss des Minerals mit Soda und Schwefel („Freiberger Aufschluss“) säuerte er den wässrigen Auszug der Schmelze am Vortag an und ließ den sich bildenden Niederschlag bis zum nächsten Morgen stehen.

„Am Morgen des 6. Februar filtrierte er die Fällung, die erfahrungsgemäß nur aus Arsen- und Antimonsulfid bestand, ab und versetzte das klare Filtrat mit einer reichlichen Menge Salzsäure. Sofort zeigte sich ein weißer, fast schwammig zu nennender Niederschlag. Winkler war sofort klar, dass es sich um nichts anderes als um das Sulfid des neuen Elementes handeln konnte. Seine merkwürdige Eigenschaft, nur in starken Mineralsäuren unlöslich zu sein, hatte es bisher vor der Entdeckung bewahrt. Durch fraktionierte Fällung war es Winkler also gelungen, das Germanium zu isolieren...“ [3]

Winkler verfasste noch am gleichen Tag eine kurze Mitteilung an die Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft mit folgendem Text: „Nach mehrwöchentlichem, mühevollen Suchen kann ich heute mit Bestimmtheit aussprechen, dass der Argyrodit ein neues, dem Antimon sehr ähnliches, aber von diesem doch scharf unterschiedenes Element enthält,



Abbildung 5:  
Eingang zur  
Clemens-Winkler-  
Gedenkstätte.

welchem der Name >Germanium< beigelegt werden möge. Die Ausfindigmachung desselben brachte nun deshalb grosse Schwierigkeiten und peinigende Zweifel mit sich, weil die den Argyrodit begleitenden Mineralien Arsen und Antimon enthielten, die bei ihrer Aehnlichkeit mit dem Germanium und beim vollständigen Mangel an scharfen Trennungsmethoden überaus störend wirkten.“ – zitiert nach [3].

### Die Clemens-Winkler-Gedenkstätte, Brennhausgasse 5

In dem ehemaligen Wohn- und Wirtschaftsgebäude des Schlosses Freudenstein und späterem Waisenhaus befand sich ab 1744 das Silberbrennhaus. 1830 wurde das Gebäude zum chemischen Laboratorium umgebaut und ab 1862 befand sich im Obergeschoss auch die Wohnung des Lehrstuhlinhabers für Chemie. Dort wirkte und wohnte von 1872 bis 1902 auch Clemens Winkler. [4] In einem Raum des Gebäudes ist seit 1986 die Clemens-Winkler-Gedenkstätte untergebracht. In ihr wird das Werk und Wirken Winklers dargestellt – u.a. mit einem historischen Modell der Schwefelsäure-Kontaktanlage sowie Analysengeräten wie einer Absorptionsschlange zur Gasanalytik u.a. mehr aus der Zeit Winklers - durch mehrere Informationstafeln ergänzt.

Am Eingang links befindet sich eine Gedenktafel mit folgendem Text:

„Historische Stätten der Chemie. In diesem Gebäude wohnte, forschte und lehrte Clemens Alexander Winkler (1838-1904) Professor an der Königl.-Sächs. Bergakademie von 1873-1902. Clemens Winkler führte hier bahnbrechende Arbeiten auf den Gebieten der anorganischen, der analytischen und der technischen Chemie durch. Die von ihm entwickelten Verfahren zur Rauchgasentschwefelung machten ihn zum Vorreiter der modernen Umweltschutztechnologien. Am 6. Februar 1886 entdeckte er hier das Germanium, wodurch der Beweis für die Richtigkeit des

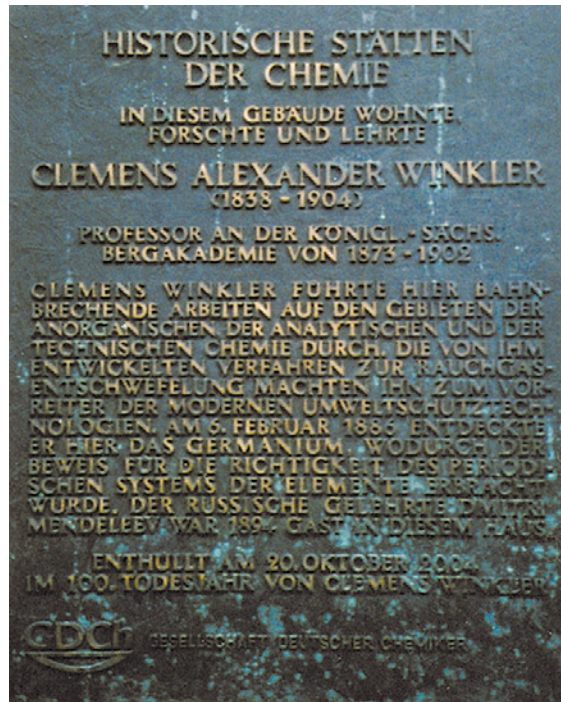


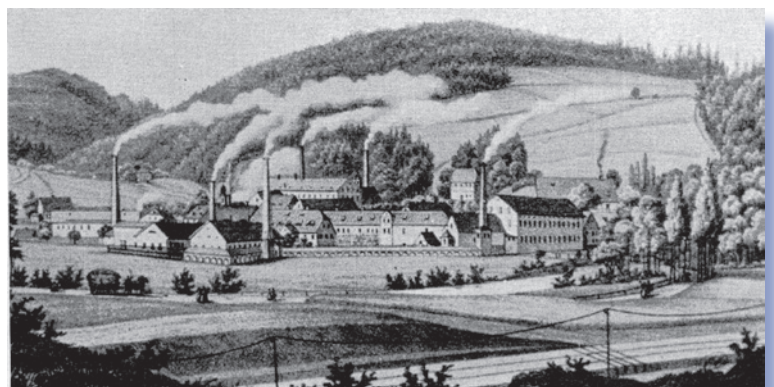
Abbildung 7:  
Bronzene Gedenktafel an der  
Clemens-Winkler-  
Gedenkstätte.

periodischen Systems der Elemente erbracht wurde. Der russische Gelehrte Dimitri Mendeleev war 1894 Gast in diesem Hause. Enthüllt am 20. Oktober 2004 im 100. Todesjahr von Clemens Winkler. GDCh Gesellschaft Deutscher Chemiker.“ **CLB**

#### Literatur

- [1] Schwedt, G.: Meilensteine der Analytik. Die erste kolorimetrische Analyse von Lampadius, LaborPraxis – April 1988, S. 286.
- [2] Schwedt, G.: Clemens Winkler: Meilensteine der Analytik. Elektrolyse mit Elektroden aus Platindrahtgewebe, LaborPraxis – April 1989, S. 264.
- [3] Gesellschaft Deutscher Chemiker (Hrsg.) – M. Hausteint: Historische Stätten der Chemie – Clemens Alexander Winkler. Freiberg, 20. Oktober 2204
- [4] TU Bergakademie Freiberg (Hrsg.): Wissenschaft vor Ort – Geschichte der Chemie, Freiberg 1999 (Faltblatt zur Chemie an der Bergakademie Freiberg)

Abbildung 6:  
Blaufarbenwerk  
Pflanzenstiel um  
1860.



# CLB

Chemie in Labor und Biotechnik

Die beliebten Fragen aus dem CLB-Memory gibt es auch als Buch (244 Seiten mit ca. 80 Abbildungen; ISBN 3-9810449-0-8). Hier stehen Antworten und ausführliche Erläuterungen dazu. Die Themen werden zudem durch einen geschichtlichen Rückblick und Randinformationen in einen Gesamtzusammenhang eingeordnet. Karikaturen von Ans de Bruin lockern die harte Arbeit beim Lösen der Fragen auf.  
Preis je Buch: 24,50 Euro incl. MWSt. und Versand.

## Alles Repetito – oder was???

Maren Bulmahn • Rolf Kickuth

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

ISBN 3-9810449-0-8



9 783981 044904

Bulmahn  
Kickuth

Alles Repetito – oder was???

Rubikon

## Alles Repetito – oder was???

fragt der Bachelor die Laborantin



Maren Bulmahn • Rolf Kickuth

## Abo-Bestellcoupon

JA, ich möchte die CLB abonnieren. Ich erhalte als persönlicher Abonnent die CLB zunächst für ein Jahr (=12 Ausgaben) zum Preis von 100,00 Euro zzgl. Versandkosten (Inland: 13,60 Euro, Ausland: 24,40 Euro). Das Abonnement verlängert sich automatisch um ein weiteres Jahr, wenn es nicht bis acht Wochen vor Ende des Bezugsjahres gekündigt wird.

Datum / 1. Unterschrift

Name / Vorname

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

Straße / Postfach

Land / PLZ / Ort

Datum / 2. Unterschrift

Telefon oder e-Mail

## FAX-Hotline: 06223-9707-41

Für 100,00 Euro pro Jahr (incl. 7 % MWSt., zzgl. Versandkosten) erhalten Sie als persönlicher Abonnent monatlich die CLB mit dem MEMORY-Teil (Firmen- und Bibliothekenabos mit Sonderpreis; siehe [www.clb.de](http://www.clb.de)).

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

# CLB – Memory

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

Juli 2009

lohnspiegel.de: Monatseinkommen von Technikern

## Chemietechniker verdienen am meisten

**Das Bruttomonatseinkommen von Technikerinnen und Technikern beträgt auf Basis einer 38-Stunden-Woche durchschnittlich 3170 Euro. Je nach Fachrichtung variiert dieses Einkommen zwischen 3802 Euro bei Chemietechnikern und 2175 Euro bei Zahntechnikern.**

Zu diesem Ergebnis kommt eine Online-Umfrage des Internetportals [www.lohnspiegel.de](http://www.lohnspiegel.de), das vom WSI-Tarifarchiv der Hans-Böckler-Stiftung betreut wird. Rund 5000 Technikerinnen und Techniker haben sich daran beteiligt. Die Daten zeigen allerdings erhebliche Einkommensunterschiede in Abhängigkeit unter anderem von Branche, Betriebsgröße, Berufserfahrung und – nicht zuletzt – vom Geschlecht. Auch die Tarifbindung spielt eine große Rolle.

Die Umfrage kommt u. a. zu folgenden Ergebnissen:

- Die Fachrichtung spielt eine zentrale Rolle: Auf die Chemietechniker, die mit 3802 Euro im Monat am höchsten bezahlt werden, folgen Maschinenbautechniker mit einem durchschnittlichen Bruttomonatsgehalt von 3424 Euro. Elektrotechniker verdienen durchschnittlich 3199 Euro, Elektronik- und Fernmeldetechniker kommen auf 3048 Euro, Bautechniker auf 2801 Euro.

- Je größer der Betrieb, desto höher das Gehalt: In Betrieben mit unter 100 Beschäftigten beträgt das Monatseinkommen der Techniker 2789 Euro, in Betrieben mit über 500 Beschäftigten klettert es auf 3541 Euro. In den Betrieben mittlerer Größe liegt der Durchschnittsverdienst bei 3295 Euro.

- Berufserfahrung zahlt sich aus. Das Monatseinkommen von Technikern mit weniger als fünf Jahren Berufserfahrung beträgt im Schnitt 2550 Euro, bei 10 bis 19 Jahren Berufserfahrung steigt es auf rund 2986 Euro und bei über 20 Jahren Berufserfahrung klettert es auf rund 3542 Euro.

- Techniker profitieren von der Tarifbindung. In tarifgebundenen Betrieben liegt ihr Monatseinkommen mit durchschnittlich 3485 Euro rund 629 Euro über dem Gehalt von 2856 Euro in nicht tarifgebundenen Betrieben.

- Frauen verdienen als Technikerin deutlich weniger als ihre männlichen Kollegen. Im Durchschnitt liegt ihr Einkommen mit 2602 Euro rund 19,5 Prozent unter dem der Männer mit 3234 Euro. Mit zunehmender Berufserfahrung nimmt der Einkommensabstand zu.

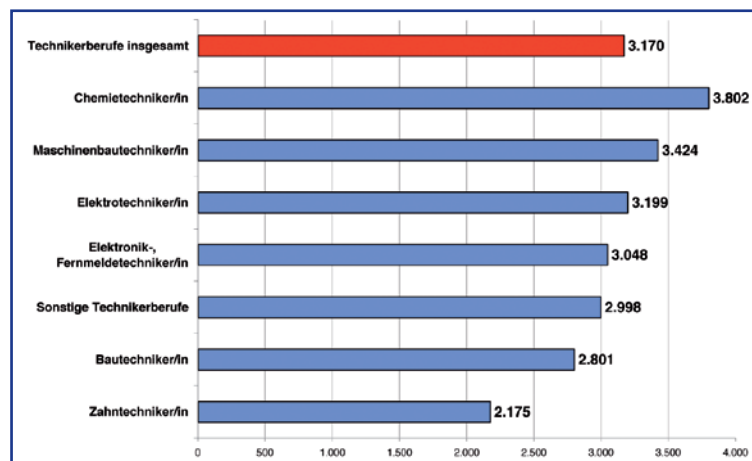
- Während in Westdeutschland eine Technikerin oder ein Techniker durchschnittlich 3243 Euro erhält, bekommt er in Ostdeutschland 2426 Euro. Sie verdienen im Osten

im Durchschnitt rund 25 Prozent weniger als im Westen.

- Befristet beschäftigte Techniker verdienen mit durchschnittlich 2607 Euro deutlich weniger als ihre unbefristet angestellten Kollegen mit durchschnittlich 3.210 Euro

- Rund 61 Prozent der Techniker arbeiten im Allgemeinen mehr als vertraglich vereinbart. Gut zwei Drittel bekommt dafür eine entsprechende Bezahlung oder Freizeitausgleich, 33 Prozent erhalten keine Überstundenvergütung

Das Projekt „LohnSpiegel“ erhebt und analysiert die Einkommens- und Arbeitsbedingungen von Beschäftigten in Deutschland. Es ist Bestandteil des internationalen Wage-Indicator-Netzwerks, an dem Projekte aus insgesamt 40 Ländern mit gleicher Zielrichtung beteiligt sind. Die LohnSpiegel-Daten werden im Rahmen einer kontinuierlichen Online-Erhebung ermittelt, an der sich die Besucher der Webseite „[www.lohnspiegel.de](http://www.lohnspiegel.de)“ freiwillig und anonym beteiligen können. Zurzeit gibt es dort Infos zu 250 Berufen.



Monatsverdienste von Technikerinnen und Technikern in Euro (Quelle: WSI-Lohnspiegel-Datenbank).

## Motorsegler Antares DLR-H2 – ein Experiment zur Energiewende Mit der Brennstoffzelle über den Wolken

**A**uf dem Weg zur Energie-  
Aende: Wer beim ersten  
öffentlichen Start des Motor-  
seglers „Antares DLR-H2“ am  
7. Juli auf dem Hamburger  
Flughafen auf das Aufheulen  
des Motors wartete, sollte sich  
wundern: Beinahe lautlos hob  
der Flieger von der Startbahn  
ab. Auch der Treibstoffgeruch  
blieb aus. Denn die Antares ist  
das erste bemannte Flugzeug,  
das ausschließlich mit Wasser-  
stoff ( $H_2$ ) angetrieben wird.

**D**as dazu nötige Brennstoffzel-  
lensystem verbirgt sich in den  
Behältern unter den Flügeln. Hier  
wird der Strom für Bordelektronik  
und Elektromotor erzeugt. Herz-  
stück der Anlage ist eine von der  
BASF Fuel Cell (BFC) entwickelte  
Membran-Elektroden-Einheit,  
kurz: MEA. In der MEA wird che-  
mische Energie, die bei der Reakti-  
on von Sauerstoff und Wasserstoff  
entsteht, direkt in Elektrizität und  
Wärme umgewandelt.



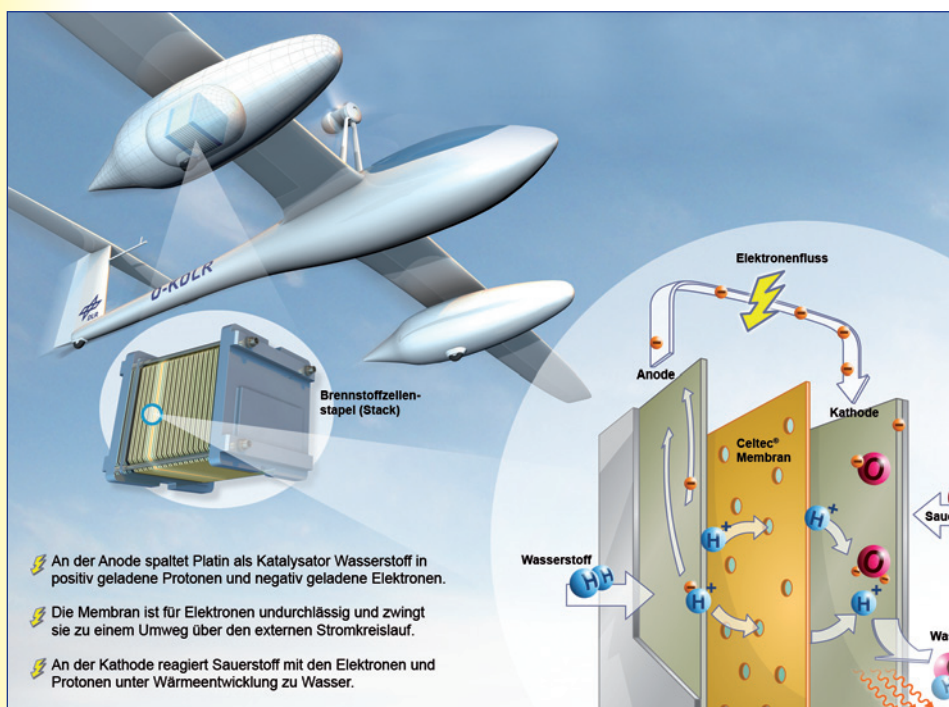
Die Simulation des DLR zeigt den Motorsegler „Antares DLR-H2“ beim Anflug auf den Stuttgarter Flughafen.

Gebaut wurde Antares DLR-H2 vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und der Firma Lange Aviation, um das Potenzial der Brennstoffzelle für den Luftverkehr zu testen.

Die aktuelle Herausforderung für die Entwickler besteht darin, das Brennstoffzellensystem für praktische Anwendungen so klein und leicht wie möglich zu halten. Dafür ist entscheidend, dass das System möglichst wenig Komponenten aufweist. Herkömmliche Niedertemperatur-Brennstoffzellensysteme werden bei höchstens 80 Grad Celsius betrieben. Sie benötigen viele Hilfsaggregate und eine aufwendige Steuerung, um im Flugzeug sowohl am Boden als auch in großer Höhe zu funktionieren.

Die von dem Ludwigshafener Chemiekonzern entwickelte MEA eröffnet den Systembauern nun neue Möglichkeiten: Sie enthält die weltweit erste kommerziell erhältliche Membran für Brennstoffzellen, die Betriebstemperaturen von bis zu 180 Grad Celsius erlaubt. Die Systeme werden unter dem Markennamen Celtec vertrieben. Brennstoffzellen, die mit diesem Material ausgerüstet sind, können durch die Luft gekühlt werden und benötigen keine Befuchtung mit Wasser. Dadurch sind keine Luftbefeuchter, Wasserpumpen, Tanks, Ventile und Reinigungssysteme mehr erforderlich.

Die Brennstoffzelle sitzt bei dem Testflugzeug (anders als hier gezeigt) unter dem linken Tragflügel, der Wasserstofftank unter dem rechten. Das System liefert bis zu 25 Kilowatt elektrische Leistung. Für den Geradeausflug benötigt „Antares“ nach DLR-Angaben zehn Kilowatt. Der Segler würde damit bis zu 170 km/h schnell. Das Prinzip der Brennstoffzellenfunktion ist nebenstehend dargestellt (Abbildungen: BASF).





Auf den ersten Blick lässt sich die besondere Leistungsfähigkeit der Celtec-Membran nicht erkennen: Das etwa handgroße, hauchdünne Viereck sieht aus wie eine herkömmliche Kunststoff-Folie. Den Forschern der BASF ist es allerdings gelungen, eine Membran auf Basis des temperaturstabilen Polymers Polybenzimidazol zu entwickeln. Diesem Kunststoff, der zum Beispiel auch für Feuerwehranzüge verwendet wird, verdankt die Membran der BFC ihre außergewöhnliche Hitzebeständigkeit.

Eine hohe Betriebstemperatur verhindert außerdem, dass sich Verunreinigungen im Wasserstoff an der mit Platin beschichteten Elektrode (Anode) absetzen. Platin stößt in der MEA als Katalysator die elektrochemische Reaktion an. Eine Verunreinigung würde seine katalytische Leistung blockieren. Weil Hochtemperatur-Brennstoffzellen höhere Verunreinigungen im Wasserstoff tolerieren als Niedrigtemperatursysteme, wird der Aufarbeitungsprozess des Wasserstoffs erleichtert – und das Brennstoffzellensystem nochmals robuster, einfacher und preiswerter in der Herstellung. „Insgesamt benötigen Brennstoffzellensysteme dank unserer speziellen Membran ein Drittel weniger Komponenten. Das senkt die Kosten bis zu 40 Prozent. Mit der Entwicklung der Hochtemperatur-Membran ist die Brennstoffzelle somit endlich interessant für den kommerziellen Absatz“, erläutert BFC-Experte Dr. Carsten Henschel.

Damit eine Brennstoffzelle ausreichend Strom für praktische Anwendungen wie den Antrieb des Motorseglers Antares generieren kann, werden mehrere Zellen zu einem Brennstoffzellenstapel (Stack) zusammengeschlossen. In einer einzelnen Zelle lässt sich nämlich lediglich eine Spannung von rund 600 bis 700 Millivolt abgreifen. Die dänische Firma Serenergy hat eigens für die Antares ein besonders leichtes und luftgekühltes Stack-System aus vielen Hundert Zellen mit Celtec-MEAs entwickelt. Darin sind die MEAs

jeweils in einem Korsett aus elektrisch leitenden Graphitplatten eingeschlossen. Die Platten verbinden die Einzelzellen miteinander, leiten den Strom weiter und versorgen die MEAs über Führungskanäle mit Wasserstoff und Sauerstoff. Mit diesen vereinten Kräften schafft es die Brennstoffzelle, die Antares in die Lüfte zu heben.

### Vom Experiment in den Alltag

Nach den Testflügen in der Antares will man die Brennstoffzelle in unseren Airbus A320 einbauen. Dort soll sie für den Einsatz in Großraumflugzeugen fit gemacht werden, wo sie zukünftig die Bordstromversorgung effizienter machen kann, so Dr. Josef Kallo vom DLR in Stuttgart. An Bord eines Großraumflugzeugs wäre die Brennstoffzelle ein echter Allrounder: Nicht nur der Strom, den sie erzeugt, kann für die Energieversorgung genutzt werden, sondern auch die Nebenprodukte Wärme



Bei der BASF Fuel Cell in Frankfurt wird das Herzstück der innovativen Brennstoffzelle hergestellt: die Membran-Elektroden-Einheit.

und Wasser – zum Beispiel als „Frostschutz“ für die Tragflächen und für den Betrieb der Waschräume. 2010 sollen die Testreihen des DLR in der Antares beendet sein und die Brennstoffzelle erstmals im „A320 ATRA“ des DLR abheben.

### Seit Apollo: Mobil mit Brennstoffzellen

Die Geschichte der Brennstoffzelle beginnt 1838 in den Laboren des deutsch-schweizerischen Chemikers Christian Friedrich Schönbein und des walisischen Physikers William Robert Grove. Sie testeten das Prinzip der Brennstoffzelle in gemeinsamen Versuchen. Jedoch waren die Materialien so schwer zu beziehen, dass ihre Erfindung in den Lehrbüchern für Elektrochemie verstaubte. Erst mehr als hundert Jahre später setzten die amerikanischen Raumfahrt-Ingenieure die Technologie erstmals in die Praxis um: Eine Brennstoffzelle flog mit den Apollo-Raumkapseln ins Weltall.

Die elektrochemische Reaktion läuft bei der Polymer-Elektrolyt-Membran-(PEM-)Brennstoffzelle in der Membran-Elektroden-Einheit (MEA) ab: Wasserstoff und Sauerstoff werden kontinuierlich in die zwei Elektroden der MEA eingeleitet – Wasserstoff in die sogenannte Anode, Sauerstoff in die Kathode. Beide sind durch eine Polymerelektrolytmembran voneinander getrennt. Mithilfe eines Katalysators wird der Wasserstoff in positiv geladene Protonen und negative Elektronen gespalten. Die Polymerelektrolytmembran lässt nur die Protonen auf die andere Seite passieren. Die Elektronen müssen einen Umweg über einen elektrischen Leiter machen: Es fließt elektrischer Strom. Schließlich vereinen sich Protonen und Elektronen an der Kathode mit dem Sauerstoff zu Wasser.

Das Oxidationsmittel Sauerstoff wird der Brennstoffzelle meist über die Luft zugeführt. Nach der elektrochemischen Reaktion in der Brennstoffzelle, bei der Sauerstoff verbraucht wird, bleiben die restlichen Bestandteile der Luft übrig: Stickstoff, Edelgase und Kohlenstoffdioxid. Diese drei bilden das „Inertisierungsgas“, das die Brennstoffzelle an der Kathode wieder abgibt. Ebenso wie die Nebenprodukte Wärme und Wasser kann auch das Kathodengas an Bord eines Flugzeugs weiter genutzt werden. Eingeleitet in die Kerosintanks verringert es die Entflammbarkeit des Kerosin-Luft-Gemisches und verhindert so Explosionen.

Schon jetzt ist die Nachfrage nach den Celtec-Produkten groß. Deshalb wird in diesem Sommer zusätzlich zur Produktionsanlage der BASF Fuel Cell in Frankfurt eine neue Anlage im amerikanischen Somerset (New Jersey) ihren Betrieb aufnehmen. Rund 150 Firmen und Institute setzen heute auf dieses Material. Die Tendenz ist steigend, denn die Brennstoffzelle steht kurz davor, den Sprung aus den Laboren in den breiten Markt zu schaffen.

## Kohlendioxid-Abscheidung und -Speicherung (CCS) Neue Millionen für die Erforschung

**Kohlendioxid als Treibhausgas vermeiden ist zu recht ein hohes politisches Ziel. Dabei setzt man auch auf Verfahren, die sich wohl nur als Zwischenlösung erweisen. Eins davon ist die Kohlendioxid-Abscheidung und -Speicherung, auch CCS genannt, nach Carbon Dioxide Capture and Storage. Das deutsche Bundesministerium für Bildung und Forschung hat jetzt der Brandenburgische Technische Universität Cottbus (BTU) für Versuche in diesem Bereich 1,47 Millionen Euro bewilligt, nach bereits 3,24 Millionen Euro 2008.**

Grundsätzlich lassen sich zwei verschiedene Typen von Vermeidungstechnologien im Umweltschutz unterscheiden: Maßnahmen des integrierten und des additiven Umweltschutzes („End-of-Pipe-Technologien“). Integrierter Umweltschutz verringert die Umweltbelastung schon an der

Quelle, indem umweltfreundlichere Produkte und Produktionsverfahren eingesetzt werden. Beispiele sind etwa wasserlösliche Lacke oder das prozessinterne Wasserrecycling. End-of-Pipe-Technologien dagegen verändern nicht den Produktionsprozess selbst, sondern verringern die Umweltbelastung durch nachgeschaltete Maßnahmen. Beispiele sind Dieselfilter oder Entschwefungsanlagen. Technologien des integrierten Umweltschutzes werden sind häufig nicht nur aus ökologischer, sondern auch aus ökonomischer Sicht vorteilhafter, da sie Verbundvorteile in der Produktion von Gütern und Umweltschutzleistungen erschließen können.

CCS-Verfahren gehören dem End-of-Pipe-Typ an, auch wenn die Situation bei dem IGCC-Verfahren etwas verschachtelter darstellt. Daher sind sie einmal wegen der zwangsläufigen Verminderung des mühsam hochgepöppelten Wirkungsgrads von

Kohlekraftwerken umstritten (s.S. 274), andererseits auch wegen mangelnder Erfahrung für die unterirdische oder unterseeische Speicherung (s.S. 264 und 265). Ein Gesetz, das diese Speicherungen regelt, wurde jetzt auch erst einmal zumindest in die nächste Legislaturperiode hinein verschoben.

Dennoch hält man an der Förderung für Entwicklungen in diesem Bereich fest. Im Rahmen der In-noProfile-Initiative „Innovative Kraftwerkstechnologien“ wurden der TU Cottbus für einen Brennersversuchsstand vom BMBF jetzt 1,47 Millionen Euro bewilligt. Er geht in den nächsten Monaten am Lehrstuhl Kraftwerkstechnik (Prof. Dr. Hans-Joachim Krautz) in Betrieb. Mit Hilfe dieses Brenners kann das Abbrandverhalten von Kohle bei verschiedenen Betriebsarten – sowohl bei konventionellem Betrieb wie auch bei Betrieb mit CCS-Technik nach Oxyfuel-Verfahren – wesentlich genauer untersucht werden.

Das Oxyfuel-Verbrennungsverfahren wird in der weltweit einmaligen Pilotkraftanlage in Schwarze Pumpe, 30 Kilometer südlich von Cottbus, angewendet. Mit der Forschung am veränderten Abbrand- und Verbrennungsverhalten unter Oxyfuel-Atmosphäre und der damit verbundenen Prozesse – Flammene Ausbildung, Wärmestrahlung – wird der Forschungsbereich der BTU auf dem Gebiet der CCS-Technologie weiter ausgebaut. Die Versuchsergebnisse können unmittelbar zur -Modellierung der im CO<sub>2</sub>-armen Kraftwerk ablaufenden Verbrennungsprozesse herangezogen werden. Dadurch findet eine realitätsnahe Abbildung der Prozesse statt, was Forschung und Anwendung gleichermaßen voranbringt.

Die Kohlendioxid-emissionsarme Pilotanlage Schwarze Pumpe, die nach dem Oxyfuel-Verfahren arbeitet, bei Nacht (Foto: SPBer).



Im Januar 2010 soll der Brenner stehen und im Februar in Betrieb genommen werden.

Das BMBF-Förderprogramm „InnoProfile“ unterstützt mit der Innovationsinitiative Neue Länder „Unternehmen Region“ die enge Kooperation von Forschung und Unternehmen in den Regionen der neuen Bundesländer. Hierfür hat das BMBF schon 2008 3,24 Millionen Euro für die von der BTU koordinierte Forschung zum CO<sub>2</sub>-armen Kraftwerk bereit gestellt.

Schwarze Pumpe entstand ab 1955 als VEB Gaskombinat und enthielt auch drei Kraftwerke. Sie wurden zwischen 1990 und 1997 abgerissen. An ihrer Stelle entstand ein modernes Kohlekraftwerk. Das Kraftwerk Schwarze Pumpe ist heute ein 1993 bis 1995 errichtetes und von Vattenfall Europe betriebenes Braunkohle-Großkraftwerk, bestehend aus zwei Kraftwerksblöcken mit einer Leistung von je 800 Megawatt. Es befindet sich auf dem Areal des jetzigen Industrieparks Schwarze Pumpe. Auf diesem Gelände hat Vattenfall auch eine Pilotanlage zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung nach dem Oxyfuel-Verfahren errichtet. Am 29. Mai 2006 fand der Erste Spatenstich unter Teilnahme von Bundeskanzlerin Angela Merkel statt. Die offizielle Inbetriebnahme erfolgte im September letzten Jahres. Die Pilotanlage wird mit Braunkohle befeuert und verfügt über eine thermische Leistung von 30 Megawatt. Sie erzeugt keinen Strom, sondern stellt indirekt Prozessdampf für Anlagen im Industriepark Schwarze Pumpe zur Verfügung. Mit den hier gewonnenen Ergebnissen und Erkenntnissen soll später am Standort Jänschwalde ein Demonstrations-Kraftwerk mit einer thermischen Leistung von etwa 300 Megawatt gebaut werden. Durch dieses Kraftwerk soll die CCS-Technologie zur großtechnischen Serienreife geführt werden.

## Die drei wichtigsten CCS-Verfahren

### Abscheidung nach der Verbrennung

In den meisten Kohlekraftwerken verlässt das Rauchgas nach der Entschwefelung den Schornstein und entlässt damit einen Anteil von etwa 15 Prozent CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre. Bei einem herkömmlichen Kohlekraftwerk entsteht aus 0,32 kg Steinkohle ca. 0,88 kg Kohlenstoffdioxid und 1 kWh elektrischer Strom bei einem Wirkungsgrad von 38 %. Für eine CO<sub>2</sub>-Abtrennung muss zusätzliche Kohle eingesetzt werden; dies verschlechtert den Wirkungsgrad. Zur Abtrennung des CO<sub>2</sub> kann man einen Amin-Wäscher oder eine Carbonat-Wäsche installieren (Post-Combustion-Capture). In einem zweiten Schritt gelangen die Amine oder das Hydrogencarbonat in einen Abscheider (Stripper), werden dort erhitzt, sodass das CO<sub>2</sub> wieder frei wird. Es lässt sich dann einlagern oder für eine chemische Umsetzung mit Wasserstoff in der Methanolsynthese umsetzen.

Bei der Aminwäsche wird Kohlenstoffdioxid bei 27 °C an den Träger angelagert, bei 150 °C vom Träger wieder abgegeben. Bei der Carbonatwäsche erfolgt die Anlagerung bei ca. 40 °C und die Abspaltung bei 105 °C. Die Kohlenstoffdioxid-Abtrennung liegt bei ca. 90 %. Die Amine oder die Pottasche können erneut zur Absorption verwendet werden. Diese Abscheidemethode ist technisch am ausgereiftesten. Hauptnachteil ist jedoch der hohe Energiebedarf, der für die Regenerierung der Amine notwendig ist. Dieser führt dazu, dass der Kraftwerkswirkungsgrad um 10–15 % sinkt. Ein modernes GuD-Steinkohlekraftwerk hat einen Wirkungsgrad von ca. 45 %, durch die Amin- oder Carbonatwäsche sinkt der Wirkungsgrad auf dann 30–35 %, was einen um bis zu 50 % höheren Kohleverbrauch für dieselbe Stromproduktion bedeutet.

### Abscheidung im Oxyfuel-Verfahren (während der Verbrennung)

Im Oxyfuel-Verfahren wird die Kohle in einer Atmosphäre aus reinem Sauerstoff und CO<sub>2</sub> (rezirkulierendem Rauchgas) verbrannt. Das dabei entstehende Rauchgas besteht – da der Luftstickstoff fehlt – im Wesentlichen aus CO<sub>2</sub> und Wasserdampf. Der Wasserdampf kann mit wenig Aufwand auskondensiert werden, so dass ein hochkonzentrierter CO<sub>2</sub>-Strom (Konzentration im Idealfall nahe 100 %) übrigbleibt. Das CO<sub>2</sub> kann dann verdichtet und zum Lager transportiert werden. Auch beim Oxyfuelverfahren sinkt der elektrische Wirkungsgrad gegenüber einer Anlage ohne CO<sub>2</sub>-Abscheidung um ca. 5-12 Prozentpunkte, was je nach Wirkungsgrad des zugrundeliegenden Prozesses einem 30–50 % höheren Kohlebedarf entspricht. Hauptenergieverbraucher ist in diesem Fall die Luftzerlegungsanlage für die Sauerstoffproduktion.

### Abscheidung in IGCC-Kombikraftwerken (vor der Verbrennung)

In Kombikraftwerken mit integrierter Kohlevergasung (Integrated Gasification Combined Cycle, IGCC) und CO<sub>2</sub>-Abtrennung reagiert die Kohle in einem ersten Schritt (Vergasen, partielle Oxidation) durch unterstöchiometrische Wasserzugabe zu Wasserstoff und Kohlenstoffmonoxid. Mit Hilfe geeigneter Katalysatoren kann Kohlenstoffmonoxid und Wasserdampf zu Kohlenstoffdioxid und Wasserstoff reagieren (homogene Wassergasreaktion). Dadurch kann ein Gasgemisch gewonnen werden, das hauptsächlich aus Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid besteht. Bedingt durch die Vergasung bei Drücken bis 60 bar lässt sich eine hohe CO<sub>2</sub>-Konzentration und damit ein hoher CO<sub>2</sub>-Partialdruck im Gasgemisch einstellen. Das CO<sub>2</sub> kann dann mit erprobten Verfahren aus dem Gasgemisch absorbiert werden (physikalische Absorption). Dieses Verfahren wird als Pre-Combustion-Capture bezeichnet. Hierfür ist allerdings noch die Entwicklung einer Wasserstoff-Turbine notwendig, die heute noch nicht kommerziell angeboten wird. Berechnungen zu Folge hat diese Variante der CO<sub>2</sub>-Abscheidung den geringsten Wirkungsgradverlust (6-10 %). Der Energieversorger RWE hat 2006 angekündigt, bis 2014 ein Kraftwerk solchen Typs errichten zu wollen.

## Fresenius-Konferenz „Behaviour of Pesticides in Air, Soil and Water“

# Mangelnde Verständigung mit der Politik

**D**er Einsatz von Pflanzenschutzmitteln ist eine Gemeinschaftsaufgabe von Industrie, Wissenschaft und Politik. Vertreter aus diesen Bereichen trafen sich vom 22. bis 23. Juni in Mainz auf der 11. Internationalen Fresenius-Konferenz „Behaviour of Pesticides in Air, Soil and Water“. Siebzehn Experten aus Deutschland, Europa und den USA berichteten über aktuelle politische Entwicklungen, wissenschaftliche Erkenntnisse und Ergebnisse europäischer Arbeitsgruppen.

Pestizide machen in der Öffentlichkeit oft Negativschlagzeilen: Berichte über erhöhte Rückstände in Obst oder Gemüse sind an der Tagesordnung, wissenschaftliche Studien weisen immer wieder auf Negativauswirkungen des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln hin. „Bad news are good news“ – nach diesem Motto wird die Öffentlichkeit vorwiegend über die unerwünschten Auswirkungen der Pestizide informiert. Dabei

erfüllen Pflanzenschutzmittel (das deutsche Wort ist positiver besetzt) wesentliche Funktionen in der Landwirtschaft: Nutzpflanzen schützen und Schädlinge bekämpfen. Die hohe Kunst ist es, Schaderreger zu vernichten oder deren Vermehrung einzudämmen, ohne Mensch und Umwelt zu gefährden.

### Pflanzenschutzmittelrichtlinie und Wasserrahmenrichtlinie: Harmonisierung gefragt

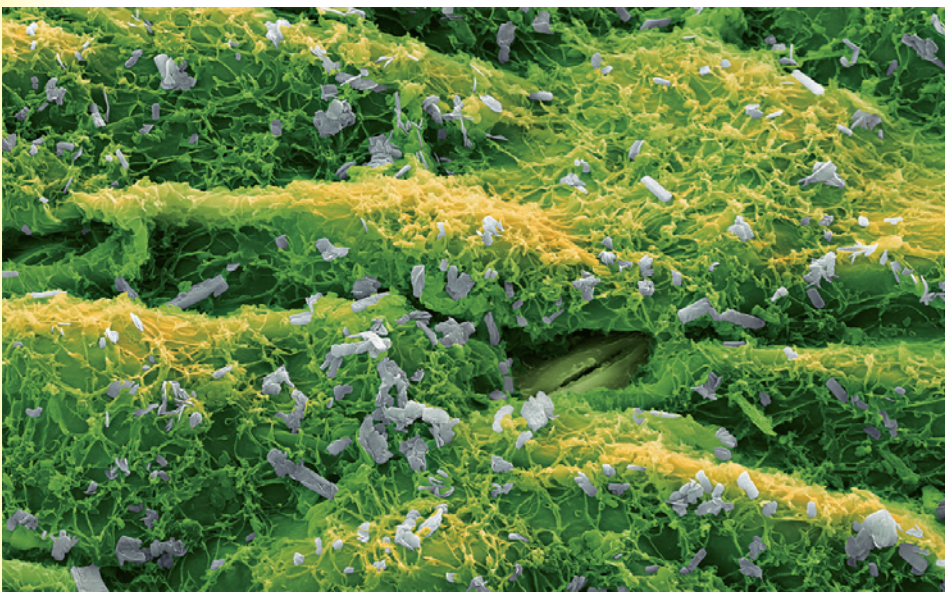
In Europa gibt es zwei Richtlinien mit unterschiedlichen Methoden, Gefahren und Risiken abzuschätzen, die von Pflanzenschutzmitteln ausgehen: Die Zulassungskriterien für das Kompartiment Wasser in der Europäischen Pflanzenschutzmittelrichtlinie 91/414/EWG und die Wasserqualitätsstandards in der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). Diese Kriterien und Standards resultieren einerseits aus Wissen über Umweltverhalten und Ökotoxizität von Pflanzenschutzmitteln, andererseits aus einer politischen Entscheidung über die Akzeptanz

von Risiken. „Die Zulassungskriterien für das Kompartiment Wasser unterscheiden sich von den Wasserqualitätsstandards in ihrer Funktion, ihrer Anwendung und in der Art und Weise, wie die Folgenabschätzungen mit der Expositionsbewertung verbunden werden. Das macht einen gegenseitigen Vergleich schwierig“, sagte Gert-Jan de Maagd (Niederländisches Ministerium für Transport, öffentliche Arbeiten und Wasserwirtschaft) auf der Fresenius-Konferenz.

Er hält einen gemeinsamen Kontext für die zugrunde liegenden Politikentscheidungen und wissenschaftlichen Erkenntnisse für notwendig. Fehlt dieser gemeinsame Kontext, so de Maagd weiter, könne die Anwendung zugelassener Pflanzenschutzmittel die Wasserqualitätsstandards in WRRL-Gewässern aufweichen. De Maagd: „Die kürzlich beschlossenen, strengeren Zulassungskriterien unter der Richtlinie 91/414/EWG und die neuen WRRL-Standards lösen diese Probleme nicht vollständig.“

Die Niederlande schlagen folgenden Ansatz vor: Die Akzeptierbarkeit sollte an zwei Stellen im Wassersystem beurteilt werden, jeweils mit einem eigenen Bewertungsverfahren. In kleinen Oberflächenrandgewässern sollte die Risikobewertung für Kurz- und Langzeitbelastung nach Richtlinie 91/414/EWG ausgeführt werden – möglichst basierend auf standardisierten Europäischen Datendossiers und Modellen sowie auf nationalen Expositionsszenarien. Bei WRRL-Gewässern sollte das Verfahren zur Gefährdungsbeurteilung gemäß WRRL angelegt sein, indem die Umweltqualitätsstandards (EQS) für Kurz- und Langzeitbelastungen mit den prognostizierten Belastungskonzentrationen (Vorregistrierung) beziehungsweise gemessenen Belastungskonzentrationen (nach der

Die Aufnahme zeigt kristalline Partikel des Pflanzenschutzwirkstoffs Boscalid. Er bekämpft Schadpilze in Kulturpflanzen wie Obst, Gemüse oder Wein aber auch in Getreide und Raps. Boscalid hemmt die Zellatmung der Pilze. Boscalid besteht aus ein bis zehn Mikrometer großen Partikeln, die sich gleichmäßig auf der Blattoberfläche verteilen und einen schützenden Belag bilden. Ein besonders wichtiges Einsatzgebiet ist der Weinbau (Abbildung: BASF).



Registrierung) verglichen werden. „Wenn in einem dieser beiden Fälle die spezifischen Kriterien oder Standards nicht eingehalten werden, kann das Pflanzenschutzmittel nicht zugelassen werden“, erklärte de Maagd.

### Risikobewertung in Best-Management-Practice einbinden

Einige EU-Richtlinien verlangen Maßnahmen, die Kontamination von Gewässern zu minimieren und die Qualität der Oberflächengewässer zu verbessern, indem beispielsweise in Flussgebieten Management-Pläne und Fortbildungsprogramme für Landwirte und Anbauer entwickelt werden. Die European Crop Protection Association (ECPA), die europäische Pflanzenschutzmittelhersteller vertritt, sieht Handlungsbedarf, um die Ziele der Richtlinien zu erreichen.

Die ECPA favorisiert einen Ansatz, der viele beteiligte Parteien einbezieht, einschließlich Landwirte und Anbauer, Wasserwirtschaftsmanager und Gesetzgeber ebenso wie die Pflanzenschutzindustrie: „Die ECPA arbeitet derzeit an einer Initiative, die ein Netzwerk von Partnern einbeziehen wird, um Berater und Landwirte zu befähigen, mit diffusen Quellen für Stoffeinträge in Gewässer umzugehen“, sagte Richard Allen (Bayer CropScience, North Carolina/USA) auf der Fresenius-Konferenz.

Ziel des vorgeschlagenen Programms ist es, eine Reihe regional ausgerichteter, praktischer Maßnahmen zu entwickeln, die zum einen den Stoffeintrag in Oberflächengewässer über Abdrift und Abfluss reduzieren, zum anderen auch in gesetzliche Entscheidungsprozesse einfließen und von Anbauern umgesetzt werden können. Allen: „Das Programm ist in ein europaweites Netzwerk eingebunden. Dadurch sorgt es für Wissenstransfer und klärt über Möglichkeiten auf, Best-Management-Praktiken auf der Ebene des Landwirtschaftsbetriebs und des Wassereinzugsgebiets einzuführen.“

### ELINK-Workshop: Expertenwissen verknüpfen

Know-how und Erfahrungen zu bündeln war auch ein Hauptbeweggrund für den ELINK-Workshop („European Workshop on Linking Aquatic Exposure and Effects in the Registration Procedure of Plant Protection Products“), sagte Colin Brown von der Universität York (England) auf der Fresenius-Konferenz. Obwohl es einige europäische Leitliniendokumente gibt, die sich mit Gewässerbelastung oder Wirkungsbeurteilung von Pestiziden befassen, hat eine Verknüpfung dieser beiden Fachgebiete in diesen Dokumenten kaum Beachtung gefunden.

Außerdem sind die gegenwärtigen Verfahren aquatischer Risikobewertung nicht in der Lage, einige Unsicherheiten auszuräumen, die sich aus den zeitlich variablen Belastungsprofilen der Oberflächengewässer ergeben – in der Praxis eher die Regel als die Ausnahme. Mehr als 50 Wissenschaftler unterschiedlicher EU-Mitgliedstaaten und den USA nahmen an dem ELINK-Workshop teil, darunter Vertreter der Politik, der Industrie und der akademischen Welt. Brown, Mitglied des ELINK-Organisationausschusses, berichtete über neun Empfehlungen, die während des Workshops erarbeitet wurden.

Die letzte dieser Empfehlungen rät, ökologische Datensätze (physikalischer, chemischer und biologischer Natur) für Bäche, Flüsse und Teiche in landwirtschaftlichen Gebieten für unterschiedliche geoklimatische Zonen in Europa zu sammeln. Diese Datensätze könnten Experten als ein „Handbuch für ökologische Szenarien“ nutzen, um eine verbesserte Belastungs-, Wirkungs- und Risikobeurteilung durchzuführen, erklärte Brown.

### Aus der Bildungslandschaft

- Zum kommenden Wintersemester wird an der Universität Tübingen ein bundesweit einmaliger **vierjähriger Bachelorstudiengang in Physik** eingeführt. Damit will man der Kritik an der zu starken Verschulung der dreijährigen Bachelorstudiengänge begegnen. Daher ist in diesem Studiengang auch die individuelle fachliche Spezialisierung und Vertiefung vorgesehen. Darüber hinaus beinhaltet er ein 5-wöchiges Berufspraktikum und er bietet die Möglichkeit zu einem 1- oder 2-semesterigen Auslandsaufenthalt.
- Ab dem Wintersemester 2009/10 bietet die Macro-media Hochschule für Medien und Kommunikation, München, ein neues B.A.-Programm an. Die **Studienrichtung Markenkommunikation und Werbung** startet in den Werbemetropolen Hamburg, München, Köln und Stuttgart. Der Studiengang ist akkreditiert und schließt nach sechs Semestern mit dem Bachelor of Arts ab.
- Zum Wintersemester 2009/2010 wird an der Universität Tübingen ein **Bachelorstudiengang „Umweltnaturwissenschaften“** eingerichtet. Der Studiengang vermittelt den Absolventen Theorie und Methoden aus den Basiswissenschaften Chemie, Physik, Mikrobiologie, Mathematik und Modellierung, um umweltnaturwissenschaftliche Probleme und Fragestellungen wie Klimawandel, Georessourcen und Umweltsystemmanagement anzugehen. Der Schwerpunkt der fundierten und breit gefächerten Ausbildung liegt auf der quantitativen Analyse und Beschreibung biogeochemischer und physikalischer Prozesse sowie Stoffströmen im Wasser, Boden und der Atmosphäre.
- Ab dem kommenden Wintersemester 2009/2010 wird an der Hochschule Aalen der neue Studiengang **„Analytische und Bioanalytische Chemie“** angeboten. Aufbauend auf einem Bachelorabschluss können Chemiker in drei Semestern (einschließlich Masterarbeit) den Abschluss als Master of Science erreichen. Vermittelt werden vor allem vertiefte Kenntnisse der analytischen Chemie mit einem Schwerpunkt auf biologischen Anwendungen, sowie angrenzenden Gebieten.
- Im Zusammenwirken mit der Industrie- und Handelskammer Cottbus bietet die Hochschule Lausitz (FH) engagierten **Studienanfängern ein Betriebsstipendium** in ausgewählten Unternehmen der Region an. Mit Beginn des bevorstehenden Wintersemesters 2009/2010 haben erneut Studienanfänger die Möglichkeit, ihre Ausbildung an der Hochschule in Cottbus und Senftenberg mit Erfahrungen in Unternehmen zu kombinieren. Wöchentlich werden vier Tage Studium von einem Tag in der Praxis ergänzt. Neu: Jetzt haben unter anderem auch Studierende der Fachrichtungen Medizinische Technik sowie Naturstoffchemie Zugang zu einem solchen Betriebsstipendium.

# Metallische Werkstoffe: Nichteisenmetalle

Mehrere richtige Antworten pro Frage sind möglich.

1 Was ist ein Eisenwerkstoff?

- A Stahl.
- B Buntmetall.
- C Weißmetall.
- D Grauguss.
- E Leichtmetall.

2 Wobei handelt es sich um einen Nichteisenwerkstoff?

- A Kupfer.
- B Aluminium.
- C Zink.
- D Bronze.
- E Messing.

3 Wie sind Edelmetalle definiert?

- A Ihre Dichte beträgt mehr als  $5 \text{ g/cm}^3$ .
- B Sie sind besonders korrosionsbeständig.
- C Es sind Nebengruppenmetalle.
- D Es sind genau die Metalle der 1. und 2. Nebengruppe.
- E Sie besitzen in Folge ihrer Passivierung eine hohe Korrosionsbeständigkeit.

4 Welche Elemente bilden eine Passivschicht, die sie vor weiterer Korrosion schützt?

- A Hafnium.
- B Niob.
- C Chrom.
- D Aluminium.
- E Blei.

5 Was ist ein Leichtmetall-Werkstoff?

- A Natrium.
- B Magnesium.
- C Chrom.
- D Titan.
- E Aluminium.

6 Welche Definition beschreibt Legierungen?

- A Eine Legierung bildet eine feste Lösung verschiedener Metalle.
- B Eine Legierung enthält in der Schmelze Mischkristalle.
- C Eine Legierung enthält immer mehrere Phasen.
- D Eine Legierung ist stets härter als ihr Hauptbestandteil.

E Eine Legierung hat immer einen höheren Schmelzpunkt als ihr Hauptbestandteil.

7 Welches ist eine natürlich vorkommende Legierung?

- A Elektrum.
- B Amalgam.
- C Rotgold.
- D Stibarsen.
- E Bronze.

8 Wann etwa stellten Menschen das erste Messing her?

- A Vor 5000 Jahren.
- B Vor 3000 Jahren.
- C Vor 1500 Jahren.
- D Vor 1000 Jahren.
- E Vor 500 Jahren.

9 Was trifft auf eine eutektische Legierung zu?

- A Die Komponenten sind in der Schmelze ineinander löslich.
- B Die Komponenten sind in festem Zustand ineinander löslich.
- C Die Legierung mit dem niedrigsten Schmelzpunkt heißt Wood'sches Metall.
- D Die Legierung mit dem niedrigsten Schmelzpunkt heißt Roses Metall.
- E Die Legierung mit dem niedrigsten Schmelzpunkt schmilzt in heißem Wasser.

10 Eine Bronzelegierung hat als Hauptbestandteil immer Cu. Welche enthält zudem 40 % Ni?

- A Leitbronze.
- B Rotguss.
- C Konstantan.
- D Tokat-Bronze.
- E Phosphorbronze.

11 Was ist ein Anwendungsgebiet für Bronzen?

- A Propeller für Seeschiffe.
- B Synthesechemie.
- C Elektronik.
- D Schneckengetriebe.
- E Binnenschiffspropeller.

12 Wie viel Kupfer enthält eine

Messing-Legierung in der Praxis mindestens?

- A 30 Prozent.
- B 40 Prozent.
- C 50 Prozent.
- D 60 Prozent.
- E 70 Prozent.

13 Woraus besteht Neusilber?

- A Cu-Zn-Ni.
- B Cu-Ag.
- C Cu-Sn.
- D Cu-Zn-Sn-Pb.
- E Cu-Al-Zn-Sn.

14 Welche Aussage zu Kupfer stimmt?

- A Die Abkürzung für Kupfer lautet Ku.
- B Kupfer hat die Ordnungszahl 31.
- C Kupfer ist sehr hart.
- D Kupfer leitet sowohl Strom als auch Wärme sehr gut.
- E Kupfer ist ein Edelmetall

15 Wie lässt sich Kupfer nachweisen?

- A Kupfer färbt die Borax-Perle gelb.
- B Kupfer(II)-Ionen bilden mit Ammoniak einen tiefblauen Kupfertetramminkomplex,
- C Kupfer(II)-Ionen, gefällt als Kupfer(II)-hexacyanoferrat(II),  $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , ist als Nachweisreaktion sehr empfindlich.
- D Kupfersalze färben die Flamme rot.
- E Iodometrie ist Methode zur quantitativen Kupferbestimmung.

## Lösungen zu Seite M40 (CLB 6/2009):

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

(Lösungen zu den Fragen hier finden Sie in CLB 08/2009 sowie auf [www.clb.de](http://www.clb.de))

**"Deine Generation ist für das Säen vorgesehen. Baum-Saat haben wir genug!"**



# Einsparpotenziale durch neue chemische und technische Prozesse – und anderes Verhalten

Wolfgang Hasenpusch, Universität Siegen

Von den sechs auf dem Index stehenden Treibhausgasen wird dem Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) die größte Schuld an der um sich greifenden Erderwärmung gegeben. Die meisten unserer anthropogenen Aktivitäten sind mit einer Emission dieses an sich harmlosen Gases verbunden: unsere Atmung, die Nahrung, der Energieverbrauch, industrielle Produktion und unser steigendes Verlangen nach Mobilität. Verantwortungsbewusste Wissenschaftler, Politiker und Unternehmen machen sich schon seit langem intensive Gedanken um die Verminderung des CO<sub>2</sub>-Verbrauches. Bei einigen der Großprojekte zur CO<sub>2</sub>-Minderung bestehen unterschiedliche Meinungen in der Realisierbarkeit sowie in der Folgenabschätzung. Aber auch am Verhalten der Bürger innerhalb der viel emittierenden Länder ließe sich noch einiges optimieren. An einem weiteren speziellen Schritt können Chemiker arbeiten, indem sie technische Verfahren entwickeln, in denen Kohlendioxid als Rohstoff dient.

## Kohlendioxid, ein harmloser Stoff

Wenn man von trägen Menschen behauptet, sie seien harmlos, so kann man sich auch mitunter irren. Das bei Raumtemperatur gasförmige Kohlendioxid verhält sich gewöhnlich recht träge: es dient sogar als Schutz-

gas und kann die meisten Brände ersticken– allerdings abgesehen von Metallbränden. Mit Ausnahme der edleren von ihnen besitzen Metalle aufgrund ihrer Elektronen-Konstellation eine größere Affinität gegenüber dem Sauerstoff als der Kohlenstoff und entreißen dem Kohlenstoff im Kohlendioxid den Sauerstoff, wie die folgende Gleichung formal zeigt:

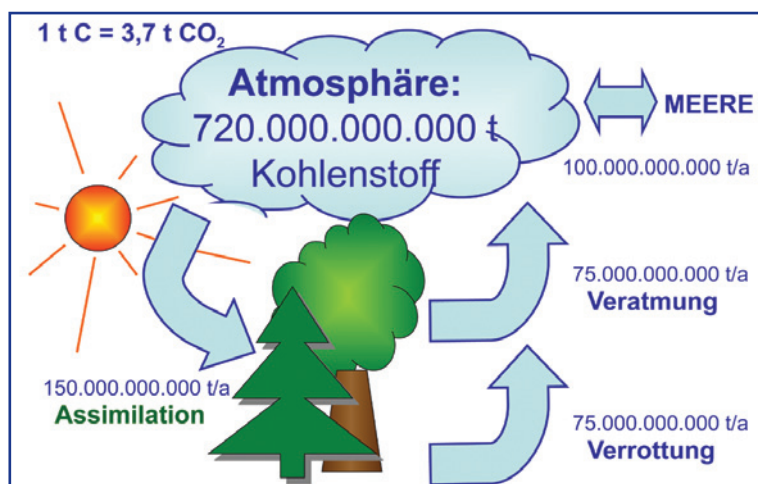


„Stille Wasser sind tief!“ könnte man da mutmaßen. Ein weiteres Gefährdungspotential liegt in der erstickenden Wirkung des Kohlendioxids. Bereits ein Atemzug lässt den Menschen besinnungslos zu Boden sinken.

Dabei schreiben Toxikologen dem Kohlendioxid mit einem Arbeitsgrenzwert von 9000 mg/m<sup>3</sup> keine giftigen Eigenschaften zu.

Bis zu 2,5% CO<sub>2</sub> verträgt der Mensch in der Luft über mehrere Stunden ohne Beeinträchtigung. Bei 8 bis 10 % machen sich allerdings Kopfschmerzen, Schwindel und eine innere Erregung bemerkbar, und ab 15% sind Lähmungen zu beobachten. Unser venöses Blut ist mit 50 bis 60 Vol.-% CO<sub>2</sub> angereichert, von dem wir täglich über 700 g (mehr als 350 Liter) ausatmen [1]. Bei sieben Milliarden Menschen auf

Abbildung 1: Hauptströme des globalen Kohlenstoff-Kreislaufs [1].



### Der Autor

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





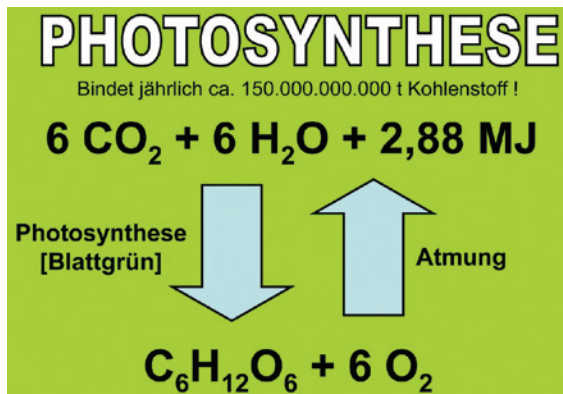


Abbildung 2: Vereinfachte Gleichung zur Photosynthese und Atmung bzw. Verrottung.

unserem Globus summiert sich das zu einer Menge von etwa fünf Milliarden kg (= 5 Mio. Tonnen  $\text{CO}_2$  = 1,4 Mio. t Kohlenstoff). Nicht viel angesichts der Gesamtströme von 720 Gigatonnen (= 1 Milliarde Tonnen) Kohlenstoff in der Atmosphäre [1]. Neuere Messungen kommen gar auf 810 Gt Kohlenstoff in der Atmosphäre [2].

Dabei können wir an unserer Atmung auch nicht viel verändern. Wohl aber an unserem Essverhalten, wie einige meinen. Der Beatle Paul McCartney beispielsweise sieht das Heil in einem fleischlosen Tag in der Woche, da die Fleischproduktion deutlich mehr Kohlendioxid-Freisetzung mit sich bringt als der Gemüseanbau [3].

Kohlendioxid mit einem Molekulargewicht von 44 (Luft = 29) verhält sich mit einer Dichte von 1,977 g/l bei 0°C (Luft = 1,293 g/l) deutlich schwerer als die atmosphärische Umgebung. Dadurch kann sich das Gas in Mulden, Brunnen und Höhlen ansammeln und Erstickungen hervorrufen.

Bei einem Druck von 55,4 bar (20°C) ist Kohlendioxid in eine leicht bewegliche Flüssigkeit der Dichte üblicher Lösemittel von 0,766 g/cm<sup>3</sup> kondensierbar. Beim Entspannen der Flüssigkeit bildet sich bei -80°C eine feste Masse, das „Trockeneis“. Elektrostatistische Aufladungen, wie sie auch beim Ausströmen aus  $\text{CO}_2$ -Handfeuerlöschern nicht selten sind, haben schon des Öfteren zu Zündungen brennbaren Materials geführt, wie z.B. von Lösungsmitteln.

### $\text{CO}_2$ und der Treibhauseffekt

Die Konzentration des Kohlendioxid-Gases auf der Erde bewegte sich in den Eiszeiten vor rund 160 000 Jahren zwischen 200 und 270 ppm, wie Eiskernbohrungen in der Antarktis belegen konnten. Das atmosphärische  $\text{CO}_2$  steht im Gleichgewicht mit der Biosphäre und den Ozeanen. Den globalen Kreislauf des Kohlenstoffs [1] gibt die Abbildung 1 wieder.

In der Biosphäre ist es besonders der Assimilation der grünen Pflanzen zu verdanken, dass große Teile des Kohlenstoffs gebunden werden. Zwar Atmen die Pflanzen auch  $\text{CO}_2$  oder emittieren das Gas bei der

Verrottung, aber insgesamt resultiert aus der Flora eine enorme weltweite  $\text{CO}_2$ -Senke (Abbildung 2).

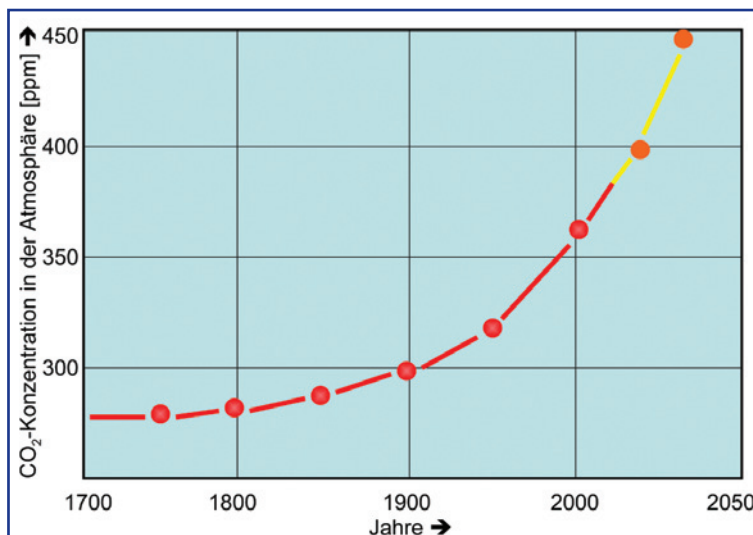
Die Bedeutung des  $\text{CO}_2$  bezüglich des „Treibhauseffektes“, wie er analog in Gewächshäusern genutzt wird, beruht auf ihrer Adsorptionsfähigkeit von Wärmestrahlen, die von der Erdoberfläche reflektiert werden. Ganz ohne diesen Effekt wäre die Erde unbewohnbar kalt. Seit Anfang des 19. Jahrhunderts, im Gleichklang mit der Industrialisierung, steigt die  $\text{CO}_2$ -Konzentration jedoch rapide an: lag sie um 1800 noch bei 280 ppm in der Luft, so verzeichnete sie 1990 bereits 350 ppm und um die Jahrtausendwende legte die Konzentration um mindestens weitere 10 ppm zu. Heute rechnen wir mit einer Konzentration von 380 ppm (Abbildung 3) und einem jährlichen Anstieg um 1,55 ppm [4].

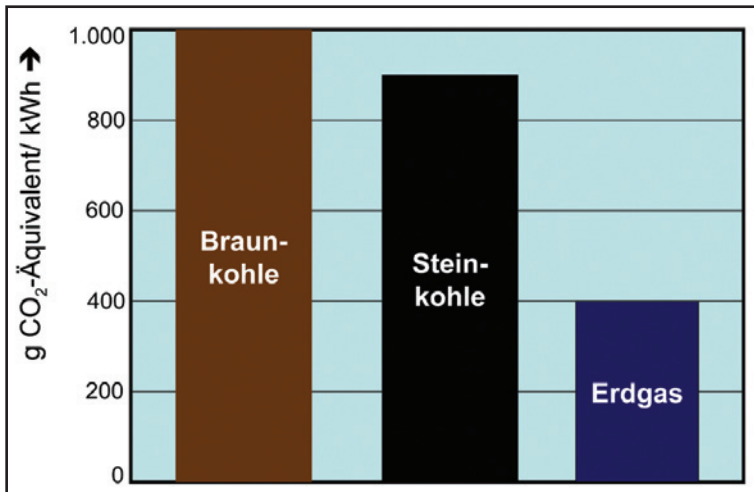
Die anderen fünf Treibhaus-Gase (Methan, Distickstoffmonoxid = „Lachgas“, Schwefelhexafluorid, Fluorkohlenwasserstoffe und Perfluorkohlenwasserstoffe), die nach dem Kyoto-Protokoll unter Zugrundelegung des Faktors = 1 für  $\text{CO}_2$  mit höheren Treibhaus-Potential definiert wurden, kommen jedoch in weit geringeren Konzentrationen vor.

Bis zum Jahre 2012 haben sich 36 Industrienationen auf eine nationale Reduktion ihrer  $\text{CO}_2$ -Emissionsreduktionen festgelegt. Das klappte in den ersten Jahren nach 1995 auch ganz gut. Bis 2004 lagen die meisten Länder auch noch im Zielkorridor. Die wirtschaftliche Erholung der Ostblockstaaten und anderer industrieller Länder lieferte im Jahre 2005 Rekord-Emissionen. Unter den Staaten mit den höchsten Emissionssteigerungen befinden sich auch drei EU-Mitglieder: Spanien mit +53%, Portugal mit +43% und Irland mit +26% [5].

Die deutsche Bundesregierung hatte sich selbst zum Ziel gesetzt, die Treibhausgas-Emissionen bis 2020 um 40 % gegenüber dem Bezugsjahr 1990 zu senken. Mit einem integrierten Klimaschutzprogramm soll

Abbildung 3:  $\text{CO}_2$ -Konzentrations Anstieg im Verlauf der Jahrhunderte.



Abbildung 4: Spezifische CO<sub>2</sub>-Emission fossiler Brennstoffe.

dieses Ziel gemeinsam mit dem Emissionshandel (Kauf von Emissionserlaubnis-Zertifikaten) erreichbar sein.

Die Chemische Industrie in Deutschland erreichte ihr gestecktes Teilziel bereits im Jahr 2000: gegenüber 1990 senkte sie die CO<sub>2</sub>-Emission um die versprochenen 30 % schon weit vor dem Zieljahr 2012. Dennoch werden große Anstrengungen unternommen, die CO<sub>2</sub>-Footprints zu analysieren und entsprechende Maßnahmen abzustimmen. So will beispielsweise die Bayer AG bis zum Jahr 2010 eine Milliarde Euro investieren, um den Klimaschutz konzernintern weiterzuentwickeln [6].

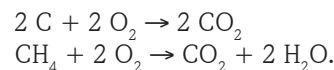
In Deutschland sind es vor allem die Kohlekraftwerke und der Straßenverkehr, die für eine hohe CO<sub>2</sub>-Emission sorgen und das vereinbarte Kyoto-Ziel gefährden könnten.

Aber gerade in diesen Bereichen werden enorme Anstrengungen unternommen und Ideen entwickelt, um den Abgasstrom effizient zu reduzieren.

## CO<sub>2</sub> aus Verbrennungen

Der Primärenergie-Verbrauch belief sich im Jahre 2006 weltweit auf 455 EJ [7]. Sie verteilte sich in der Förderung 2006 auf 164 EJ Erdöl, 111 EJ Erdgas und 142 EJ Kohle, zusammen 417 EJ [8]. Allein zwischen 1950 und 1990 hatte sich die Energienachfrage der Menschheit in ihrem Jahresbedarf verfünffacht. Statistisch kommen auf jeden Amerikaner 8 t Öl/ Jahr, Europäer kommen im Schnitt mit der Hälfte aus. In Deutschland entfallen rund 30 % auf die Industrie. Im Rahmen der Energieeffizienz-Bemühungen ließen sich Schätzungen zufolge weitere 20 bis 40 % einsparen. Die gesicherten Erdöl-Reserven auf unserem Globus von derzeit 160 Mio. t reichen noch etwa für 40 Jahre [9].

Im Vergleich der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen liefert das Erdgas als relativ reines Methan die sauberste Energie. Bezogen auf Braunkohle und Steinkohle liegt ihre CO<sub>2</sub>-Emission unter Berücksichtigung gleicher Wärmemengen unterhalb von 50% (Abbildung 4). Das kommt vor allem durch den Wasserstoff im Methangas:



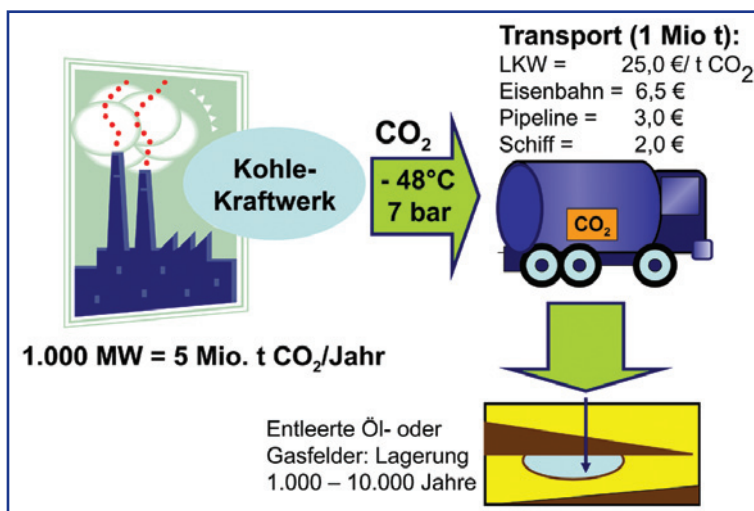
Derzeit stehen vor allen zwei größere Vorhaben zur Diskussion, um das CO<sub>2</sub> aus Großfeuerungsanlagen verschwinden zu lassen: Zum einen soll es in die Tiefsee gedrückt werden, um dort für immer zu verschwinden, zum anderen sollen sich ausgebeutete Erdgas-Kavernen anbieten, aufgrund ihrer Dichtigkeit CO<sub>2</sub> in riesigen Mengen aufnehmen zu können.

Diese Tiefsee-Verklappung ebenso wie die CO<sub>2</sub>-Anreicherung und Lagerung (CCS-Technologie: Carbon Dioxide Capture and Storage) werden von Fachleuten sehr skeptisch betrachtet. Experten schätzen einen Zeithorizont von 15 bis 20 Jahre ab, bis zur großtechnischen Reife dieser Verfahren.

Die Verbrennung muss mit reinem Sauerstoff ablaufen, um möglichst reines CO<sub>2</sub> als Verbrennungsgas zu erhalten. Derzeit ist die CO<sub>2</sub>-Abscheidung durch chemische Absorption das einzige kommerziell verfügbare Verfahren.

Für das Hineindrücken in saline Aquifere (hochporöse, mit salzhaltiger Lösung gefüllte Sedimentgesteine) stünden ebenfalls Lagerkapazitäten von bis zu 200 000 Mrd. t CO<sub>2</sub> zur Verfügung. Allerdings sind diese Schätzungen noch sehr ungenau. Ebenso vage, wie die notwendige Lagerdauer, für die Zeiträume zwischen 1000 und 10 000 Jahre zur Diskussion stehen [10].

Abscheidung, Transport und Lagerung bedürfen noch umfangreicher Entwicklungsarbeiten. Aber gerade deshalb sollte man sich diesen Problemen in seiner ganzen Vernetztheit stellen. Abbildung 5 berücksichtigt bei dieser CO<sub>2</sub>-Bodeninjektion besonders auch die unterschiedlichen Frachtkosten.

Abbildung 5: CO<sub>2</sub>-Abscheidung, Transport und Lagerung.

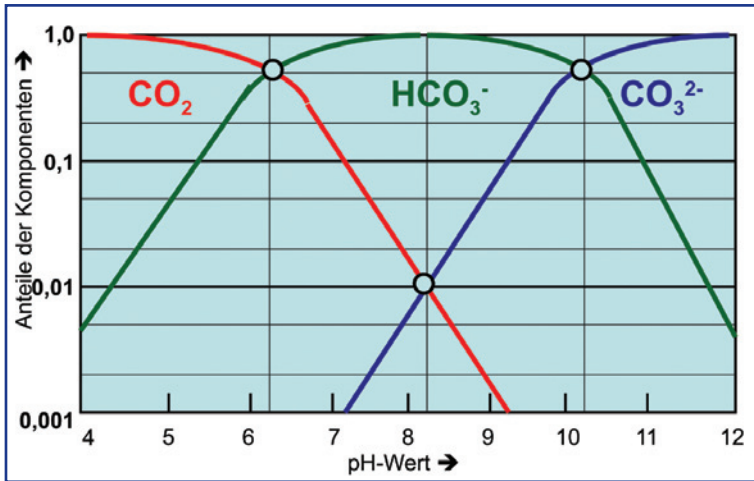


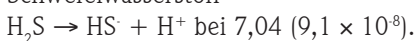
Abbildung 6: Verteilung der Komponenten  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCO}_3^-$  und  $\text{CO}_3^{2-}$  (25°C) bei unterschiedlichen pH-Werten im Gleichgewicht.

Bei der Tiefsee-Injektion entstehen noch mehr Fragezeichen. Denn gerade die Tiefsee mit all ihren ökologischen Kreisläufen und Gegebenheiten unterliegt durch die technischen Voraussetzungen gerade mal einem Jahrzehnt an Entdeckungs- und Forschungstätigkeit. Das  $\text{CO}_2$  als Kohlensäure auf das Leben in der Tiefsee einen großen schädlichen Einfluss haben würde, ist sehr einleuchtend. Abbildung 6 verweist auf die pH-Wert-Verschiebung im Wasser mit zunehmendem  $\text{CO}_2$ -Gehalt.

Vor allem könnten aus den Tiefen der Meere, die von dem Leben in Schwefelwasserstoff-Kreisläufen bestimmt sind, größere Mengen von Schwefelwasserstoff an die Wasseroberfläche transportiert werden. Denn eine gesättigte  $\text{CO}_2$ -Lösung weist einen pH-Wert von 3,8 auf, während Schwefelwasserstoff durch die geringere Dissoziation selbst in 0,1n Lösung nur auf einen pH-Wert von 4,1 kommt. Die stärkere Säure  $\text{H}_2\text{CO}_3$  verdrängt die schwächere Säure  $\text{H}_2\text{S}$ . Damit würde aber auch das marine Leben in den oberen Wasserschichten mit den Millionen von Meerestieren und -pflanzen in den Korallengärten (Abbildung 7) ein grausames Ende finden.

Abgesehen davon ist auch die Löslichkeit des Kohlendioxid-Gases sehr stark von der Temperatur abhängig (Abbildung 8), wie wir es von den Sprudel-Flaschen her kennen: deren Inhalt schäumt stark auf, wenn wir die Flaschen aus dem Kühlschrank nehmen und nach einer Zeit des Stehenlassens bei Raumtemperatur öffnen. Erwärmt sich die gesättigte  $\text{CO}_2$ -Lösung in den Meerestiefen durch Wasserströmungen und Tiefsee-Vulkantätigkeit, würde ein vergleichbares Aufschäumen eintreten.

Bei Raumtemperatur und einer Atmosphäre Druck liegen die Dissoziationskonstanten von Kohlensäure in Wasser



Die Löslichkeit in 100  $\text{cm}^3$  reinem Wasser wird bei Kohlendioxid mit 0,348 g (0°C), 0,145 (25°C), 0,097 g (40°C) und 0,058 g (60°C) bzw. 171  $\text{cm}^3$  (0°C) und 90,1  $\text{cm}^3$  (20°C) im „Handbook of Chemistry and Physics“ angegeben, bei  $\text{H}_2\text{S}$  mit 437 (0°C) und 186 (40°C).

Bisher weiß jedoch niemand mit Sicherheit, wie sich diese Parameter in einigen tausend Meter Wassertiefe bei der Salinität der Weltmeere von ca. 3,5 % und dem enormen Druck von 100 bar je 1000 m Tiefe auswirken.



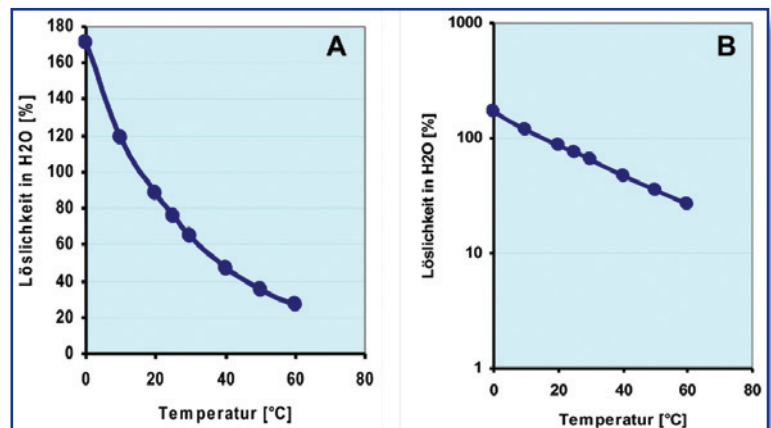
## $\text{CO}_2$ aus Transport und Verkehr

Der Transport von Waren, Gütern und Rohstoffen hat in den letzten Jahren enorm zugenommen. Auch



Abbildung 7: Leben der Fische im Korallenriff.

Abbildung 8: Löslichkeit von  $\text{CO}_2$  in Wasser [%] von 0 bis 60°C (A); logarithmische Auftragung als Gerade (B).



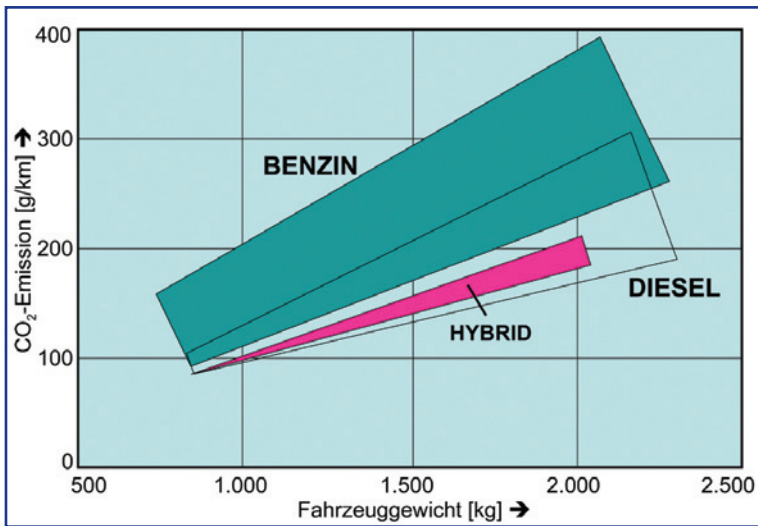


Abbildung 9: CO<sub>2</sub>-Emission in Abhängigkeit von Fahrzeuggewicht und Antrieb.

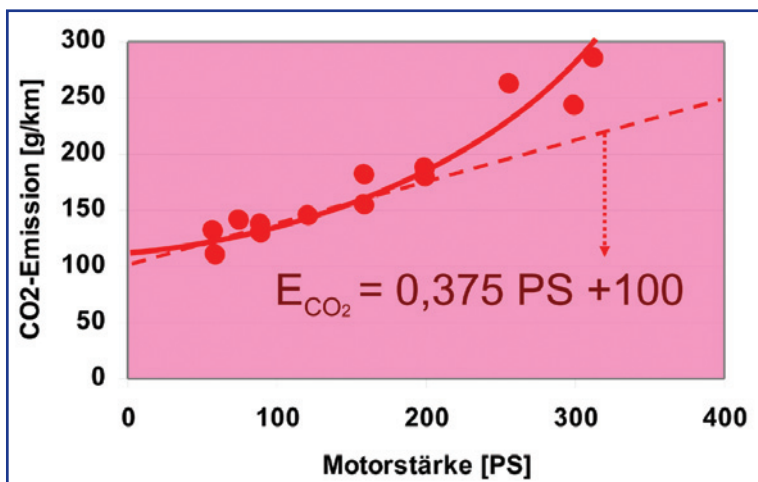
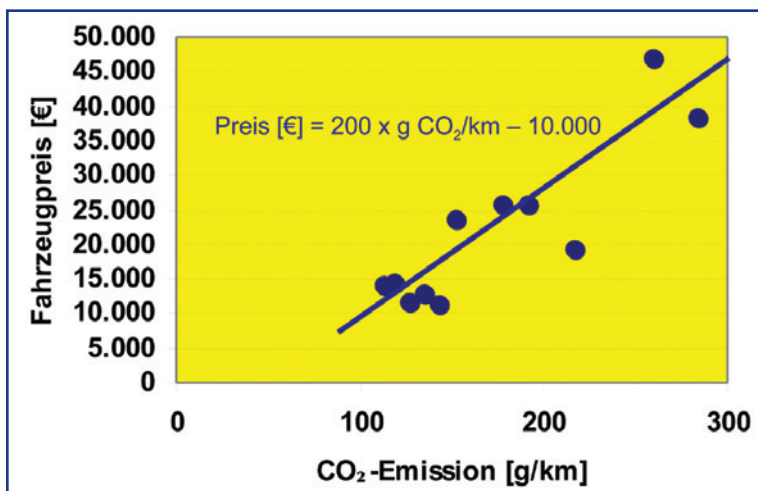


Abbildung 10: Die CO<sub>2</sub>-Emission steigt überproportional mit der Motorstärke.

Abbildung 11: Die CO<sub>2</sub>-Emission steigt fast linear mit dem Neuwagen-Preis an.



die fossilen Brennstoffe gelangen zum Teil über immer weitere Strecken zu den Verbrauchern. Aber auch der Personenverkehr hat erheblich zugenommen. Zudem brachten die meisten Autobauer nicht, wie versprochen Kraftfahrzeuge mit geringerem Kraftstoff-Verbrauch auf den Markt, sondern glaubten, der asiatischen Konkurrenz mit komfortablen „Luxus-schlitten“ und allradgetriebenen Geländefahrzeugen Paroli bieten zu müssen.

Betrachtet man den Kfz-Markt, so offenbart sich eine Reihe bemerkenswerter Abhängigkeiten:

Fahrzeuggewicht und Antriebsart, wie Benzin-, Diesel- oder Hybrid-Antrieb haben in gewissen Breiten einen deutlichen Einfluss auf den CO<sub>2</sub>-Verbrauch der Fahrzeuge (Abbildung 9). Die Diesel- und Hybrid-Antriebe erweisen sich gegenüber dem Benzinantrieb als energieeffizienter.

Auch die PS-Stärke der Motoren zeigt ihren zunächst linearen, ab 200 PS sogar überproportionalen Einfluss auf die CO<sub>2</sub>-Emission in Gramm je Kilometer (Abbildung 10).

Diese Parameter sind bekanntermaßen auch an den Preis der Fahrzeuge gekoppelt: PS-starke Autos kosten entsprechend mehr. So verwundert es vielleicht nicht sonderlich, dass sich auch zwischen dem Neuanschaffungspreis der Fahrzeuge und dem CO<sub>2</sub>-Ausstoss eine weitgehend lineare Beziehung der Form „Preis [€] = 200 × g CO<sub>2</sub>/ km · 10 000“ besteht (Abbildung 11).

Falls sich die Bundesregierung entschließen sollte, Fahrzeuge ab einer Emission von 120 g CO<sub>2</sub>/ km mit einer gestaffelten finanziellen Abgabe zu belegen, wie sie derzeit diskutiert wird, sind bisher nur Fahrzeuge mit einem Neuanschaffungspreis von 10 000 bis 15 000 € von weiteren finanziellen Belastungen befreit. Diese Fahrzeuge zeichnen sich zudem durch einen Kraftstoff-Verbrauch von weniger als fünf Litern je 100 km Fahrleistung aus. Denn auch Kraftstoff-Verbrauch und CO<sub>2</sub>-Emission stehen zueinander in einer linearen Beziehung (Abbildung 12). Sie folgt der Gradengleichung „ECO<sub>2</sub> [g/km] = 24 Sprit-Menge [l/100km]“. Das heißt: bei 10 l/100 km Sprit-Verbrauch liegt die CO<sub>2</sub>-Emission bei 240 g/km, bei einem Kraftstoff-Verbrauch von 5 l/100km bei 120 g/km.

Jedoch ein Großteil des Kraftstoff-Verbrauches hängt auch mit unseren gefahrenen Strecken und unserer Fahrweise zusammen (Abbildung 13): dabei ließen sich nach Experten-Meinung an die 100% sparen. Eine weitere Einsparmöglichkeit von Kraftstoff liegt in der gebotenen Wartung und im optimalen Luftdruck auf den Reifen. In der Bandbreite des individuellen Fahrstils, von den Kavaliertarts bis zum Optimum liegen weitere 100 % an Sprit-Einsparungspotential – man sollte es nicht für möglich halten!

Schon die Länge der Fahrstrecke, die nicht durch Ampeln unterbrochen ist, übt einen starken Einfluss auf den Kraftstoff-Verbrauch aus. Wer aber auch im Sommer meint, mit dem Auto zwei bis fünf Kilometer zur Arbeit fahren zu müssen, sollte zumindest ein



Abbildung 13: Mehr als die Hälfte des Kraftstoff-Verbrauchs unterliegen Wartung, Zusatzbelastungen und unökonomischer Fahrweise.

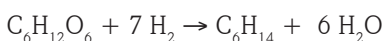
schlechtes Gewissen haben. Denn bei diesen kurzen Strecken wird der Motor gerade einmal auf Temperatur gebracht. Abbildung 14 zeigt am Beispiel eines 1500 kg schweren Fahrzeugs, welchen Einfluss die ununterbrochene Fahrstrecke auf den Kraftstoff-Verbrauch und entsprechend auf den CO<sub>2</sub>-Ausstoß hat.

„Wilde Raser sind CO<sub>2</sub>-Blaser!“ Dieser Spruch lässt sich durch Abbildung 15 belegen. Denn mit der Fahrzeug-Geschwindigkeit steigt der Kraftstoff-Verbrauch parabolisch überproportional an. Dabei soll natürlich auch nicht den „Schleichkatzen“ auf der Autobahn der Rücken gestärkt werden; eine moderate Reisegeschwindigkeit zwischen 100 und 150 km/h, sofern es die Beschilderung überhaupt zulässt, kann sehr deutlich zur CO<sub>2</sub>-Einsparung im individuellen Kraftfahrzeug-Verkehr beitragen.

Darüber hinaus bestehen zahlreiche nachahmenswerte Beispiele der Kraftstoff-Ersparnis durch Fahrgemeinschaften, Umstieg auf Nahverkehrsmittel oder gar Fahrrad, Fahrzeug-Sharing, Umstieg auf Kleinfahrzeuge und vieles mehr.

Dass Diesel-Kraftstoffe deutlich höhere Energieinhalte aufweisen und daher für geringeren Kraftstoffverbrauch sorgen, ist auch der Abbildung 16 zu entnehmen: mit steigendem Molekulargewicht und steigender Dichte der Alkane, der gesättigten Kohlenwasserstoffe, steigt auch der Energieinhalt bzw. der Heizwert.

Der Wasserstoff selbst verfügt dagegen nur über einen relativ niedrigen Energieinhalt. Er kann jedoch zum katalytischen Hydrieren von Stärke, Zellulose und anderen nachwachsenden Rohstoffen zu höhermolekularen Brenn- und Kraftstoffen genutzt werden. Beispielsweise nach folgendem Formel-Schema:



Einen völlig neuen Brennstoff hat die Evonik New Energies GmbH entdeckt: in Dillingen an der Saar errichtet das Unternehmen derzeit ein Gichtgas-Kraftwerk. Gespeist von den Dillinger Stahl-Hochöfen soll das Kraftwerk die Kohlenmonoxid-haltigen Hochofen-Gichtgase in einer Größenordnung von 2 Mrd. Kilowattstunden ab 2009 thermisch verwerten. Durch den Einsatz der besten verfügbaren Anlagentechnik werden aus den ca. 2 Mrd. m<sup>3</sup> Hochofengas Strom

und Prozessdampf erzeugt. Diese Wärmemenge entspricht der Heizkapazität für über 15 000 Einfamilienhäusern [11].

## CO<sub>2</sub> als Rohstoff

Eine Reihe von chemischen Reaktionen, die auch in großtechnischem Maßstab ihren Einsatz finden, seien beispielgebend für die Nutzung des Kohlendioxids als Rohstoff angeführt. In Forschung und Entwicklung laufen derzeit verschiedene Projekte, diesen Musterbeispielen weitere folgen zu lassen, gerade um auch diese Senke umfangreicher nutzen zu können.

Durch Einwirkung von Kohlendioxid auf Metallphenolate entstehen bei höheren Temperaturen nach der Kolbe-Schmitt-Reaktion (Abbildung 17) aromatische Hydroxysäuren. Diese elektrophile Substitution mit CO<sub>2</sub> wird besonders bei der Salicylsäure-Synthese eingesetzt, ein Rohstoff zur Herstellung des mehr als

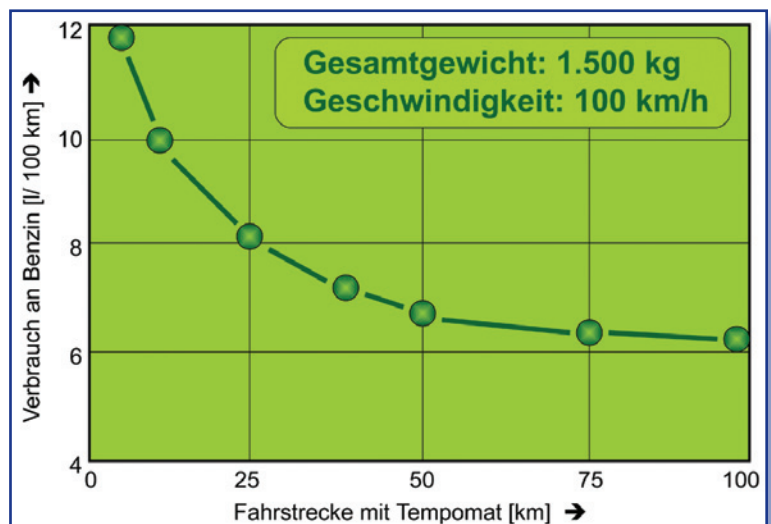
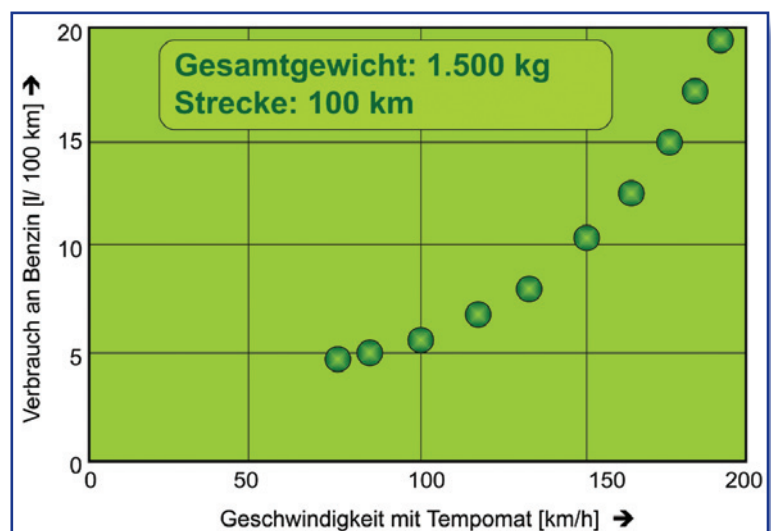


Abbildung 14: Übermäßiger Kraftstoff-Verbrauch im Nahverkehr.

Abbildung 15: Übermäßiger Kraftstoff-Verbrauch bei erhöhter Geschwindigkeit.



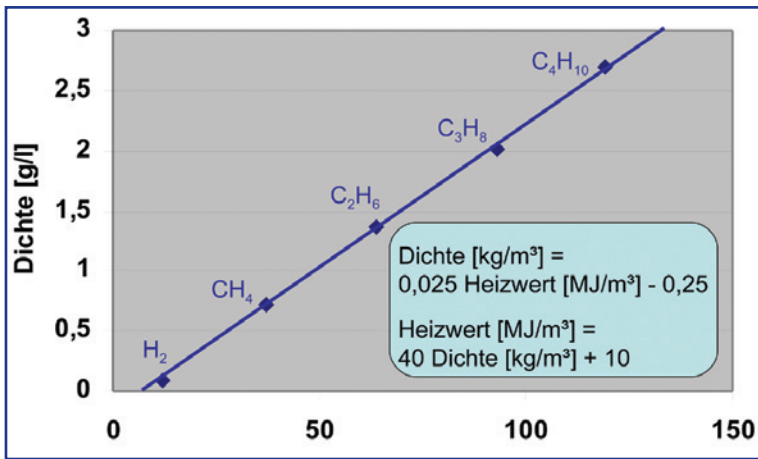


Abbildung 16: Lineare Beziehung zwischen Heizwert und Dichte brennbarer Gase.

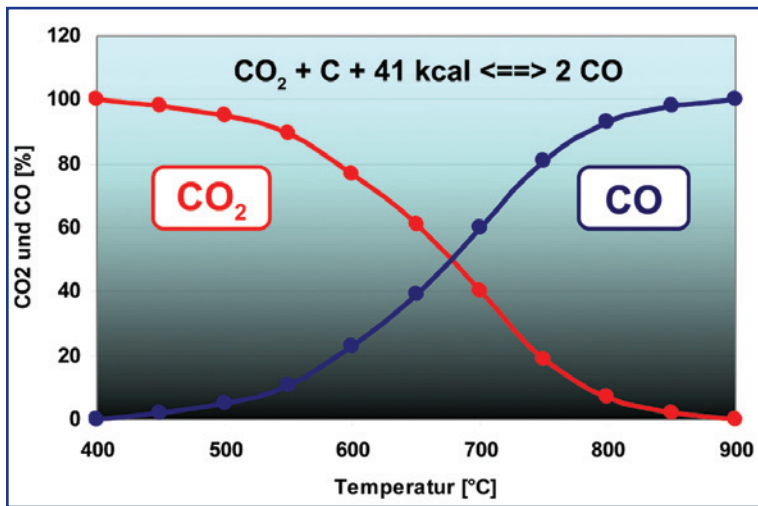
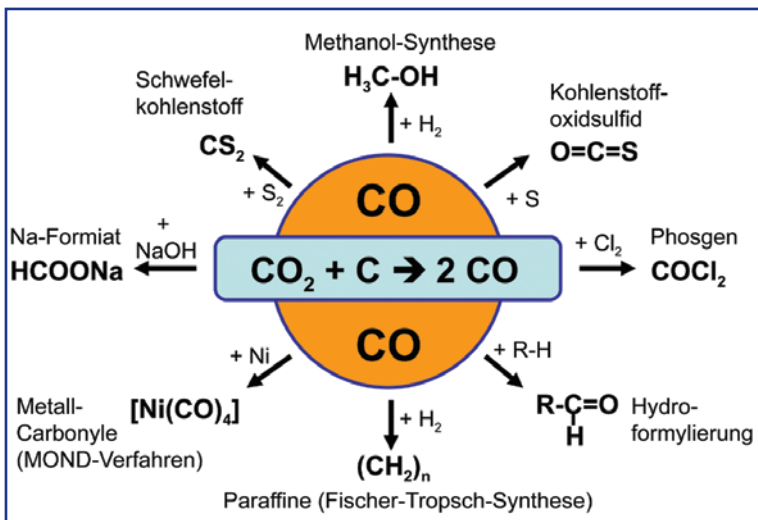
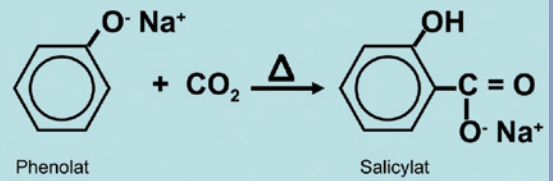


Abbildung 19: Boudouard-Gleichgewicht.

Abbildung 20: Umsetzungen des Kohlenmonoxids als CO<sub>2</sub>-Folgeprodukt.



**Kolbe-Schmitt-Reaktion:**



**Solvay-Verfahren:**

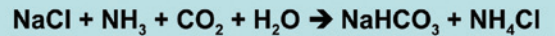
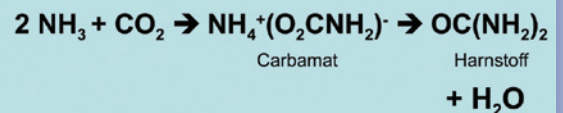


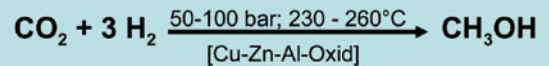
Abbildung 17: Bekannte Beispiele von CO<sub>2</sub>-verbrauchenden Reaktionen.

Abbildung 18: Großtechnische Verfahren mit CO<sub>2</sub>-Umsetzungen.

**Harnstoff-Synthese:**



**Methanol-Synthese:**



100jährigen Erfolgs-Medikaments Acetylsalicylsäure (Aspirin, ASS). Hermann Kolbe (1818-1884) lehrte als Chemie-Professor an den Universitäten Marburg und Leipzig. Rudolf Schmitt (1830-1898) ging als Professor für Chemie an die TH Dresden.

Die Gründung eines der heute erfolgreichsten Chemieunternehmen verdanken wir dem Solvay-Verfahren (Abbildung 17), das der Chemiker und Industrielle Ernest Solvay (1838-1922) in Brüssel gründete. Sein Prozess zur großtechnischen Herstellung von Soda geht von den Rohstoffen Kochsalz, Ammoniak und Kohlendioxid aus. Das in konzentrierter Lösung schwerlösliche Natriumhydrogencarbonat wird durch Kalzination in das Natriumcarbonat (Soda) überführt. Sowohl das dabei freigesetzte Kohlendioxid als auch das Ammoniak werden erneut über interne Kreisläufe genutzt.

Des Weiteren seien die Harnstoff- und die Methanol-Synthese genannt, die Kohlendioxid als eines der Einsatzstoffe in großen Mengen verwenden (Abbildung 18).

Zahlreiche weitere Herstellungswege verlaufen über das Kohlenmonoxid. Es steht mit Kohlenstoff und dem Kohlendioxid nach seinem Entdecker Octave Leopold Boudouard (1872-1923) im Gleichgewicht (Abbildung 19). Mit Kohlenstoff lässt sich das Dioxid zum Monoxid reduzieren. Das Kohlenmonoxid findet bereits in zahlreichen großtechnischen Synthesen seinen Einsatz. Einige Beispiele, wie die Fischer-Tropsch-

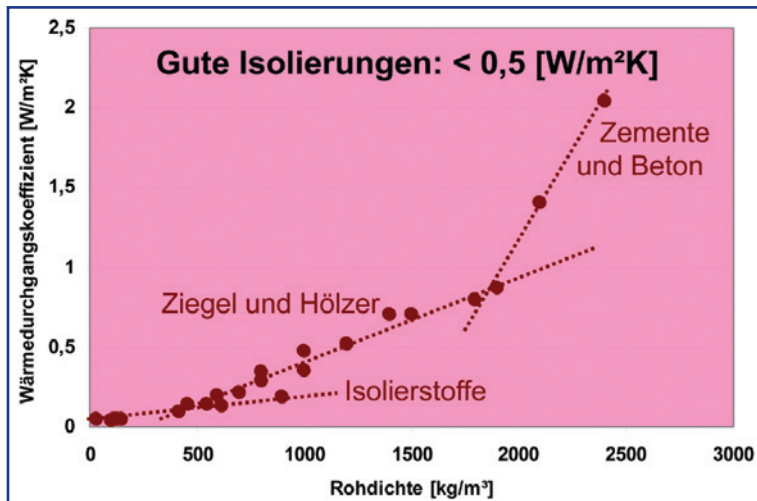


Abbildung 21: Gute und weniger gute Isolierungen.

Synthese (Franz Fischer, 1877-1947, Professor für Chemie und Direktor des KWI für Kohleforschung in Mülheim, Ruhr und Hans Tropsch, 1889-1935, Professor für Chemie in Prag, KWI Mülheim und Union Oil Products Inc., Chicago) und das Mond-Verfahren (Ludwig Mond, 1839-1909, Erfinder und Großindustrieller, Aufbau der englischen Soda-Industrie nach Solvay, Mitgründer der Brunner Mond Ltd.) sind der Abbildung 20 zu entnehmen.

### Weitere CO<sub>2</sub>-Minderungsmaßnahmen

Da der größte Teil des Kohlendioxids bei Verbrennungsprozessen zur Energiegewinnung und Antriebstechnik entsteht, sind auch hier die größten Einsparungspotentiale zu finden.

In der Energietechnik finden alternative Energien, wie die Photovoltaik, Solartechnik zur Warmwassergewinnung, Windräder an Land und off-shore im Schelf vor den Küsten, immer stärkeren Einsatz. Auch die Wärmepumpen, die nach dem umgekehrten Kältschrank-Prinzip mit geringem Stromverbrauch arbeiten, lassen die kalte Kreislaufflüssigkeit von der Wärme im Boden, die immerhin noch um 8°C beträgt, aufwärmen.

Große Hoffnungen werden auch berechtigterweise in die Geothermie gesetzt. Denn ist es nicht paradox, dass sich die Menschheit Sorgen um ihre Energieversorgung macht, während einige Kilometer unter ihren Fußsohlen Temperaturen von einigen tausend Grad herrschen?!

Noch aber ist das Ergünden von Geothermie-Quellen mit hohen Risiken verbunden. Im Vergleich zur Kernenergie dürften sie jedoch gering ausfallen.

Kraftstoffe, wie Methangas und Biodiesel auf der Basis nachwachsender Rohstoffe haben bereits erfolgreiche Einsätze gefunden.

Auch auf dem Sektor der Brennstoffzellen, auf dem zahlreiche Forscher bei Johnson Matthey in England bereits seit Ende des 2. Weltkrieges arbeiten, wurde

in mehreren Anwendungen erfolgreich erprobt. Eines der großen Herausforderungen an dieser umgekehrten Elektrolyse-Technik, bei der Sauerstoff und Wasserstoff von zwei Seiten eines katalytisch arbeitenden Diaphragmas zur Stromgewinnung zugeführt werden, statt dass sie mit Hilfe des Stromes entstehen, sind zuverlässig stabile Trenn-Diaphragmen. Denn wenn sie zerbrechen, wobei Wasserstoff und Sauerstoff direkt in Gegenwart von Platinmetall-Katalysator aufeinander geraten, entsteht eine der zur Verfügung stehenden Menge an Gasen entsprechend heftige Explosion.

Neben zahlreichen Möglichkeiten der Energieeinsparung ist vor allem auch die Nutzung der Wärmeisolation zu intensivieren. Um den Verlust von Wärme und unzureichende Isolationen in Industrieanlagen, Rohrleitungen und Gebäuden zu erkennen, haben sich Infrarot-Kameras sehr bewährt. Wer nicht schon beim Errichten der Anlagen und Gebäude auf dauerhafte Isolierungen achtet, kann diese mit einer Reihe von Dämm-Materialien nachholen. Neben den Naturstoffen Holz und Kork offeriert der Markt auch eine Reihe besonders langlebiger synthetischer Isolierstoffe (Abbildung 21).

Kommunen bieten zum Teil auch kostenlose Checks und Erhebungsbögen zum Energieverbrauch an, anhand derer eine Selbsteinschätzung oder eine fachmännische Expertise erstellt wird. **CLB**

### Literatur

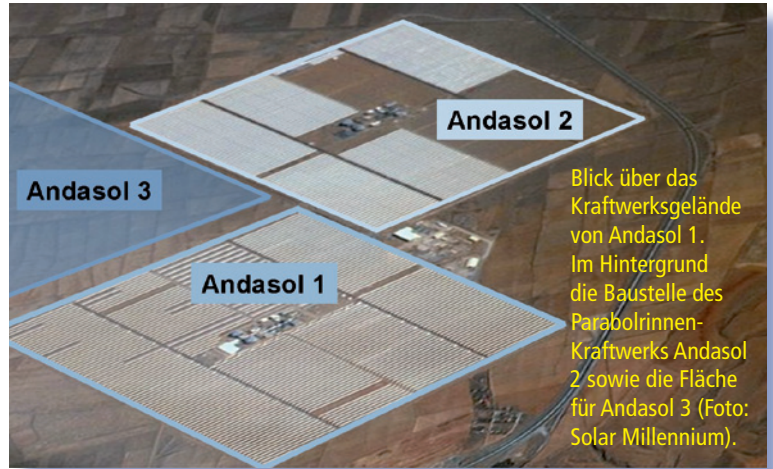
- [1] Römpp Chemie Lexikon, Thieme Verl., Stuttgart (1990)
- [2] Leibnitz-Institut für Meereswissenschaften, IFM-Geomar, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, BGR, Hannover 2007
- [3] Sieß, W., „Wirtschafts-, Welt- und Ferienklima“ (Editorial) CITplus, 7 (2008) 1
- [4] Kreysa, G., Chemie Ingenieur Technik 80 (2008) 901
- [5] Anonym, research\*eu, 56, Juni (2008) 4
- [6] Geipel-Kern, A., PROCESS, 4 (2008) 12
- [7] BP Statistical Review of World Energy, BP p.l.c. (2007) 41
- [8] Rempel, H. u.a., „Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen 2006“, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover (2007)
- [9] Henheik, P.-M., Chemie Ingenieur Technik (Editorial) 80 (2008) 883
- [10] Drucksache des Deutschen Bundestages: Technikfolgenabschätzung, CO<sub>2</sub>-Abscheidung und Lagerung bei Kraftwerken, Sachstandsbericht zum Monitoring „Nachhaltige Energieversorgung“, Nr. 16/9896 vom 01.07.2008
- [11] P. Ney und K. Lander, „Ein Kraftwerk besonderer Art“ Folio, Das Mitarbeitermagazin der Evonik Industries AG, 12 (2008) 28



## „Singularität“: Vor dem Umbruch in der Energieerzeugung

# Kohle- und Atomstromausstieg langfristig machbar

In der Astrophysik bezeichnet der Begriff „Singularität“ kurz gesagt einen Zustand unendlich hoher Energie in einem Punkt. Im übertragenen Sinne steht er für das Auftauchen von unerwartet Neuem (Emergenz). Der Technologie Ray Kurzweil sagt: Es gibt einen technischen Wandel, der „so schnell und allumfassend ist, dass er einen Bruch in der Struktur der Geschichte der Menschheit darstellt.“ Das kann man heute fast auch für Verfahren und Systeme umweltfreundlicher, CO<sub>2</sub>-neutraler Energieerzeugung sagen, zeigt dieser Artikel, in Ergänzung zu dem Kohlendioxid-Artikel ab Seite 262. Klar ist jedoch: Die Größe der zu ändernden Strukturen erzwingt nach wie vor langfristiges Handeln. Ein vorschneller Atomausstieg etwa wäre volkswirtschaftlich und ökologisch falsch.



Blick über das Kraftwerksgelände von Andasol 1. Im Hintergrund die Baustelle des Parabolrinnen-Kraftwerks Andasol 2 sowie die Fläche für Andasol 3 (Foto: Solar Millennium).

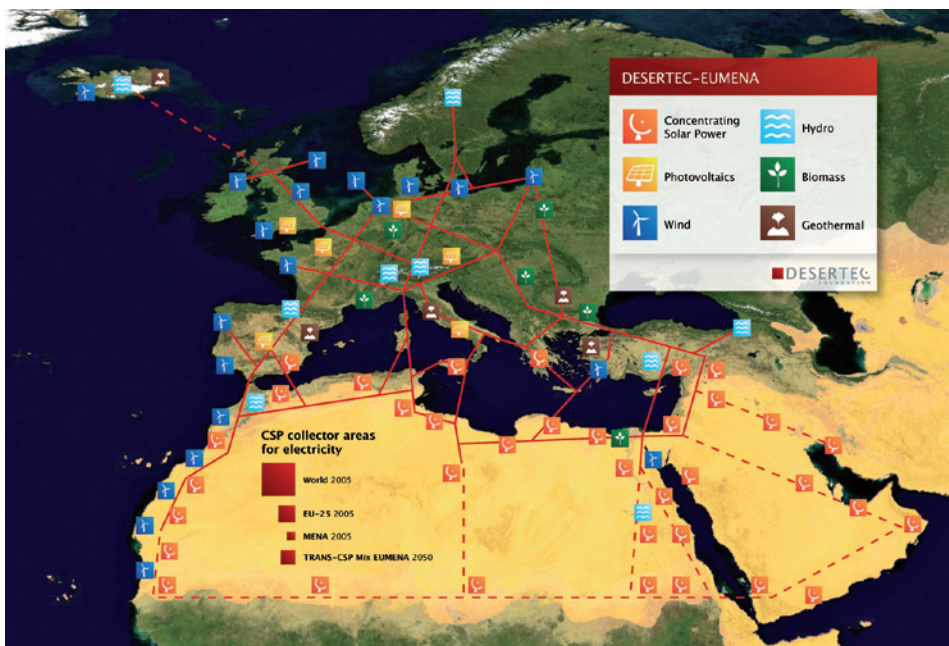


Eine erstaunliche Meldung zur Energiewende war jetzt die Gewinnung von Solarstrom aus der Wüste; sie führte in den vergangenen Tagen zu einem großen Medienecho. Entscheidend dafür war zunächst mal eine Zahl: 400 Milliarden Euro.

Zum anderen jedoch die Tatsache, dass die Information dazu aus typischerweise als konservativ betrachteten Wirtschaftskreisen kam. Der Vorstand des Versicherungskonzerns Münchener Rück, Torsten Jeworrek nannte gegenüber der

„Süddeutschen Zeitung“ diese Zahl, einen Zeitplan mit ersten Erfolgen in zehn Jahren sowie Industriepartner. Kurz nach Erscheinen dieser Artikel sollen am 13. Juli in München 20 Konzernvertreter zusammen treffen, um konkrete Planungen anzustoßen. Angehören sollen der Gruppe Siemens, Deutschlands zweitgrößter Energieversorger RWE und die Deutsche Bank. Dazu kommen Technologieführer für Spezialitäten: Die Solarsparte von Schott, Hersteller von Receiver-Röhren für Solarthermie-Kraftwerke, sowie die börsennotierte Projektgesellschaft Solar Millennium aus Erlangen, die mit ihren Parabolrinnen-Kraftwerken Andasol 1, 2 und 3 in Spanien bewiesen hat, dass es möglich ist, Solarstrom zu wettbewerbsfähigen Preisen herzustellen. Auch Bundesministerien und der Club of Rome sollen bei der Gründung mit am Tisch sitzen.

15 Prozent des gesamteuropäischen Strombedarfs sollen bis zum Jahr 2050 solarthermisch erzeugt werden. Das ist das Ziel der Desertec Foundation. Sie ist eine gemeinnützige Stiftung und wurde von Privatleuten, Mitgliedern der Trans-Mediterranean Renewable Energy Cooperation (TREC) mit Unterstützung des Prinzen Hassan bin Talal von Jordanien und der deutschen Gesellschaft Club of Rome gegründet. Die TREC wiederum will die Energieversorgung EU-MENA's (MENA = Middle East / North Afrika) mit erneuerbaren Energien durch eine Kooperation dieser Länder sicherzustellen. Dabei sieht TREC die Einspeisung von Wüstenstrom in das europäische Stromnetz als zusätzliche Maßnahme zur Nutzung europäischer erneuerbarer Energieressourcen, um die Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen zu beschleunigen und um die europäische Energiesicherheit zu erhöhen. Strom soll in der Wüste durch Solarthermie gewonnen werden (englisch auch Concentrated Solar Power, CSP), die über Wärmespeicherung auch nachts Strom liefern bzw. Entsalzungsanlagen betreiben kann (Abb.: Desertec).



### Strom aus Solarthermie

Andasol 1 wurde jetzt am 1. Juli offiziell eingeweiht. Das Solarthermiekraftwerk ging im Dezember 2008 ans Netz und versorgt bis zu 200 000 Menschen in Südspanien mit Strom. Mit einer Kollektorfläche von mehr als 510 000 Quadratmetern – das entspricht der Fläche von 70 Fußballfeldern – ist Andasol 1 zugleich das größte Solarkraftwerk der Welt. Erstmals kommen große thermische Speicher zum



Einsatz, so dass die Anlage auch nach Sonnenuntergang Sonnenstrom erzeugen kann. In unmittelbarer Nachbarschaft von Andasol 1 entstehen die im Wesentlichen baugleichen Solarkraftwerke Andasol 2 und 3. Andasol 2 befindet sich derzeit in der Inbetriebnahmephase; Andasol 3 wird 2011 ans Netz gehen. Die gesamte Bruttostromproduktion der Kraftwerke wird rund 540 Gigawattstunden Strom pro Jahr betragen, womit die Anlagen über eine halbe Million Menschen versorgen und jährlich rund 450 000 Tonnen Kohlendioxid einsparen.

Jedes Kraftwerk verfügt über eine elektrische Leistung von 50 Megawatt und thermische Speicher. Die Wärmespeicher bestehen aus je zwei Tanks für jeweils 28 500 Tonnen einer flüssigen Salzmischung aus Kalium-Natrium-Nitratsalzen. Das 390 Grad heiße Salz – etwa die Temperatur, die auch das synthetische Öl in den Absorberrohren des Parabolrinnen-Kraftwerk hat. Diese rinnenförmigen Spiegel des Solarfelds konzentrieren die einfallenden Strahlen 80-fach. Bei voller Sonneneinstrahlung reicht die Energie, sowohl die Kraftwerksturbinen zu versorgen wie auch die Wärmespeicher aufzuladen. Ein voll erhitzter Salzspeicher kann die Turbinen des Kraftwerks etwa 7,5 Stunden lang betreiben, auch in der Nacht.

Und die drei 50 Megawatt-Anlagen in Spanien sind erst der Anfang. Mitte Juni unterzeichnete Solar Millennium mit dem US-amerikanischen Energieversorger Southern California Edison (SCE) Stromabnahme-Verträge. Sie sehen die Entwicklung von zwei Parabolrinnen-Kraftwerken mit einer Leistung von jeweils 242 Megawatt (MW) mit der zusätzlichen Option für ein drittes 242-MW-Kraftwerk vor. Insgesamt sind somit bis zu 726 MW solarthermischer Kraftwerksleistung geplant. Jede dieser Anlagen, die ins kalifornische Netz einspeisen, kostet wohl über eine Milliarde US-Dollar; Inbetriebnahme zwischen 2013 und 2014.

Jahr		2020	2030	2040	2050
Anzahl x Leistung GW		2 x 5	8 x 5	14 x 5	20 x 5
Transfer TWh/a		60	230	470	700
Mittlere Auslastung		0.60	0.67	0.75	0.80
Umsatz Mrd. €/a		3.8	12.5	24	35
Landfläche km x km	CSP	15 x 15	30 x 30	40 x 40	50 x 50
	HGÜ	3100 x 0.1	3600 x 0.4	3600 x 0.7	3600 x 1.0
Investition Mrd. €	CSP	42	134	245	350
	HGÜ	5	16	31	45
Stromkosten €/kWh	CSP	0.050	0.045	0.040	0.040
	HGÜ	0.014	0.010	0.010	0.010

### Windenergie

Eine neue Studie der Wissenschaftler um Michael McElroy von der Harvard Universität im amerikanischen Cambridge zeigt, dass theoretisch alleine eine Quelle regenerativer Energie ausreicht, um das Problem der Erzeugung elektrischer Energie für die Menschen zu lösen – und damit natürlich auch wichtige Anteile der CO<sub>2</sub>-Klimaproblematik. Ihr Beispiel ist die Windenergie. In ihrem Modell teilten sie die Erde in Flächenelemente von jeweils rund 50 mal 66,7 Kilometer und Höhenschichten von jeweils einhundert Metern ein.

Die Forscher schlossen dabei jedoch alle Flächen aus, die sich nah an dicht besiedelten Gebieten, in waldreichen oder eis- und schneebedeckten Gegenden befinden. Vor den Küsten wurden bis zu 50 Seemeilen breite Streifen bis zu einer Wassertiefe von 200 Metern mit eingeschlossen. Das Ergebnis: Legt man den Weltverbrauch elektrischer Energie von 2006 mit knapp 16 Petawattstunden (10<sup>15</sup> Wh) zugrunde, leistet die Windkraft aus dem Modell der Forscher das 80fache! Auch wenn eine Realisierung in diesem Umfang utopisch ist, so zeigt die Studie doch die Bedeutung des Windes. Etwa ein Prozent der von der Erde absorbierten Sonnenenergie wird in Wind umgewandelt.

Real sind zur Zeit 21 Windparks mit einer Gesamtleistung von 7200 Megawatt im deutschen Teil von Nord- und Ostsee genehmigt. Bis 2020 sollen in der deutschen Nord-

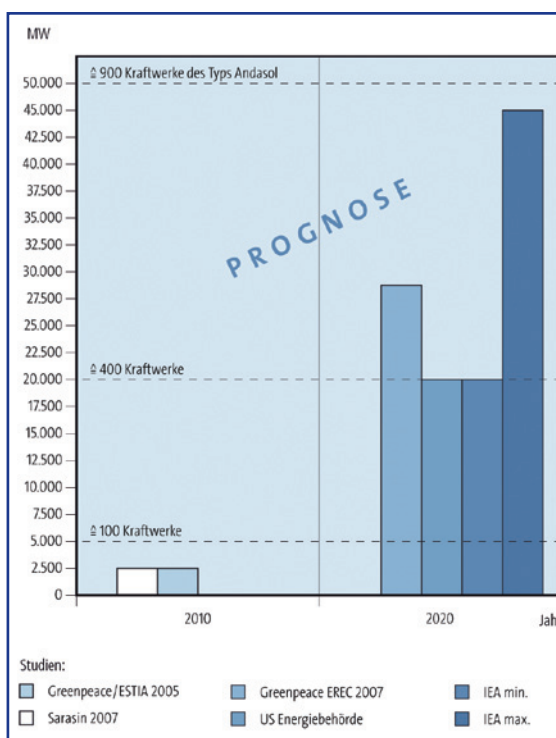
und Ostsee bis zu 14 000 Megawatt aus Windenergie geerntet werden können – auch hier ermöglicht durch das EEG, das den Betreibern 13 bis 15 Cent je Kilowattstunde garantieren.

### Photovoltaik

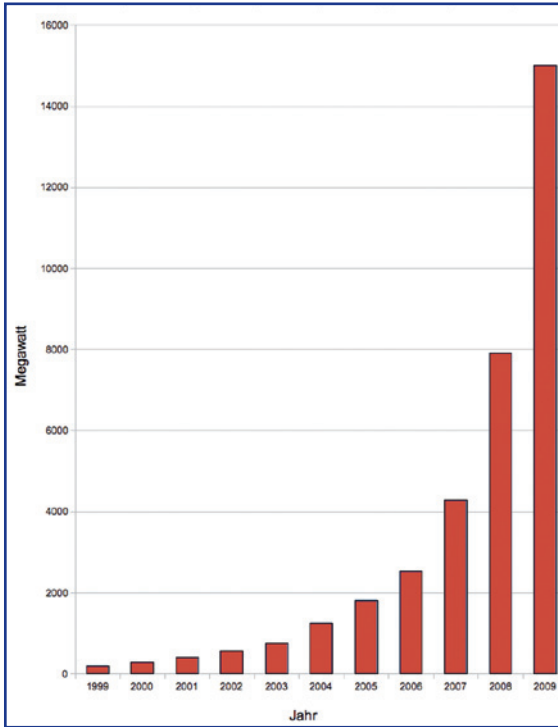
Die Photovoltaik (PV) in Deutschland wurde in ihrem Potenzial zur Lieferung elektrischer Energie lange unterschätzt. Mittlerweile hat sie sich fast zu einem Bedrohungsszenario für die etablierte Energiewirtschaft entwickelt. Konkret: 2008 wurden in Deutschland 1,5 Gigawatt (peak) an Photovoltaikmodulen installiert, weltweit

Tabelle: Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt hat in einer Machbarkeitsstudie errechnet (die dem Desertec-Konzept zugrunde liegt), dass bis zum Jahr 2050 etwa 400 Milliarden Euro nötig wären, um so viel Solarthermie-Kraftwerke zu bauen, dass Europa 15 Prozent seines Strombedarfs damit decken könnte.

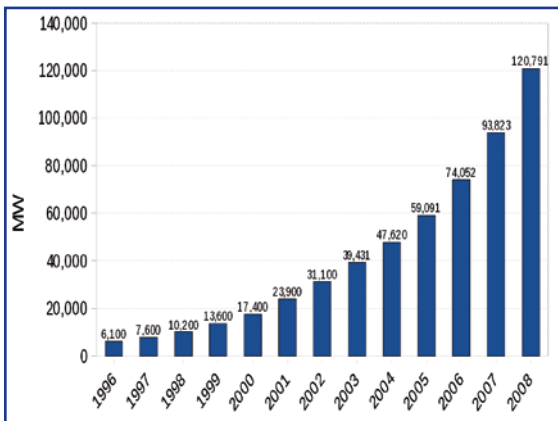
Bis 2020 soll die installierte Leistung solarthermischer Kraftwerke weltweit auf mindestens 20 000 Megawatt steigen, so die Erlanger Solar Millennium AG.



fünf Gigawatt. In diesem Jahr werden es wohl 15 Gigawatt sein, so die „Photon“-Chefredakteurin Anne Kreuzmann. Für Deutschland hält sie einen Zubau von drei Gigawatt für nicht unrealistisch; der europäische Branchenverband EPIA geht von zwei Gigawatt aus.



Dramatische Wachstumsraten weisen sowohl die weltweite Produktion von Photovoltaik-Modulen (oben, Peakleistung; Quelle: Photon, Wert 2009: Schätzung), wie auch die weltweit installierte Nennleistung elektrischer Energie aus Wind auf (unten; Quelle: Global Wind Energy Council). 2020 wird daraus ein richtig dicker Brocken. Laut einer Studie für den Strategieplan für Energietechnologien der EU-Kommission speisen dann PV-Module bis zu 80 Gigawatt ins deutsche Stromnetz ein. Zusammen mit den 55 Gigawatt elektrischer Energie aus Wind, die der Bundesverband Windkraft für 2020 prognostiziert, könnte an einem Tag mit gleichzeitig viel Sonne und Wind eine Spitzenleistung vorliegen, die doppelt so hoch ist wie der typische Strombedarf, der heutzutage benötigt wird!



48 Siemens-Windturbinen mit einer Kapazität von 110 Megawatt machen den Windpark Lillgrund 10 km vor Schwedens Südküste aus, dem größten des Landes und z.Z. viertgrößten weltweit. Im Vordergrund die Umspannstation (Foto: Siemens).

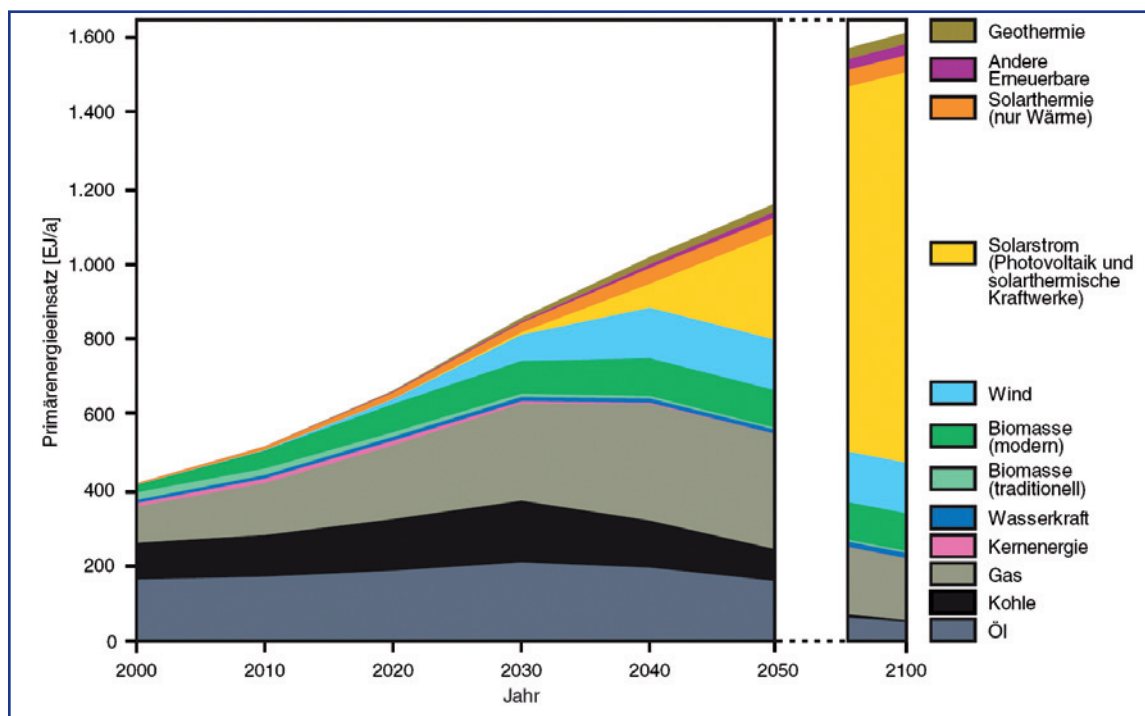
Aber auch diese vorsichtigere Schätzung geht bei ihrer Weiterführung schnell in erstaunliche Höhen. Insgesamt dürfte laut EPIA bis 2013 in Deutschland eine Solarleistung von mehr als 17 Gigawatt installiert sein. Zum Vergleich: Ein Kernkraftwerk verfügt über eine elektrische Leistung von etwa einem Gigawatt. Nun muss die Photovoltaik-Leistung als Spitzenwert-Angabe für optimale Sonneneinstrahlung relativiert werden. Man geht jedoch davon aus, dass etwa acht Gigawatt peak PV-Leistung der elektrischen Energieerzeugung eines Kernkraftwerks gleichkommt. Damit sieht sich die Kraftwerksindustrie in Deutschland bis 2013 mit mindestens zwei Kernkraft-Äquivalenten durch Photovoltaik konfrontiert. Einige Fachleute rechnen sogar mit mehr als 21 000 Megawatt bis 2013 – dem Äquivalent von knapp drei Kernkraftwerken.

Damit steht die Photovoltaik auch in Konkurrenz zu den Solarthermie-Kraftwerken. Vielleicht sehen die industriellen Stromversorger darin einen Rettungsanker, Großtechnologie – und damit entsprechende Gewinnmöglichkeiten – in die Zukunft hinüber zu schaffen... Die Photovoltaik hingegen kann ihnen jedoch bald schon Probleme bescheren. Grund ist das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Es legt fest, dass Solarstrom vorrangig

ins Netz eingespeist werden muss. Zur Mittagszeit, wenn die Sonne am höchsten steht, kann es für die etablierten Energieerzeuger bedeuten: Um eine Überlastung der Leitungen zu verhindern, müssen die Großunternehmen ihre Kohle- und Atomkraftwerke künftig wohl herunterfahren.

Auch die deutsche Bundesregierung wurde von dem Solarboom überrollt, denn der ist klar subventionsgetrieben. Wer heute eine Photovoltaikanlage installiert, kann aufgrund der Vergütungen nach dem EEG noch 2029 eine – die deutlichen Preissenkungen für PV-Module in diesem Jahr eingerechnet – wohl gerade zweistellige Rendite einfahren. Das zahlt jeder Stromkunde. Deren Zusatzbelastung von etwas über zwei Euro pro Monat hielt die Regierung für vertretbar. Dieser Rechnung lag jedoch ein PV-Zubau von 700 Megawatt pro Jahr zugrunde. Real dürfte er nach den neuen Zahlen das Vier- bis Fünffache erreichen.

Nun, für die Minderbelastung der Atmosphäre mit Kohlendioxid ist es nur gut – vorausgesetzt, der Handel mit CO<sub>2</sub>-Emissions-Zertifikaten wird verbessert. Es kann nicht sein, dass hier durch PV CO<sub>2</sub> eingespart wird, woanders in der Welt durch entsprechendes Verkaufen von Erlaubnisscheinen mehr CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre entlassen wird.



Energieeinsatz nach Energieträgern: Projektion eines Wandels bis ins Jahr 2100. Dies soll laut einer Studie von 2003 des „Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen“ (WBGU) zeigen, dass der nachhaltige Umbau der globalen Energiesysteme technologisch möglich ist. Kernenergie sucht man hier vergebens. Weil deren Nutzung aus Kernspaltungskraftwerken mit inakzeptablen Risiken verbunden ist, empfiehlt der WBGU, bestehende Kernkraftwerke mit dem Ende der derzeitigen Betriebsgenehmigungen auslaufen zu lassen und keine weiteren mehr zu bauen. Fusionskraftwerke wollte man wegen der Unsicherheit ihrer technischen Verwirklichung für die Energiewende nicht berücksichtigen. (Quelle: WBGU / Springer Verlag Heidelberg).

### Kernfusion

Nach der Entscheidung für den Bau des Experimental-Fusionsreaktors ITER im südfranzösischen Cadarache im Sommer 2005 sah es zunächst positiv für diesen neuen Weg einer CO<sub>2</sub>-freien Alternative zur Stromerzeugung aus. Nicht umsonst hat sich das Akronym ITER für „International Thermonuclear Experimental Reactor“ über seine lateinische Bedeutung „Weg“ als Symbol für eine neue Möglichkeit für kohlenstofffreie Stromversorgung verselbstständigt (siehe dazu auch den Artikel „Kernfusion – Grundlastversorgung von morgen?“ in CLB 05-2007). Der Reaktor soll immerhin erstmals mindestens zehnmals soviel Energie gewinnen als für die Aufheizung des Fusionsplasmas aufgewendet wird. Mittlerweile sieht es allerdings so aus, als würde die „Fusionskonstante“ wiederum greifen: Das ist die geschätzte Zeitdauer, wann den endlich mal die Fusionskraftwerke zur Verfügung stehen. Und die Fusionskonstante steht seit etwa 50 Jahren auf 50 Jahren ;- ) (siehe auch

auf Umschlagseite 2 dieser CLB (CLB-Geschichte) den Artikel von 1958 über die Atomkonferenz in Genf 1958).

Am 18. Juni tagte jedoch der Iterat in Japan und entschied, dass der Reaktor erst 2026 seinen vollen Betrieb aufnehmen wird, das sind acht Jahre später als geplant. Bis 2018 soll erst einmal nur ein Grundgerüst fertig sein, und mit dieser Grundversion soll gewöhnlicher Wasserstoff auf 100 Millionen Grad erhitzt und die grundlegende Technik getestet werden. Der Grund: Die Plasmaphysik, für deren Simulationen u.a. einer der schnellsten Rechner der Welt in Jülich arbeitet, hat unerwartete Fusionsplasma-Reaktorwand-Reaktionen entdeckt, denen nur durch zusätzliche Magnetspulen Einhalt gegeben werden kann, und das kostet natürlich, ebenso wie sich die Materialien für den Bau sowieso unerwartet verteuert haben. Die Konsequenz: Sprach man 2005 noch von fünf Milliarden Euro für ITER, gab es wenig später schon Stimmen, die von zehn Milliarden Euro

sprachen; das kommunizierten wir 2007 auch in der CLB. Zur Zeit gibt es Kostenangaben, die bis zu zwölf Milliarden Euro reichen...

### Kohlekraftwerke

Womit wir wieder auf den Boden bestehender Tatsachen zurückgeeholt werden. Etwa ein Drittel des Welt-Primärenergieverbrauchs (also nicht nur Stromverbrauchs) wird derzeit vom Öl gedeckt, und immernin ungefähr ein Viertel von Kohle. In China gehen jede Woche zwei bis drei neue Kohlekraftwerke ans Netz. 2007 waren es so viele wie ganz England besitzt. 2003 hatte China eine installierte Kraftwerksleistung von 400 Gigawatt. In zwei Jahren wird die 1000er Marke überschritten. Erfreulicherweise ist das weltweit effizienteste Kohlekraftwerk der Block Waigaoqiao III in China. Es verfügt über zwei Siemens 1000 Megawatt-Turbinen und benötigt nur 320 Gramm Steinkohle pro Kilowattstunde erzeugten Stroms, stößt dabei 761 Gramm Kohlendioxid aus. EnBW nimmt 2012 in Karlsruhe das Koh-

lekraftwerk RDK 8 in Betrieb, das mit 740 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilowattstunde noch etwas sparsamer sein wird. Die jetzt vorhandene Technologie könnte auch dazu beitragen, vorhandene Anlagen erheblich effizienter zu machen. Würde man weltweit alle alten Kohlekraftwerke modernisieren, ließen sich damit pro Jahr 1,7 Milliarden Tonen CO<sub>2</sub>-Emissionen vermeiden.

### Zwischenlösung CCS

Es gibt gerade etliche Bemühungen, Kohlekraftwerken mit additiven Umweltschutzmaßnahmen das CO<sub>2</sub>-Emissionen auszutreiben. Der Fachbegriff dafür heißt Carbon Dioxide Capture and Storage-Anlagen – kurz CCS. CO<sub>2</sub> soll also abgefangen und unterirdisch oder sogar unterseeisch gespeichert werden.

Die Probleme: Mit den Speichermöglichkeiten gibt es keine Erfahrungen. Wohl auch daher hat die deutsche Regierungskoalition gerade das Gesetz zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung, das letztlich auf Bergrecht beruhte, zumindest vorerst beerdigt. Ein anderes Problem: CCS ist zwar technisch machbar, aber unwirtschaftlich, denn die Abscheideanlagen sind nicht nur teuer, sie verschlingen auch 20 bis 30 Prozent des in den Kraftwerken erzeugten Stroms, was deren Wirkungsgrad entsprechend verschlechtert. Er verringert sich je nach Verfahren – derer gibt es drei, siehe diese CLB, Seiten M44 und M45 – um sechs bis 15 Prozent. Immerhin gibt es mit dem IGCC-Verfahren (Integrated Gasification Combined Cycle)eins, dass das CO<sub>2</sub> vor der Verbrennung abtrennt. In diesem Jahr wird das erste chinesische IGCC-Kraftwerk in Tianjin errichtet.

Auch die BASF in Ludwigshafen entwickelt Lösungen zur CCS-Technologie. Mit aktiviertem Methyldiethanolamin (amDEA) lässt sich CO<sub>2</sub> extrahieren, und zwar bei den in Kraftwerken vorherrschenden hohen Drücken und Temperaturen – und so der Wirkungsgrad weniger stark abschwächen. Dennoch: Die BASF als das prägende Unternehmen für den „Verbund“-

Begriff weiß sicherlich, dass andere Lösungen sinnvoller sind – und investiert daher in Technologien für effiziente Akkumulatoren...

### Speichertechnologien

Entscheidend für die Nutzung regenerativer Energien ist die Entwicklung effizienter Speichertechnologien. Auch dafür zeichnen sich Lösungen ab, die über erprobte Möglichkeiten wie Pumpspeicherkraftwerke hinausgehen.

So schreitet die Entwicklung leistungsfähiger Batterien voran, auch für den Einsatz in Autos (siehe CLB 04-2009, S. 152 ff.). Eine Flotte von vielen Millionen Elektroautos, wie sie auch für das Jahr 2020 prognostiziert wird (einen Marktanteil von zehn Prozent erwartet die Unternehmensberatung Roland Berger dann), wird dann als Riesenbatterie anzusehen sein. Sie kann nach Abschätzungen von „Photon“ über 20 Gigawattstunden aufnehmen.

Als Speicher könnten auch intelligent gesteuerte Großkühlhäuser dienen (4,3 Gigawatt nehmen die

Kühlhäuser Europas auf), ebenso wie Myriaden von Kleinverbrauchern in unseren Häusern, die durch intelligente Stromzähler und variable Stromtarife zu optimalem, „geglätteten“ Strombezug beitragen. Schließlich lässt sich noch Wasserstoff in unterirdischen Kavernen speichern. Laut „Photon“, die sich auf eine unveröffentlichte Siemens-Iset-Studie berufen, reicht ein Volumen von 1,63 Kubikkilometern für Wasserstoff aus, um acht Prozent des europäischen Jahresstrombedarfs, 260 Terawattstunden, zu speichern. Diese Zahlen sind insofern von Interesse, weil sie einer Speicherkapazität entsprechen, die laut o.g. Studie nötig ist, um ganz Westeuropa zu 100 Prozent mit Strom aus erneuerbaren Energiequellen zu versorgen. In Deutschland müsste dafür ein Viertel vorgehalten werden. Ob sich da die diversen Technologien – Wasserstoffspeicher, Druckluft (die bereits als Zwischenspeicher für Kraftwerke genutzt wird), CO<sub>2</sub>-Deponien etc. – nicht wieder ins Gehege kommen ;) RK

Kostengünstigste Langzeitspeicher für Strom sind Pumpspeicherkraftwerke. Fünf solcher Werke betreibt die Schluchseewerk AG im Schwarzwald, u.a. das Kavernenkraftwerk Wehr. Mit seiner mittleren Jahreserzeugung von 1,16 Milliarden Kilowattstunden trägt es zu mehr als der Hälfte an der Gesamtproduktion der fünf Pumpspeicherkraftwerke der Schluchseewerk AG bei. Ermöglicht wird diese besonders hohe Leistung durch die immense Fallhöhe von 625 Metern aus dem in über 1000 Meter Höhe gelegenen Hornbergbecken (Foto: Das für Korrosionsschutzarbeiten im Druckschacht entleerte Hornbergbecken im Jahre 2008). Dieses Becken ist 700 Meter lang und 46 Meter tief, es fasst 4,4 Millionen Kubikmeter Wasser – genug, um die Maschinen in der Kaverne bei maximaler Leistung knapp acht Stunden lang betreiben zu können. Das Wasser gelangt über einen gepanzerten Druckschacht von 1385 Metern Länge und einem Durchmesser von 5,5 Metern zur Maschinenkaverne. Die vier Turbinen erzeugen eine mittlere Generatorleistung von 910 Megawatt (Foto: Schluchseewerk AG).



### Fazit

Die CO<sub>2</sub>-Last lässt sich verringern, und mehr: Stromversorgung geht sogar ohne Kernkraft, aber langfristig! Jetzt die Kernkraftwerke vorschnell abzuschalten wäre volkswirtschaftlich und ökologisch falsch! Neue zu bauen würde aber die hier beschriebenen nachhaltigen Technologien bremsen.

## Diabetes, Drogen, DNA – Bioanalytik von den Anfängen bis zu Protein-Arrays

Reinhard Renneberg: *Bioanalytik für Einsteiger*; 284 Seiten; Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2009; ISBN 978-3-8274-1831-9; 34,95 Euro.

Nach dem von Lottspeich und Engels herausgegebenen, 2006 erschienenen Standard-Lehrbuch und Handbuch der Bioanalytik in einem (siehe CLB Heft 02/2008) liegt nun ein unter Mitwirkung zahlreicher Wissenschaftler entstandenes Werk vor, das sich an alle Studierenden und interessierten Leser wendet, die als „Einsteiger“ in das weit verzweigte und sich sehr rasch entwickelnde Gebiet der Bioanalytik vordringen wollen.

Wie sein „Vorgänger“, *Biotechnologie für Einsteiger* (siehe CLB Heft 02/2006), ist dieses Buch hervorragend illustriert sowie mit zahlreichen farbigen Abbildungen und Fotos ausgestattet. Den auf eine Einführung folgenden Kapiteln 2 bis 8 ist gemeinsam, dass Schwerpunkte der Lehrinhalte durch jeweils eine „Box“ hervorgehoben werden, entweder: – mit grundlegenden Ausführungen (wie in Kap. 3: Wie funktioniert ein Teststreifen? ferner in Kap. 6: PCR) oder – mit von Forschern verfassten Darstellungen (wie in Kap. 2 zur Struktur und Wirkungsweise von Glucose-Oxidase) oder – durch historisch begründete Hintergrund-Informationen, die Aufschluss darüber geben, wie die als Grundlage für die Entwicklung bioanalytischer Ver-

fahren notwendigen wissenschaftlichen Erkenntnisse gewonnen worden sind.

Im einzelnen beschreibt Kapitel 2 die vielfältigen Methoden der *Instrumentellen Analytik*, einschließlich der notwendigen Aufreinigungsverfahren. Lehrinhalte von Kapitel 3 sind *Enzyme* und *Enzym-Tests*.

Die Kapitel 4 und 5 stehen unter der gemeinsamen Überschrift *Bioaffinität* und beinhalten zum einen Ausführungen über Antikörper und Immuntests, zum anderen über Biologische Rezeptoren.

In Kapitel 6 werden DNA, RNA und ihre Amplifikation beschrieben. Das umfangreichste Einzelkapitel (Kap. 7) ist den *Biosensoren* vorbehalten. Dem abschließenden Kapitel *Pharmaka auf dem Prüfstand* folgt noch ein Glossar mit deutsch/englischen Begriffen. Hinzu kommen Literatur-Angaben, Weblinks und Fragen zur Selbstkontrolle.

Eindrucksvoll sind auch die Innenseiten des Bucheinbands zur „Geschichte der Bioanalytik auf Briefmarken“. Angesichts seiner Vorzüge ist diesem Lehrbuch weite Verbreitung zu wünschen. *Dr. Dieter Holzner*



## Gentechnische Verfahren – Grundlagen, Anwendungen und Akzeptanz

Terry A. Brown: *Gentechnologie für Einsteiger*; 434 Seiten; Spektrum Akademischer Verlag, 5. Auflage, Heidelberg 2007; ISBN 978-3-8274-1830-2; 34,95 Euro.

Das vorliegende Werk ist die deutsche Übersetzung der 5., aktualisierten und erweiterten Auflage der Originalausgabe „Gene Cloning & DNA Analysis“ 2006. Es gliedert sich in die drei Teile:

- I. Grundlagen der Klonierung und DNA-Analyse (9 Kapitel)
- II. Die Anwendung der Klonierung und DNA-Analyse in der Forschung (3 Kapitel)
- III. Anwendungen der Klonierung und DNA-Analyse in der Biotechnologie (4 Kapitel).

Hierbei sind für die Gebiete Pharming, Gentherapie und gentechnisch veränderte Nutzpflanzen nicht nur die wissenschaftlichen Erkenntnisse wiedergegeben, sondern auch die bei deren Anwendungen zu beachtenden ethischen Aspekte dargestellt; letzteres in dem Bemühen „die Besorgnisse der Öffentlichkeit über die dargestellten Themen unvoreingenommen zu beschreiben“.

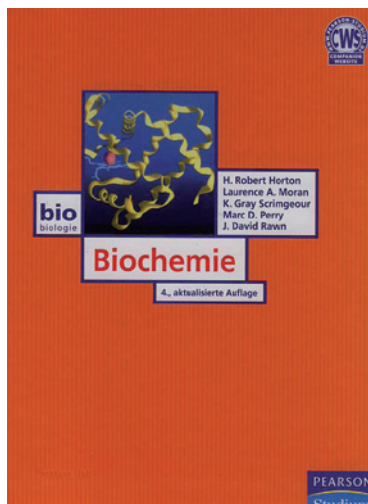
Der Text und die zahlreichen Abbildungen sind zweifarbig (schwarz und rot) gestaltet; die

Tabellen sind violett abgestuft. Überschriften von Kapiteln und Unterkapiteln erschließen den Zugang zum Lehrstoff durch ihre Formulierung als Fragen oder in Form längerer Feststellungen (Aussagen). Hinzu kommen ein Glossar (22 Seiten) und die Literatur-Hinweise am Ende der Kapitel. Im letzten Kapitel werden Anwendungen in der Kriminalistik, Gerichtsmedizin und Archäologie (Archäogenetik) beschrieben.

Beim Lesen von Wortgebilden wie Alkalidenaturierung und Plasmidamplifikation erhält der „Einsteiger“ Gelegenheit, auch analytisch mitzudenken. Insgesamt ist kaum anzunehmen, dass diese Einführung die Erwartungen der verlagseitig aufgezählten Zielgruppen (Studierende verschiedenster biowissenschaftlicher und medizinischer Fachrichtungen, Technische Assistenten und Biologielaboranten sowie Quereinsteiger) erfüllen wird. *Dr. Dieter Holzner*



## Biochemie – in einem umfassenden empfehlenswerten Lehrbuch



H. Robert Horton, Laurence A. Moran, K. Gray Scrimgeour, Marc D. Perry, J. David Rawn: *Biochemie*; 4., aktualisierte Auflage; 1088 Seiten; Verlag Pearson Studium, München 2008; ISBN 978-3-8273-7312-0; 69,95 Euro.

Aufbauend auf Grundkenntnissen der Chemie und Biologie vermittelt die deutsche Ausgabe der 4. Auflage des amerikanischen Lehrbuchs „Principles of Biochemistry“ derselben Autoren die Grundlagen der Biochemie in 4 Teilen:

I) Die Kapitel „Einführung in die Biochemie“ und „Wasser“, einschließlich der Eigenschaften wässriger Systeme.

II) Struktur und Funktion: Sieben Kapitel über die wichtigsten, am biochemischen Geschehen beteiligten Verbindungsklassen (Nucleinsäuren in Teil IV), über Enzyme und „Enzymatische Mechanismen“ sowie Coenzyme und Vitamine.

III) Stoffwechsel und Bioenergetik: Neun Kapitel, einschließlich der ausführlichen Beschreibung der Photosynthese.

IV) Biologischer Informationsfluss: Fünf Kapitel über Nucleinsäuren, Bereiche der Molekularbiologie wie Replikation, Transkription und Protein-Biosynthese

sowie Methoden der Rekombinanten DNA-Technologie. Die Übersetzung folgt stellenweise leider dem allgemeinen Trend zur unübersichtlichen Zusammenschreibung eigenständiger Fachausdrücke, wie Lipiddoppelschichten, Phosphorylgruppenübertragung und Hydrolyseenthalpien.

Zum Anhang gehört ein umfangreiches Glossar. Die vielfarbige Ausstattung des Lehrbuchs beinhaltet zahlreiche Abbildungen und Tabellen. Bei der Aktualisierung wurden viele computergestützt erzeugte Molekül-Modelle aufgenommen, um durch die 3-dimensionale Darstellung ein tieferes Verständnis für die Zusammenhänge zwischen Struktur und Funktion herbeizuführen..

Porträts von Forschern tragen dazu bei, herausragende Beiträge zur Entwicklung der Biochemie zu veranschaulichen.

Hinzu kommen übersichtlich angeordnete „Exkurs-Kästen“, Zusammenfassungen am Schluss der Kapitel, 346 Übungsaufgaben sowie die Hinweise auf weiterführende Literatur. Lösungen zu den Übungsaufgaben sowie Online-Tests findet man auf der „Companion Website (CWS)“ zu diesem Lehrbuch.

Insgesamt liegt hiermit (bei einem erfreulichen Preis-/Leistungs-Verhältnis und den vielfältigen Möglichkeiten zur Nutzung der CWS) ein grundlegendes Lehrbuch der Biochemie vor, dem weite Verbreitung zu wünschen ist.

*Dr. Dieter Holzner*

## Arbeitssicherheit und Umweltschutz in Chemieanlagen



Bruno Kürbiß: *Responsible Care – Arbeitssicherheit und Umweltschutz in Chemieanlagen*; 184 Seiten; Verlag Europa-Lehrmittel • Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, Haan-Gruiten 2008; ISBN 978-3-8085-7165-1; 18,00 Euro.

Das Buch ist durchgehend vierfarbig gedruckt. Die Farbigkeit ist nicht nur für die zahlreichen Abbildungen und Fotos gedacht, sondern ist strukturiert der Autor, Ausbilder bei der BASF sowie berufsbegleitend Dozent für Industriemeister, durch Kapiteltitle und insbesondere zusammenfassende Extrakte der jeweiligen Kapitel

den Inhalt. Das ist auch notwendig, da der Stoff sehr umfangreich ist und in der Industriepraxis beherrscht werden will.

Das Buch hat zehn Hauptkapitel: Sicherheitsarbeit im Produktionsbetrieb, Gefahrstoffe, Anlagensicherheit, Explosionsschutz, Gefährdungsbeurteilungen, Betriebs- und Arbeitsanweisungen, Suchtmittelkon-

sum, Fördern verantwortlichen Handelns, Sicherheitsunterweisungen sowie Umweltschutz. Zur Festigung der Kenntnisse gibt es für jedes Kapitel einen Fragebogen. Ein Anhang informiert über Kennzeichnung von Gefahrstoffen, R- und S-Sätze sowie über die Sicherheitsdaten ausgewählter Gefahrstoffe.

Das Buch richtet sich an Meister, Techniker und Ingenieure. Es wurde auf die Inhalte des Rahmenlehrplanes zur Ausbildung zum Industriemeister der Fachrichtung Chemie abgestimmt.

Die Übersichtlichkeit des kostengünstigen Buches macht es sowohl für den Unterricht wie auch für selbstständige Wiederholungen des Stoffes geeignet. Im Verhältnis zur Gesamtmenge der Informationen zu Arbeitssicherheit und Umweltschutz in Chemieanlagen ist das Material als Konzentrat anzusehen, auf das ggf. in weiteren Schwerpunkten aufgebaut werden kann. Zur absoluten Sicherheit für den Umgang mit den im Buch angebotenen Informationen hätte ich mir noch gewünscht, dass die Antworten zu den Fragen zur Überprüfung der Kapitelkenntnisse nicht nur aus den Kapiteln herausgelesen werden können, sondern auch als direkte Antworten den jeweiligen Fragen zugeordnet worden wären.

*Rolf Kickuth*

## Ein neues Konzept von Raman Mikroskopen

Der XploRA ist ein neues Konzept von Raman Mikroskopen, welches die chemische Information unmittelbar zu jeder Mikroskopieanwendung bringt (www.smartmicroscopy.com).

Robust in Konzept und Design, ist der XploRA einfach zu handhaben und flexibel und schnell an verschiedenen Einsatzorten anzuwenden.

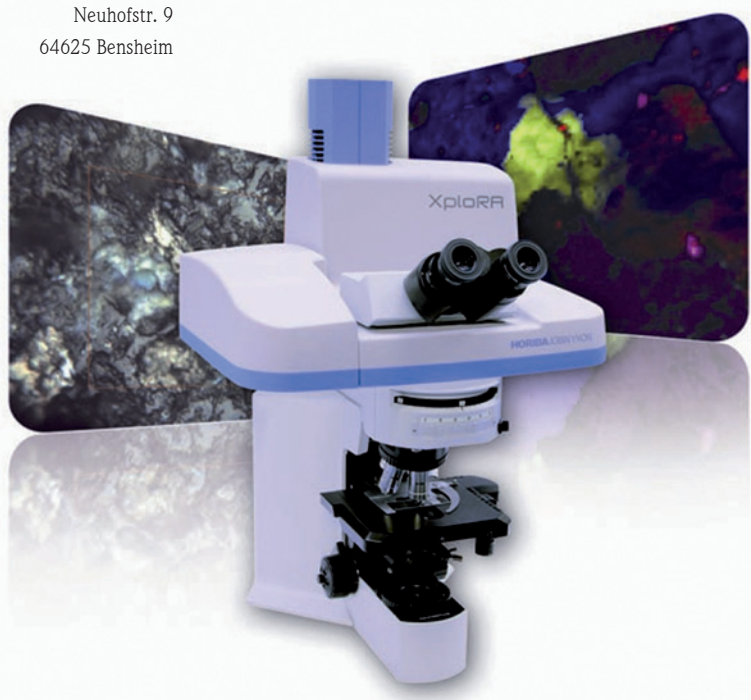
Die außergewöhnlich kompakten Abmaße ermöglichen den idealen Einsatz in jedem R&D, QA/QC und analytischen Labor. Smart Microscopy bedeutet die schnelle Identifikation von Proben. Die simultane Visualisierung von Mikroskopie und Spektroskopie eröffnet ungeahnte analytische Möglichkeiten bei maximaler Sensitivität. Die interaktive Softwareoberfläche GO!TM, 'Guided Operation', eröffnet dem Anwender die Möglichkeit schnell und effizient zu erfolgreichen Messinformationen zu gelangen.

Warum noch länger warten? Lassen Sie sich überzeugen durch die Messergebnisse an Ihren Proben in Ihrem eigenen

Labor. Fragen Sie nach einem Termin und lernen Sie den XploRA kennen.

HORIBA Jobin Yvon GmbH  
Neuhofstr. 9  
64625 Bensheim

Tel.: +49-(0)6251 / 8475-0  
Fax: +49-(0)6251 / 8475-20  
Internet: www.horiba.com/de/scientific/  
E-mail: info@jobinyvon.de



## Ex-LED-Leuchten 782 bewahren kühlen Kopf

Ob bei Abfüllanlagen, in Getreidemühlen, Schreinereien, der chemischen oder petrochemischen Industrie – optische Ex-Signalgeräte signalisieren in verschiedensten explosionsgeschützten Bereichen. WERMA Signaltechnik stellt hierfür zwei neue langlebige Signalleuchten vor: Die Ex-LED-Leuchten 782 mit Rundum- oder Dauerlicht.

### Überragende Lichtstärke und hohe Lebensdauer

Die neuen Ex-LED-Leuchten 782 fallen mit modernem Design und außergewöhnlicher Helligkeit auf. Der geriffelte Leuchtkörper streut das Licht optimal. Die LEDs in derselben Farbe ergeben ein sehr intensives Leuchtbild.

Dank der geringen Stromaufnahme sparen Anwender mit dieser Leuchte Betriebskosten. Aufgrund innovativer LED-Technologie ist die Leuchte mit bis zu 50.000 Stunden extrem langlebig und wartungsfrei. Ein Aufschrauben des Gehäuses zum Leuchtmittelwechsel entfällt. Selbst im Dauerbetrieb werden die Leuchten nicht heiß. Sogar zündwilligsten Gasen und Stäuben bietet die kühle Oberfläche des Signalgeräts keinen Explosionsgrund: Mit T6 oder T 80°C erfüllt das

Gerät die Anforderungen der höchsten Temperaturklassen in Ex-Bereichen.

### Dauer- oder Rundumlicht

Neben der leuchtstarken Dauerlichtvariante gibt es auch die verschleißfreie Ex-LED-Rundumleuchte 782: Verschleißfrei, weil sie ohne jegliche bewegliche Komponenten auskommt. Stattdessen erzeugen LEDs, die als Lauflicht angesteuert sind, einen auffallend signalstarken Rundumlichteffekt.

### Anwendungsvielfalt

Die neuen Ex-LED-Leuchten 782 von WERMA können in gas- und staubexplosionsgefährdeten Bereichen signalisieren. Mit nur einem Gerät deckt der Anwender Zone 1 und 2 sowie 21 und 22 ab.

Das robuste Aluminium-Glas-Gehäuse hat einen Durchmesser von 195 mm und ist 305 mm hoch. Es ist druckfest gekapselt und mit Anschlussraum „e“ leicht anzuschließen.

Die extrem hohe Schutzart IP66 ermöglicht den Einsatz sowohl im Innen- als auch Außenbereich.

Zum Schutz vor Vandalismus oder versehentlicher Zerstörung kann ein robuster Drahtschutzkorb aus rostfreiem Stahl angebracht werden.

WERMA Signaltechnik GmbH + Co. KG  
D-78604 Rietheim-Weilheim  
Tel. +49 (0) 7424 9557-0 • Fax +49 (0) 7424 9557-44  
www.werma.com • info@werma.com



## Biochemie in der Mikrowelle



- Schnelle Herstellung von reinen Peptiden mit schwierigen Sequenzen in der Mikrowelle mit manuellen und vollautomatischen Systemen

- Proteomics: Enzymatische Aufschlüsse und Proteinhydrolyse

Proteine bzw. Peptide spielen für die physiologische und biochemische Funktion lebender Organismen eine herausragende Rolle. Seit langem werden diese Wirkstoffe auf ihre pharmakologische Wirksamkeit untersucht. Inzwischen ist es wichtig, unterschiedliche Peptide synthetisch in Forschungslaboratorien herzustellen bzw. die Peptide zu analysieren.

Biochemische Reaktionen werden unter Mikrowelleneinwirkung schneller als mit konventionellen Systemen vorgenommen. Die organischen/biochemischen Reaktionen laufen bei Verwendung von Mikrowellenenergie in wenigen Minuten ab, anstelle von Stunden, wie es bei der traditionellen Methode üblich war.

### Peptid-Synthese

Bei der Synthese von Peptiden ist eine erhöhte Reinheit sowie eine Unterdrückung der Racemisierungen zu beobachten. Es konnte auch gezeigt werden, dass besonders schwierige Sequenzen und besonders langkettige Peptide in der Mikrowelle darzustellen sind. So wurde gerade von einem Peptid mit einer Kettenlänge von größer als 100 mer berichtet, welches ausschließlich im Mikrowellen-Peptid-Synthesizer darzustellen war. Ein möglicher Erklärungsansatz für diese nur in der Mikrowelle zu realisierenden Peptide könnte die Streckung der Moleküle im Mikrowellenfeld sein.

Für die Peptid-Synthese in der Mikrowelle stehen ein manuelles Gerät, das Discover SPS und ein vollautomatisches System, das Liberty zur Auswahl. 20 Aminosäuren, 5 weitere Aminosäuren, 12 Harze und die weiteren Reaktionskomponenten wie Activator und Activator Base werden vollautomatisch in den Reaktor dosiert und das Peptid in schnellen Schritten synthetisiert. Hier werden die Reaktionsbedingungen der Festphasen-Synthese nach Merrifield mit der Mikrowellenaktivierung gekoppelt.

### Dualer Peptid-Synthesizer Liberty: Wahlweise mit Mikrowelle oder ohne Mikrowellenaktivierung

Falls bei speziellen Aminosäure-Koppelungen lieber langwierig ohne Mikrowellenaktivierung gearbeitet werden soll, ist dieses auch kein Problem. Per Mausclick wird die Mikrowelleneinstrahlung deaktiviert und es wird klassisch die Aminosäure-Kopplung durchgeführt.

### Mikrowellenunterstützter Enzymatischer Aufschluss

Der enzymatische Aufschluss ist ein

wichtiger Schritt in der Probenvorbereitung zur Sequenzanalyse von Proteinen. Mit verschiedenen Enzymen (z. B. Trypsin) kann selektiv die Zersetzung von Proteinen in kleinere Peptide nach bestimmten Aminosäurebindungen erfolgen. Ein bekanntes Beispiel ist der Transferrin-Aufschluss. Der klassische Aufschluss dauert 16 Stunden. Der Aufschluss mit Mikrowellenunterstützung im Discover dauert nur 10 min. Zudem ist die Qualität des mikrowellenunterstützten Aufschlusses um 10 % besser als auf dem konventionellen Wege.

### Mikrowellentechnik beschleunigt die Protein Hydrolyse

Die Protein Hydrolyse ist eine altbewährte Aufschlussprozedur aus den Fünfziger Jahren von Proteinen und Peptiden zur Analyse der Aminosäuren. Mit der Aminosäure Analyse (AAA) erfolgt die Quantifizierung der einzelnen Aminosäuren der jeweiligen Probe und stellt eine Voraussetzung zur Identifikation der Aminosäuresequenz des Proteins/Peptids dar. Mit Hilfe der Mikrowellentechnik können einige Vorteile bei dieser etablierten Arbeitsweise erzielt werden:

1. Der Zeitgewinn durch den Einsatz der Mikrowellentechnik ist auch bei der Protein Hydrolyse enorm. Anstatt die Zersetzungsreaktionen über Nacht zu betreiben, vermag die Mikrowelle in nur 15 min. vergleichbare Ergebnisse zu erzielen.

2. Die Aufschlusseffizienz wird erhöht. Speziell bei hydrophoben Proteinen wurde der Aufschluss unter Mikrowellenaktivierung deutlich verbessert.

3. Es können in einem Lauf bis zu 10 Standard HPLC Autosampler Vials (100 - 300 µl) eingesetzt werden. Alle 15 min. können erneut 10 Proben hydrolysiert werden und somit ein extrem hoher Probendurchsatz realisiert werden.



CEM GmbH  
 Carl-Friedrich-Gauß-Str. 9  
 47475 Kamp-Lintfort  
 Tel. + 49 28 42 - 96 44 24  
 Fax + 49 28 42 - 96 44 26  
 Mobil + 49 1 72 - 2 55 34 68  
 web: www.cem.de



# Bezugsquellenverzeichnis

## ANALYSEN

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

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

## ARBEITSSCHUTZARTIKEL



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

## CHEMIKALIEN



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

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

## DEUTERIUMLAMPEN



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

## DICHTUNGSSCHEIBEN AUS GUMMI MIT AUFVULKANISierter PTFE-FOLIE

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

## FTIR-SPEKTROMETER-ZUBEHÖR



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

## GEFRIERTROCKNER

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

## GEFRIERTROCKNUNGSANLAGEN



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

## HOHLKATHODENLAMPEN



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

## KÜHL- UND TIEFKÜHLGERÄTE



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

## KÜVETTEN

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

## LABORCHEMIKALIEN



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

## LABOREINRICHTUNGEN

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

## LABORHILFSMITTEL



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

## LABOR-SCHLÄUCHE UND -STOPFEN AUS GUMMI

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

## LABORZENTRIFUGEN, KÜHLZENTRIFUGEN



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



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

## LEITFÄHIGKEITS-MESSGERÄTE



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

## MIKROSKOPE



Labor- und Routine-  
Mikroskope  
Stereolupen und  
Stereomikroskope

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

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

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

## OPTISCHE TAUCHSONDEN

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

## PARTIKELANALYSE



## PH-MESSGERÄTE



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

## REINIGUNGSMITTEL FÜR LABORGAS



## SAUERSTOFF-MESSGERÄTE



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

## STERILISATOREN

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

## TEMPERATUR-MESSGERÄTE



## TEMPERATUR-MESSGERÄTE



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

## THERMOMETER



## VAKUUMKONZENTRATOREN

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

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



Das Online-Magazin  
für Labor und Analytik

---

25.02.2008
Kontakt
Abos
Werbung
Service
Referenzen
Profil
FAQ
AGB
Impressum
DE
EN

---

Das Online-Magazin für Labor und Analytik

Suche:

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

**Aktuelles und Neues**

- ANALYTIK NewsFlash
- Produktneuheiten
- Labor Nachrichten
- Labor Stellenmarkt
- Labor Veranstaltungen
- Diskussionsforum
- Biete/Suche
- Webseite des Monats

**Labor Branchenbuch**

- Hersteller, Händler
- Laboratorien
- Sonstiges

**Analytik Weblinks**

- Analysetechniken
- Qualitätssicherung
- Arbeitssicherheit
- Fachliteratur
- Laborsoftware
- Sonstiges

**Ihr Ansprechpartner**



Dr. Torsten Beyer

**Labor Partnerseiten**

- LabFirms.de
- LabCrawler.com
- LaborShop.de
- Chemiker.info
- Chemie-Datenbanken

**ANALYTIK NewsFlash Extra: Februar 2008** [Archiv](#) [ANALYTIK NewsFlash abonnieren](#) [Inserieren](#)

*Monatlicher Newsletter mit Meldungen, Fachartikeln, Produktneuheiten, Veranstaltungen, Linktips u.v.m.*

- **Produktneuheiten:** **as** envirotech, Berghof, Gilson, LAUDA DR. R. WOBSE, Metrohm, Retach, Sartorius
- **Fachbeiträge:** Lichtstreuung und Universelle Kalibration - Einsatzmöglichkeiten und Grenzen  
Zweidimensionale kapillarelektrophoretische Methoden: Sehr geringe Matrixempfindlichkeit
- **Veranstaltungen:** Dr. Schömer | QMBalance, Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen, Sartorius,
- **Webseite des Monats:** CS-Chromatographie Service GmbH

-> ANALYTIK NewsFlash Extra lesen

---

**Labor Produktneuheiten** [alle](#) [ANALYTIK NewsFlash abonnieren](#) [RSS-Feed](#) [Laborprodukt inserieren](#)

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

- **MS Spezialitäten für mobile oder besonders schnelle MS-Messungen**  
Das Constellation CT-1128 ist ein mobiles GC/MS System auf der Basis eines Agilent 5975 Quadrupol. Bei einer Größe von nur 39x42x66 cm (HxTxB) und einem Gewicht von nur 34 kg besitzt das System alles...
- **Sicheres Wägen toxischer, pulverförmiger Substanzen im Labor: Wägekabine SWC - denn Sicherheit geht vor**  
Aktive Forschung und Entwicklung in der pharmazeutischen und chemischen Industrie erzeugen immer effektivere Medikamente und Zubereitungen. Für Forscher und Labormitarbeiter bedeutet dies jedoch eine...
- **Gilson's neue einzigartige Purification Plattform!**  
Profitieren Sie von Gilson's neuer einzigartiger Purification Plattform die allen Ihren analytischen und präparativen HPLC-Anwendungen gerecht wird! Gilson's neue Detektionslösungen (171 und 172 DAD)...
- **Reduzieren Sie Ihr Probenvolumen mit CentriVap - kontrolliert heizen bis +100°C und kühlen bis -4°C**  
Heizen und Kühlen in einem Gerät, das geht nur mit dem CentriVap von Labconco. Temperieren Sie Ihre Proben während des Einengens zwischen -4°C und +100°C mit individuell anpassbarem Temperaturprogramm...
- **Bis zu 20 Proben gleichzeitig zerkleinern und homogenisieren: Die neue Schwingmühle MM 400**  
Die neue Schwingmühle MM 400 von RETSCH ist das ideale Gerät für die schnelle und effiziente Homogenisierung kleiner Probenmengen im Labor. Sie zerkleinert unterschiedlichste Materialien wie z.B. Tab...

-> [alle Produktneuheiten](#)    -> [Chromatographie](#)    -> [Spektroskopie](#)    -> [Probenvorbereitung](#)

**Die Adresse für Analytik-Literatur**



**WILEY-VCH**

© 2000-2008 Dr. Beyer Internet-Beratung [Kontakt](#) [Link vorschlagen](#) [Abos](#) [Werbung](#) [AGB](#) [Impressum](#)

## Was Sie bei uns finden

- Verschiedene E-Mail-Newsletter
- Produktneuheiten
- Stellenmarkt
- Nachrichten und Fachbeiträge
- Veranstaltungskalender
- Diskussionsforum und Pinwand
- Laborbranchenbuch „LabFirms“
- Linksammlung und Suchmaschine



Jetzt  
2 Wochen  
unverbindlich  
testen!

# NÖTHLICHS Bio- und Gentechnik

## Dieser Kommentar informiert detailliert zum komplexen Recht der Bio- und Gentechnik.

Er berücksichtigt insbesondere den Schutz der Arbeitnehmer vor Gefahren, die von Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen ausgehen. Da die Gentechnik ein Teilgebiet der Biotechnik ist, bildet das entsprechende Recht einen weiteren Kernbereich dieses Werks:

- Die Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen (Biostoffverordnung – BioStoffV) und ihre Kommentierung,
- das Gentechnikgesetz und seine Kommentierung sowie die auf Grund des Gesetzes erlassenen Rechtsverordnungen.

**Außerdem berücksichtigt:** das wichtige einschlägige EU-Recht, Unfallverhütungsvorschriften, Richtlinien und Merkblätter der Unfallversicherungsträger sowie Verwaltungsvorschriften und Richtlinien des Bundes und der Länder, soweit sie für die Auslegung des Rechts der Bio- und Gentechnik hilfreich sind.

Mit allen Technischen Regeln für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) und den Beschlüssen des Ausschusses für biologische Arbeitsstoffe.

**Erhältlich als ergänzbares Werk im praktischen Ordner oder als komfortable Digitalausgabe!**

### Bestellungen bitte an den Buchhandel oder direkt an:

Erich Schmidt Verlag GmbH & Co.  
Genthiner Str. 30 G · 10785 Berlin  
Fax: 030/25 00 85-275 · Tel.: 030/25 00 85-223  
ESV@ESVmedien.de · www.ESV.info

## Bio- und Gentechnik

### Kommentar zur Biostoffverordnung und zum Gentechnikgesetz

Begründet von Matthias NöthlichS †, ehemals Ministerialdirigent im Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung.

Bearbeitet von Dr. Gernot Schubert, Ministerialrat im Bundesministerium für Gesundheit und Dr. Reinhard Zeitler, Oberregierungsrat im Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit

#### Printausgabe:

Loseblattwerk, 1.744 Seiten, ISBN 978 3 503 05093 2  
Sonderausgabe aus Schmatz/NöthlichS, Sicherheitstechnik

#### Digitale Ausgabe:

Einzelmodul von SICHERHEITSTECHNIKdigital,  
CD-ROM inkl. 20 Seiten Schnelleinstieg, ISBN 978 3 503 10617 2

### Jetzt kennen lernen und zur Ansicht bestellen!

Bezugskonditionen und Bestellmöglichkeit zur Printausgabe unter [www.ESV.info/978 3 503 05093 2](http://www.ESV.info/9783503050932), zur digitalen Ausgabe unter [www.SICHERHEITSTECHNIKdigital.de](http://www.SICHERHEITSTECHNIKdigital.de)



ERICH SCHMIDT VERLAG