

CLB

Chemie in Labor und Biotechnik

Analytik

Biotechnik

Optimierte Prozesse

Komplexe Materialien

Maßgeschneiderte Moleküle

Menschen und Chemie

Aus- und Weiterbildung

- Eisen
- Brennstoffzellen
- Kornbrennerei
- Plasmatechnik



**Eigenbetrieb
Stadtentwässerung**



STADT  **FRANKFURT AM MAIN**
STADTENTWÄSSERUNG FRANKFURT AM MAIN

Wir betreiben zwei der größten Abwasserreinigungsanlagen in Hessen sowie eine Schlammwässerungs- und -verbrennungsanlage und ein Kanalnetz mit rund 1600 km Länge. Für unsere **Abteilung Grundlagen, Eigenüberwachung und Qualitätsmanagement** suchen wir eine/einen

Umwelttechniker/in

(Entgeltgruppe 9 TVöD) Kennzahl: 7002 01-0056

mit der Hälfte der regelmäßigen wöchentlichen Arbeitszeit.

Ihre Aufgaben umfassen die Durchführung der Eigenüberwachung für die Abwasserreinigungsanlage und die Schlammwässerungs- und -verbrennungsanlage in Frankfurt am Main-Sindlingen. Hierzu gehören das selbständige Durchführen von umfangreichen Ab- und Prozesswasser- sowie Schlammanalysen und die Betreuung von Online-Messgeräten.

Wir erwarten von Ihnen eine abgeschlossene Berufsausbildung als staatlich geprüfte/r Umwelttechniker/in oder eine vergleichbare Ausbildung, z. B. staatlich geprüfte/r Chemotechniker/in oder eine mehrjährige Berufserfahrung in der Abwasser- und Prozesswasseranalytik. Wir setzen Kenntnisse der MS Officeprodukte voraus. Die gesundheitliche Eignung und Führerschein der Klasse B (3) sind Voraussetzung dafür, die Anforderungen der Stelle zu erfüllen. Verantwortungsbewusstsein, Teamfähigkeit sowie selbständiges Arbeiten und interkulturelle Kompetenz setzen wir voraus.

Wir bieten eine angemessene Bezahlung nach dem TVöD, Zusatzversorgung und Job-Ticket.

Die Dienststelle strebt an, den Anteil von Frauen in diesem Bereich zu erhöhen. Frauen sind deshalb besonders aufgefordert, sich zu bewerben. Schwerbehinderte Bewerber/innen werden bei gleicher Eignung bevorzugt eingestellt.

Für weitere Fragen steht Ihnen Herr Dr. Götz, Tel. 069-212-32887, gerne zur Verfügung.

Ihre aussagefähigen und vollständigen Bewerbungsunterlagen richten Sie bitte bis **zwei Wochen** nach Erscheinen dieser Anzeige an den

Magistrat der Stadt Frankfurt am Main
Eigenbetrieb
Stadtentwässerung
Frankfurt am Main
-Personalservice- 68.10
Goldsteinstraße 160
60528 Frankfurt am Main

Zum Titelbild:

Das Titelbild ist ein Anknüpfungspunkt zu dem Artikel „Eisen“ ab Seite 92. Es entstand 1801 und heißt „Coalbrookdale bei Nacht“. Dargestellt ist die Eisenproduktion in Coalbrookdale, wo Abraham Darby I 1709 als erster Eisen unter Verwendung von Koks gewonnen hat. Das Gemälde stammt von Philipp Jakob Louthembourg dem Jüngeren. Er wurde am 31. Oktober 1740 in Strasbourg geboren, starb am 11. März 1812 in Chiswick bei London. Louthembourg war der Sohn des Kupferstechers Philipp Jakob Louthembourg des Älteren, von dem er auch seinen ersten künstlerischen Unterricht bekam. 1764 ging Louthembourg nach Paris, wurde dort Schüler von Francesco Casanova, César van Loo und Tischbein. 1768 wurde er an der École des Beaux-Arts aufgenommen, später auch Mitglied der Kunstakademie von Marseille. 1781 wurde er Mitglied der Royal Academy. Das Bild hängt jetzt im Londoner Science Museum (Bild: The Yorck Project (Zenodot Verlagsgesellschaft mbH)/ GNU Free Documentation License).



Liebe CLB-Leserin, lieber CLB-Leser,

Forscher der TU München und der Uni Bonn ist es erstmals gelungen, die Ursache des beim Langstreckenlauf auftretenden Hochgefühls zu belegen. Sie konnten mittels der Positronen-Emissions-Tomographie bei Athleten nach zweistündigem Joggen erstmalig eine erhöhte Ausschüttung von Endorphinen in bestimmten Gehirnregionen nachweisen. Als langjähriger Waldläufer – rechts vor fast neun Jahren im „Runner’s High“ nach dem Erklimmen des Königstuhls und versorgt von Tochter Alison – vermutete ich das auch ohne PET-Analyse.

Der Einfluss von Waldlauf auf das Wohlbefinden und das Leben des Menschen ist sogar so positiv, dass aufgrund aktueller Predigten zu befürchten steht, die Kirche schränkt bald Ausdauersport oder den Genuss von Wein ein ;-). Schließlich belegt die „Copenhagen City Heart Study“ an 11 914 dänische Männer und Frauen im Alter über 20 Jahren: Sport und leichter bis mäßiger Alkoholkonsum senken das kardiovaskuläre Risiko und die Gesamt mortalität; kurz gesagt: man lebt so länger. Gegen Bemühungen um längeres Leben – zumindest durch moderne Forschung – scheint der Ratsvorsitzende der Evangelischen Kirche in Deutschland, Bischof Wolfgang Huber, aber etwas zu haben. Er kritisierte jetzt zu Ostern die Verdrängung des Todes in manchen Bereichen der medizinischen Forschung scharf. Dabei würden zwei Zweige der Medizin faszinieren: „Die Reproduktionsmedizin soll menschliches Leben künstlich zustande bringen. Und die regenerative Medizin soll den Tod hinauschieben und eines Tages ganz überwinden. ... Der Tod gehört zu unserem Menschsein.“

Die CLB vermittelt immer wieder übersichtlich und im Zusammenhang neueste Erkenntnisse aus Chemie, Physik und den Lebenswissenschaften. Wenn Sie die Berichte der vergangenen Ausgaben verfolgen, erkennen Sie: Der Tod ist kein Naturgesetz. Der Riesenfortschritt in den molekularen Wissenschaften, begleitet von den Möglichkeiten der Computertechnik, kann durchaus dazu führen, dass die Reparaturmechanismen in der Biologie aufgedeckt und optimiert werden – oder dass Biologie und Technik verschmelzen. Inwiefern das wünschenswert ist, muss man diskutieren. Nur sollte man seine Haltung nicht dogmatisieren und neue Entwicklungen außer acht lassen. Um die Einstellung von Bischof Huber auf den Punkt zu bringen: Wann sollen die Ärzte aufhören, das

Leben zu verlängern, auch wenn es medizinisch-technisch sowie von der Lebensqualität des jeweiligen Menschen problemlos möglich wäre? Soll mit 120 Jahren Schluss sein, oder wann? Der Science-Fiction-Film „Logan’s Run“ von 1976 mit seiner gesetzlich begrenzten Lebenszeit für Menschen lässt grüßen...

Diese CLB befasst sich eher mit handgreiflichen Dingen: Eisen, Kornbrennerei, und im direkten Wortsinn mit „handheld devices“, allerdings betrieben mit fortschrittlicher Brennstoffzellen-Technik. Und CLB-Autor Röbbke Wünschiers zeigt dazu ab Seite 102 gleich auf, wie man interessante Experimente mit Brennstoffzellen ausführen kann.



Immerhin: Brennstoffzellen stehen nach Angaben der Branche vor einem Boom. Noch vor dem Anfang des nächsten Jahrzehnts erhofften Durchbruch dieser Technik für Autos sei sehr bald mit einem Einsatz in portablen Elektrogeräten zu rechnen, sagte Ende Februar Ulrich Schmidtchen vom Deutschen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband.

Etwas geisterhafter ist dann allerdings der Stoff, mit dem sich der Artikel „Chancen mit heißer Kälte“ ab Seite 107 befasst: Plasma. Auch wenn es eine himmlische Erscheinung sein kann, wie das ausschmückende Nordlichtfoto belegt: Wie üblich zeigt die CLB neue Entwicklungen und insbesondere die vielen Steuerungsmöglichkeiten und die damit verbundenen Chancen der durchaus irdischen Niedertemperatur-Plasmatechnologie auf. Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre,

Ihr

INHALT

Aufsätze

Die historische Kornbrennerei in Hilden/Rheinland Brennerei-Technologie vom Getreidekorn zum Doppelkorn _____	88
Universelles Eisen Auf Messers Schneide und bis aufs Blut _____	92
Wasserstoff und PDAs Ein Experiment mit Brennstoffzellen _____	102

Rubriken

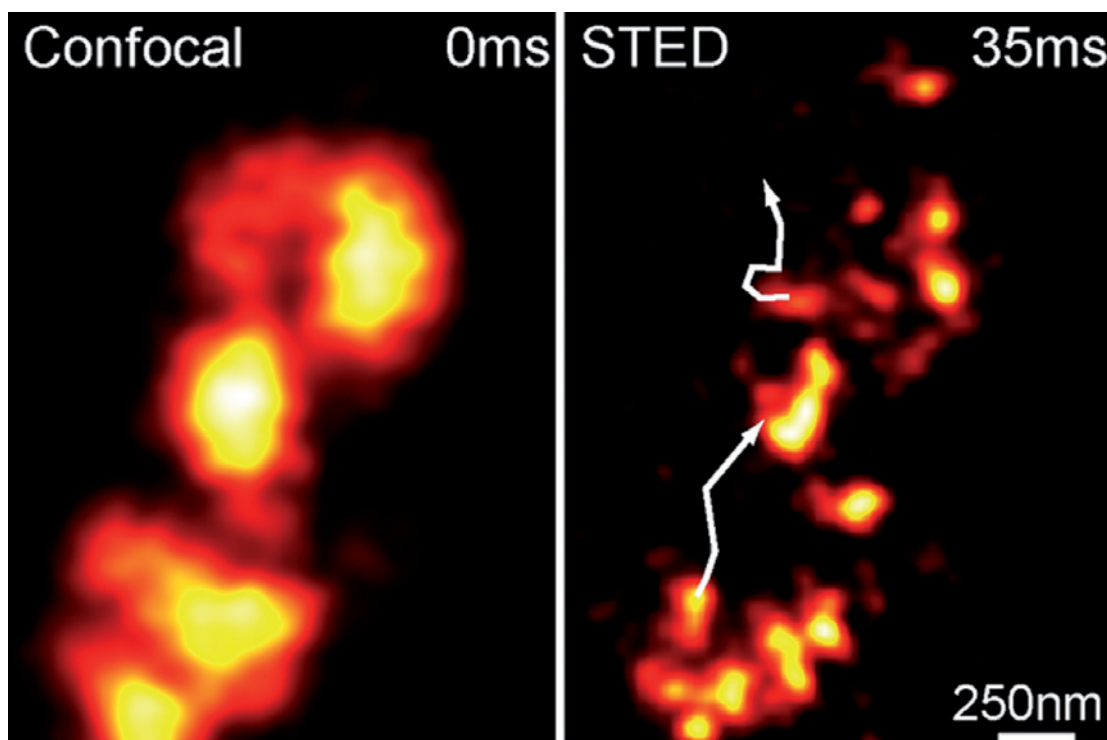
Editorial _____	81
Impressum _____	83
F & E im Bild _____	83
Unternehmen _____	84
Personalia _____	86
Förderungen / Preise _____	87

Umschau	
Niedertemperatur-Plasmatechnologie: Chancen mit heißer Kälte _____	107
Forschung und Technik _____	112
Umfeld Wissenschaft _____	114
Literatur _____	116
Neue Produkte _____	118
Bezugsquellenverzeichnis _____	119

CLB-Memory

Richtlinie zur Qualität ärztlicher Labor-Untersuchungen Vor- und Nachbereitung der Proben im Visier _____	M17
Modellversuch für Schüler und Studenten Metallabrieb durch Hautkontakt _____	M18
Fachkräftemangel bei technischen Berufen Neues Barometer von acatech und VDI _____	M19
Praxis Spezialgase (Teil 1) Umgang mit Gasgemischen: Handling, Anschluss, Besonderheiten _____	M20
Akkreditierungsrat führt Systemakkreditierungen ein Stärkung der Hochschul-Eigenverantwortung _____	M22
Schutzhandschuhe für Arbeiten mit Chemikalien Für jeden Einsatz die richtige Wahl treffen _____	M23
Chemie und Energie Grundlagen _____	M24

Vesikel im Film



Zwischen Nervenzellen werden Signale über Botenstoffe übertragen, die von der Senderzelle abgegeben und von der Empfängerzelle erkannt werden. Diese Botenstoffe werden in speziellen Bläschen, den Vesikeln, bereits auf Vorrat gehalten. Mit einer Größe von 40 Nanometern sind diese Vesikel winzig. Wissenschaftlern um Stefan Hell am Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie in Göttingen gelang es nun, die schnelle Bewegung dieser kleinen Vesikel in den Nervenendigungen mit bis zu 28 Bildern pro Sekunde aufzuzeichnen. Im STED-Mikroskop (Bild rechts) lassen sich – anders als im Konfokalmikroskop (links) – Vesikel, die mit Botenstoffen gefüllt sind, bei einer 3- bis 4-fach höheren Auflösung getrennt voneinander beobachten. Die Pfeile zeigen die weiteren Bewegungen der Vesikel in den darauffolgenden Bildern an. Diese Erkenntnisse ermöglichen Wissenschaftlern wichtige neue Einblicke in die Prozesse bei der Signalübertragung zwischen Nervenzellen. Möglich wurden die Filmaufnahmen durch die Weiterentwicklung der STED-Fluoreszenzmikroskopie-Technik (Stimulated Emission Depletion), die Hell entwickelt hatte. Sie erlaubt Aufnahmen unterhalb der Beugungsgrenze. Mithilfe des STED-Mikroskops gelang es bereits, einzelne Eiweiß-Komplexe im Abstand von 20 bis 50 Nanometern voneinander getrennt zu sehen. Jetzt konnte die lange Belichtungszeit pro Bild drastisch verkürzt werden, sodass sich Bewegungsvorgänge mit einer Auflösung von 65 bis 70 Nanometern in Echtzeit einfangen ließen (Film: <http://www.sciencemag.org/content/vol0/issue2008/images/data/1154228/DC1/1154228S1.mov>; Bild: Hell/MPiBpc).

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, Düsseldorf
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. Maren Bulmahn (MB,
E-Mail: redaktion@clb.de),
Dr. Christiane Soiné-Stark
(CS, E-Mail: stark@clb.de).

Ständige Mitarbeiter:
Ans de Bruin (Grafik), Heidelberg; Prof.
Dr. Wolfgang Hasenpusch, Hanau;
Dr. Mechthild Kässer, Diekhofen; PD Dr.
Röbbe Wünschiers, Quedlinburg.

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

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

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

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

CLB erscheint monatlich.

Bezugspreise:
CLB Chemie in Labor und Biotechnik mit
der Beilage „CLB-MEMORY“. Einzelheft
– außerhalb des Abonnements – 10,00
Euro, im persönlichen Abonnement jäh-
rlich 98,35 Euro zuzüglich Versandkosten;
ermäßigter Preis für Schüler, Studenten
und Auszubildende (nur gegen Vorla-
ge der Bescheinigung) jährlich 76,45
Euro zuzüglich Versandkosten, inkl. 7%
MWSt. Ausland sowie Firmenabonne-
ments (Staffelpreisliste nach Anzahl) auf
Anfrage. Bezug durch den Buchhandel
und den Verlag. Das Abonnement ver-
längert sich jeweils um ein weiteres Jahr,
falls nicht 8 Wochen vor Ende des Be-
zugsjahres Kündigung erfolgt.

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

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

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

ISSN 0943-6677



NACHRICHTEN & NOTIZEN

Evonik Industries AG hat die verbleibenden 49 Prozent an dem bisherigen Joint Venture Degussa Lynchem Co. Ltd., Dalian, China, von den chinesischen Anteilseignern Yuncai Wang und Jingkun Wang übernommen. Damit wird Degussa Lynchem eine 100 %ige Tochter von Evonik. Sinn der Transaktion ist eine Stärkung des Exklusivsynthesegeschäfts, die kundenspezifische Herstellung von pharmazeutischen Zwischenprodukten, Wirkstoffen und Feinchemikalien.

Der Bereich Crop Protection der BASF hat seine neuen Wirkstoffe, Orysastrobin und Metaflumizone, auf den Markt gebracht. Orysastrobin, ein Reisfungizid, wurde speziell für den japanischen Markt entwickelt. Das Insektizid Metaflumizone wird besonders im Segment Obst und Gemüse und in der Schädlingsbekämpfung angewandt. Diese beiden renditeträchtigen Segmente wachsen deutlich schneller als der Pflanzenschutzmarkt insgesamt.

Die Bayer HealthCare-Division Consumer Care plant, das Geschäft mit verschreibungsfreien Arzneimitteln (OTC) und die zugehörigen Firmenwerte von der amerikanischen Sagmel, Inc. (Libertyville, Illinois) zu übernehmen, zusammen mit etwa 1000 Mitarbeitern. Sagmel betreibt das Geschäft in der Gemeinschaft Unabhängiger Staaten (GUS), und hat dort eine führende Marktposition erreicht.

Die Air Liquide Deutschland GmbH mit 4000 Mitarbeitern wurde vom europäischen Industriegasverband EIGA (European Industrial Gases Association) ausgezeichnet: Gold erhielt der Standort in Krefeld mit einer Bilanz von 3 Mio. Arbeitsstunden ohne Unfall. Ein Silber-Award für 5 Jahre ohne Unfall mit Ausfalltagen ging an ein Produktionswerk in Gelsenkirchen. Mit Bronze wurde die Niederlassung des Unternehmens in Berlin ausgezeichnet, für 500 000 Stunden ohne Unfälle.

Leica Microsystems (Wetzlar) hat sein Geschäft der Probenvorbereitung für Elektronenmikroskopie durch den Erwerb des Optikunternehmens Bal-Tec AG (Liechtenstein) ausgebaut. Die Bal-Tec AG entwickelt, fertigt und vertreibt Geräte zur Probenvorbereitung in der Rasterelektronenmikroskopie, die die Leica Produktpalette für die Transmissionmikroskopie ergänzen.

Medrad Inc. (Warrendale, USA, mit Bayer HealthCare verbunden), und **Possis Medical** (Minneapolis, USA) haben einen Übernahme- und Verschmelzungsvertrag über ein Volumen von 361 Millionen US-Dollar unterzeichnet. Beide Unternehmen entwickeln Instrumente zur Diagnose und Therapie von Herz-Kreislauf- und anderen Erkrankungen.

Eliokem, ein Unternehmen für Spezialchemikalien in Villejust bei Paris, hat den Bereich Polymere von Apar Industries Ltd, Gujarat, Indien, für 28 Mio. US Dollar übernommen. Apar Industries stellt Chemikalien für die Gummi-Industrie bereit. Eliokem India hat 220 Mitarbeiter, und erwirtschaftete 2007 42 Mio. US Dollar.

Verbundprojekt für Druckelektronik

Funktiketten statt Barcodes

Die Unternehmen PolyIC, BASF, Evonik Industries, Elantas Beck und Siemens haben ein vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördertes Verbundprojekt mit dem Namen MaDriX gestartet, um die Entwicklung leistungsfähigerer gedruckter Funktiketten voranzutreiben.

Die aktuelle Generation der RFID-Etiketten (Radio Frequency Identification, RFID) enthält Siliziumchips und wird aufgrund ihres aufwändigen Herstellungsverfahrens überwiegend für die Kennzeichnung teurer Produkte eingesetzt. Mit Hilfe der Technologie der gedruckten Elektronik können RFID-Etiketten kostengünstiger hergestellt werden. Dazu trägt die Entwicklung neuer Materialien wie elektrisch leitender und halbleitender Kunststoffe bei. Damit eignen sich die gedruckten Funktiketten für die Kennzeichnung preiswerterer Konsumgüter

und könnten die bisher bekannten Barcodes ablösen.

Mit RFID-Etiketten ausgezeichnete Waren lassen sich per Funk identifizieren und kommen in der Warenlogistik bis hin zur Supermarktkasse zum Einsatz. Darüber hinaus werden Produkte fälschungssicherer. Eine schrittweise Markteinführung gedruckter RFID-Etiketten ist innerhalb der nächsten zehn Jahre realistisch.

Bei dem für drei Jahre geplanten Gemeinschaftsprojekt hat PolyIC die Konsortialführerschaft. Die Gesamtinvestitionssumme beläuft sich auf rund 15 Millionen Euro, an denen sich das BMBF mit rund acht Millionen Euro beteiligt. Projektträger ist das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. Mit MaDriX sichern die beteiligten Unternehmen zusammen mit dem Bundesministerium die derzeit führende Position des Forschungsstandorts Deutschland im Bereich der gedruckten Elektronik.

Tecan kooperiert mit GE Healthcare

Tecan wird mit GE Healthcare auf dem Gebiet der Handhabung und des Screenings von Proteinen zusammenarbeiten, um das Zusammenspiel zwischen den automatischen Geräten von Tecan und den abgefüllten Chromatografiemedien von GE Healthcare besonders im Bereich der Protein-Anwendungen mit hohem Durchsatz zu optimieren. Die erste, sich aus dieser Zusammenarbeit ergebende Anwendung betrifft das Protein-Expressionsscreening. Es bietet eine vollständige Lösung, mehrere parallele Screenings von markierten Proteinen, Screening und Optimierung von Expressionspufferbedingungen sowie Identifizierung von Proteinkonstrukten zu optimieren.

Cognis kooperiert mit InterMed Discovery

Cognis hat eine Beteiligung an der InterMed Discovery GmbH (Dortmund) erworben und gleichzeitig eine Kooperationsvereinbarung abgeschlossen. Damit sichert sich der Spezialchemiehersteller den Zugang zu einer der weltgrößten Naturstoffdatenbanken und den Zugriff auf ausgewählte Wirkstoffe für bestimmte Anwendungen in den Bereichen Functional Food, Nahrungsergänzungsmittel sowie Körperpflege- und Reinigungsmittel für die Wachstumsmärkte Wellness und Sustainability. InterMed kann mit Hilfe seiner Technologieplattform in großem Umfang chemische Strukturen mit biologischen Aktivitäten korrelieren, um geeignete Wirkstoffkandidaten auszuwählen und diese weiterzuentwickeln.

Umfrage von VDMA und Binder GmbH zur Arbeitgeberwahl

Perspektiven wichtiger als Sicherheit

82 Prozent der Absolventen Ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge stellen bei der Arbeitgeberwahl Entwicklungsperspektiven durch Weiterbildung und Aufstiegschancen sowie die Sicherheit des Arbeitsplatzes vor die Höhe des Einkommens. Für nur 42 Prozent ist das Einstiegsgehalt ein elementarer Aspekt.

Dies sind Ergebnisse einer Kooperationsstudie des Verbandes Deutscher Maschinen- und Anlagenbauer (VDMA), Sektion Baden-Württemberg, und der Binder GmbH, Tuttlingen. Des weiteren ergab die Studie, dass für nur 42 Prozent das Einstiegsgehalt ein elementarer Aspekt ist. Die Größe eines Unternehmens ist für 62 Prozent wenig wichtig oder gar unwichtig. Auch die Bekanntheit des künftigen Arbeitgebers spielt eine untergeordnete Rolle; ausschlaggebend sind für die Absolventen das Unternehmensimage und die Mitarbeiterzufriedenheit.

An der Umfrage beteiligten sich mehr als 300 Studenten baden-württembergischer Hochschulen vorwiegend ingenieurwissenschaftlicher Fachrichtungen. Die Befragten antworteten auf Themenblöcke zu Entlohnung, Karriereperspektiven, Führung/Organisation, Arbeitsalltag, Image, Internationalität, Innovationskraft, Familienorientierung und Work-Life-Balance. In Summe zeigt sich, dass für 76 Prozent der Studierenden die Karriereperspektiven vor der Entlohnung mit 61 Prozent die bestimmenden Faktoren bei der Arbeitgeberwahl sind.

„Ziel der Studie war es, den Studenten eine Möglichkeit zu bieten, ihre Vorstellungen an ihren künftigen Arbeitsplatz zu äußern. Es hat sich gezeigt, dass Absolventen ihren Arbeitgeber nicht nach Größe und Bekanntheit wählen. Mittelständische

Unternehmen halten im starken Wettbewerb um künftige Fach- und Führungskräfte durchaus mit, wenn das Image, die Qualität der Aufgabe und die Arbeitsatmosphäre stimmen“, sagt Peter Michael Binder, Geschäftsführender Gesellschafter des Familienunternehmens. Es ist nach eigenen Angaben mit 300 Mitarbeitern und einem Umsatz von rund 43 Millionen Euro (2007) weltweit der größte Spezialist für Simulationsschranke für die Wissenschaft und Industrie.

Aufgabe mir Anspruch gefragt

84 Prozent der Befragten wünschen sich künftig eine Aufgabe mit Qualität. Noch ausschlaggebend sind eine angenehme Arbeitsatmosphäre (94 Prozent) sowie Teamwork und Kollegialität (90 Prozent). Arbeitgeber mit klaren Unternehmensleitbildern und -visionen sind attraktiver, wobei flache Hierarchien für 24 Prozent wenig wichtig oder unwichtig sind.

„Wir haben derzeit 2500 offene Stellen für Ingenieure im Maschinenbau alleine in Baden-Württemberg. Für jedes Unternehmen ist es daher unumgänglich zu wissen, welche Kriterien Studierende bei ihrer Arbeitgeberwahl anlegen, um Nachwuchsprobleme zu

vermeiden. Dabei ist neben den persönlichen Entwicklungsmöglichkeiten die Vereinbarkeit von Familie und Beruf ein wichtiger Faktor“, betont Ulrich P. Hermanni, Geschäftsführer des VDMA Baden-Württemberg.

Die Umfrage zeigt, dass das Angebot einer flexiblen Arbeitszeitgestaltung für Unternehmen mit 73 Prozent ein wesentlicher Pluspunkt im Wettbewerb um die besten Absolventen ist. Vor allem für weibliche Befragte ist die Familienorientierung beim künftigen Arbeitgeber ein bestimmender Faktor. Sie achten besonders auf die Möglichkeit des Wiedereinstiegs nach der Elternzeit. Für über 25 Prozent sind Kinderbetreuungsangebote sehr wichtig.

Unternehmen in Regionen mit schlechter Anbindung oder Infrastruktur haben es schwerer im Kampf um die Absolventen. Denn: 62 Prozent der Studenten legen darauf höchsten Wert; für 45 Prozent sind die Lebenshaltungskosten als Kriterium für ihre Entscheidung ausschlaggebend. Regionen mit Freizeitangeboten sportlicher oder kultureller Art sind für die Absolventen attraktiv. Unternehmen, die sich umweltschonend einsetzen punkten bei 53 Prozent der Befragten.

Merck investiert 47 Millionen Euro in F&E-Zentrum in Darmstadt

Die Merck KGaA will 47 Millionen Euro in ein neues Forschungs- und Entwicklungszentrum für den Unternehmensbereich Chemie am Standort Darmstadt investieren.

Dies ist die bisher größte Einzelinvestition in Forschung und Entwicklung in der Merck-Chemie. Baubeginn für das Projekt wird Juni 2008 sein, die Fertigstellung ist Ende 2009 geplant.

In dem Komplex bestehend aus drei Labor- und Technikumsgebäuden werden große Teile der F&E-Aktivitäten des Bereichs Chemie mit rund 340 Mitarbeitern zusammengefasst. Dazu gehören sowohl Forschungsabteilungen der Sparte Liquid Crystals an den Standorten Darmstadt, Frankfurt und Mainz als auch Forschung und Entwicklung der Sparte Performance & Life Science Chemicals.

BASF Der Vorstand der BASF SE, Ludwigshafen, hat den Juristen **Dr. Jörg Buchmüller** (60) zum neuen Syndikus und Leiter des Bereichs Legal, Taxes & Insurance (Recht, Steuern, Versicherung) ernannt. Er folgt auf **Dr. Hans-Ulrich Engel** (48) (Öl und Gas, Region Europa, Globaler Einkauf und Logistik), der neu in den Vorstand berufen wurde. Buchmüller leitet seit 2003 die Rechtsabteilung der BASF. Michael Diekmann, Vorsitzender des Vorstands der Allianz SE, München, und Robert Oswald, Vorsitzender des Betriebsrats des Werks Ludwigshafen der BASF SE und des Konzernbetriebsrats der BASF, wurden zu stellvertretenden Vorsitzenden des Aufsichtsrats gewählt.

DGL Die Biologin **Prof. Dr. Elisabeth Meyer** (55) vom Institut für Evolution und Biodiversität der WWU Münster ist seit Anfang des Jahres 2008 Präsidentin der Deutschen Gesellschaft für Limnologie (DGL). Die DGL mit etwa 1100 Mitgliedern setzt sich aus Experten der Bereiche Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung zusammen, die sich mit der Biologie und Ökologie, der Gefährdung, Bewertung und dem Schutz von Gewässerökosystemen beschäftigen.

FHG Die Präsidentin der Hochschule München, **Prof. Dr. Marion Schick** (49) tritt am 1. Oktober 2008 die Nachfolge des Vorstands Personal und Recht Dr. Dirk-Meints Polter an, der nach 18 Jahren Vorstandstätigkeit in den Ruhestand gegangen ist. Mit Prof. Dr. Schick ist der vierköpfige Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft wieder komplett.

NRC Die Nordmann, Rassmann GmbH (NRC) mit Hauptsitz in Hamburg hat die Kauffrau und Prokuristin **Gabriele Henke** (56) zur Nachfolgerin für den Geschäftsführer Wolfgang Nagel bestimmt (59), der ab Sommer



Buchmüller



Meyer



Schick



Henke



Graumann



Rajewsky

2008 Vorstandsmitglied der Georg Nordmann Holding Aktiengesellschaft wird. Die bisherige Position von Frau Henke innerhalb des Unternehmens (Geschäftsbereich Kosmetik-, Pharma- und Lebensmittelroh- und Zusatzstoffe) übernimmt Dr. Ulla Seidel-Wiese (48). Edgar E. Nordmann (68) bleibt wie bisher in der NRC-Geschäftsführung.

schaftler aus dem Ausland zurück gewinnt und an einer deutschen Universität ihrer Wahl fördert. Außerdem wurde der **Preis der Dr. Feldbausch-Stiftung** in Höhe von 5000 Euro an **Dr. sc. hum. Michelle Giehl**, Universitätsklinikum Mannheim, verliehen. Die Dr. Feldbausch Stiftung zeichnet Einzelpersonen für Leistungen auf den Gebieten Forschung, Kunst und Kultur aus.

Prof. Dr. Klaus Rajewsky erhält den **Emil von Behring-Preis** der Philipps-Universität Marburg. Der Impfstoffhersteller Novartis Behring, eines der Nachfolgeunternehmen der Behringwerke, sponsert das Preisgeld in Höhe von insgesamt 25 000 Euro. Rajewsky wird für seine Forschungen zu den molekularen Mechanismen der Reaktionen und Differenzierung von B-Zellen geehrt. Ein weiterer Schwerpunkt seiner Arbeit ist die Leukämieforschung (Hodgkin-Lymphom). Der 71-Jährige war von 1970 bis 2001 Professor für Molekulargenetik an der Universität zu Köln und Leiter des europäischen „Monterontondo Forschungszentrums“ bei Rom. Nach seiner Emeritierung in Deutschland wechselte er an die Harvard Medical School.

Prof. Dr. Klaus Roth von der Freien Universität Berlin und **Prof. Dr. Harald Gröger** von der Universität Erlangen-Nürnberg wurden von der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) ausgezeichnet. Der mit 7500 Euro dotierte **Preis für Schriftsteller** wird Roth für seine zahlreichen Veröffentlichungen übergeben, mit denen er die Faszination für die Chemie bei einem breiten Publikum geweckt hat. Gröger wird mit dem mit ebenfalls 7500 Euro dotierten **Carl-Duisberg-Gedächtnispreis** für seine Leistungen in der organischen Synthesechemie sowie für seinen vorbildlichen Brückenschlag zwischen Grundlagenforschung und angewandter Forschung auf dem Gebiet der „weißen“ Biotechnologie ausgezeichnet.

EHRUNGEN

Den dieses Jahr erstmals verliehenen, und mit 10 000 Euro dotierten **Forschungspreis der Vereinigung für Allgemeine und Angewandte Mikrobiologie** (VAAM) erhält **Prof. Dr. Peter Graumann** (41) von der Universität Freiburg. Graumann konnte hochgradig organisierte Zellstrukturen in Bakterien aufklären und sichtbar machen, die für Vorgänge wie die Zellteilung notwendig sind. Die VAAM, 1975 als Zweig der American Society for Microbiology (ASM) gegründet und seit 1985 selbständige Gesellschaft, vertritt rund 3000 mikrobiologisch orientierte Wissenschaftler aus Forschung und Industrie.

Die Medizinische Fakultät Heidelberg hat den mit 50 000 Euro dotierten **Forschungspreis der Joachim Siebeneicher-Stiftung** an **Dr. med. Robert Grosse** vom Pharmakologischen Institut der Universität Heidelberg vergeben. Im Fokus des 38-Jährigen stehen die molekularen Mechanismen, die den Aufbau des Zellskeletts regulieren, mit dessen Hilfe Krebszellen in Körpergewebe eindringen und Metastasen bilden können. Dr. Robert Grosse ist Leiter einer Arbeitsgruppe im Rahmen des Emmy Noether-Programms der Deutschen Forschungsgemeinschaft, ein Programm, das Nachwuchswissen-



Giehl

Grosse

Prof. Dr. Friedhelm Bechstedt von der Friedrich-Schiller-Universität Jena erhält einen der diesjährigen **Gay-Lussac-Humboldt-Preise**. Mit dem Gay-Lussac-Humboldt-Preis des französischen Ministeriums für Bildung und Forschung sowie der deutschen Alexander von Humboldt-Stiftung werden Wissenschaftler ausgezeichnet, die durch ihre Arbeit und ihr besonderes Engagement zum Ausbau der deutsch-französischen Kooperation in der Forschung beigetragen haben. Prof. Bechstedt, Direktor des Instituts für Festkörpertheorie und -optik, arbeitet seit 1992 mit Forschern der Ecole Polytechnique in einer Reihe von europäischen Netzwerkprojekten zusammen. Ein weiterer Preisträger ist **Prof. Jörg Hacker** (56), Vorstand des Instituts für Molekulare Infektionsbiologie der Universität Würzburg. Jörg Hacker hat unter anderem gemeinsam mit Forschergruppen vom Pariser Pasteur-Institut Untersuchungen über die Erreger der Pest und der Legionärkrankheit durchgeführt. Mit Kollegen von der Universität Toulouse erforschte er das Darmbakterium *Escherichia coli*. Gemeinsam mit den oben genannten Preisträgern werden drei weitere deutsche und fünf französische Forscher ausgezeichnet. Jeder der Geehrten erhält ein Preisgeld von 22 000 Euro.

Für seine Arbeiten zum Themenkomplex „Bakterielle gastrointestinale Infektionskrankheiten: Molekulare Pathogenese und neue Präventionskonzepte“ erhielt **Prof. Dr. Michael Hensel** aus dem Mikrobiologischen Institut des Universitätsklinikums Erlangen den mit 5000 Euro dotierten **Pettenkofer-Preis** der Münchner Max von Pettenkofer-Stiftung. Schwerpunkt der Forschung von Prof. Hensel ist die Charakterisierung von krankheitsauslösenden und ansteckenden Eigenschaften von Salmonellen, die in Deutschland und weltweit zu den häufigsten Erregern von Durchfallerkrankungen gehören.



Wissensvermittlung durch das Fernsehen

Das Fernsehen als Informations-Medium Nr. 1 leistet eine Menge, um Wissenschaft und Technik auch im Alltag erlebbar und für die Gesellschaft transparent zu machen. Die DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V. vergibt deshalb anlässlich der 29. ACHEMA am 11. Mai 2009 in Frankfurt am Main zum fünften Mal den ACHEMA-Fernsehpreis. Dieser mit 10 000 Euro dotierte Preis wird an den Autor eines Fernsehfilmbeitrages oder an das Redaktionsteam einer Magazinsendung aus dem deutschsprachigen Raum verliehen. Aus den Bereichen Chemische Technik, Biotechnologie und Umweltschutz sollen die Themen einer breiten Öffentlichkeit objektiv und allgemeinverständlich vermittelt werden. Ausschreibungsrichtlinien und Bewerbungsbogen sind unter www.dechema.de/fernsehpreis abrufbar. Der Filmbeitrag ist bis spätestens **16. Januar 2009** einzureichen.

Auszeichnung für Dermatosen-Forschung

Europas größtes Biotechnologie-Unternehmen Merck Serono lobt wiederholt den Dermatologie-Forschungspreis aus. Die mit 10 000 Euro dotierte Auszeichnung prämiiert experimentelle sowie klinische Arbeiten aus dem Spektrum der Psoriasis und weiterer entzündlicher Dermatosen. Bewerbungsschluss ist der **30. Mai 2008**. Bewerber sollten das 40. Lebensjahr noch nicht vollendet haben. Die Forschungsarbeiten können eingereicht werden bei Merck Serono, Elke Schel, Medizinische Abteilung, Dermatologie, Alsfelder Str. 17, 64289 Darmstadt. Das Bewerbungsformular steht im geschlossenen Bereich auf www.raptiva.de. Es lässt sich auch unter 0800-7278482 anfordern.

Stipendium für Schmerzforschung

Junge Wissenschaftler aus Europa können sich noch bis zum **30. April 2008** um ein Forschungsstipendium bewerben, das es ihnen ermöglicht, ihre Projektideen zur Aufklärung von Schmerzmechanismen sowie zur innovativen, klinischen wie experimentellen Schmerzforschung zu realisieren. Der mit insgesamt 100 000 Euro dotierte EFIC-Grünenthal-Grant wird jährlich von der Europäischen Schmerzgesellschaft EFIC (European Federation of Chapters of the International Association for the Study of Pain, IASP, deutsche Sektion ist die Deutsche Gesellschaft zum Studium des Schmerzes e.V., DGSS) und der Grünenthal GmbH, Aachen, vergeben. Ein Online-Anmeldeformular und weiterführende Informationen finden sich unter www.e-g-g.info.

Software von Schülern für Schüler

Der Jugendsoftwarepreis wird jährlich für Schüler aller Alterstufen in Deutschland, Österreich und der Schweiz ausgeschrieben. Prämiert werden originelle Programme und pfiffige Präsentationen, die anderen Schülern naturwissenschaftliche Inhalte näher bringen. Das Thema der Arbeit kann frei gewählt werden. Es muss aber aus der Physik, Chemie, Biologie oder Mathematik stammen. Der Jugendsoftwarepreis wird von der Klaus Tschira Stiftung in Heidelberg ausgeschrieben. Der nächste Bewerbungsschluss ist der **20. September 2008**. Der Wettbewerb gliedert sich in drei Kategorien: Präsentation, Interaktive Präsentation und Simulation. In den jeweiligen Kategorien werden Preise bis zu 1000 Euro vergeben. Rund um die Preisverleihung erwartet die Sieger ein attraktives Rahmenprogramm. Die Preisträgersoftware wird öffentlichkeitswirksam beworben. Weitere Informationen unter www.jugendsoftwarepreis.info.

Die historische Kornbrennerei in Hilden/Rheinland

Brennerei-Technologie vom Getreidekorn zum Doppelkorn

Georg Schwedt, Bonn



Abbildung 1: Das Gebäude der historischen Kornbrennerei (alle Fotos: Schwedt).

Das Wilhelm-Fabry-Museum mit der historischen Kornbrennerei wurde 1989 als Industriemuseum in der Benrather Str. 32 a eröffnet. Namensgeber ist der in Hilden geborene Chirurg Wilhelm Fabry (1560-1634), der als Begründer der wissenschaftlichen Chirurgie in Deutschland in die Medizingeschichte eingegangen ist. Das Industriedenkmal Kornbrennerei wurde als Bergische Dampfkornbranntwein-Brennerei Vogelsang 1864 errichtet. Im gegenüber liegenden Gebäude finden Ausstellungen z.B. zu Fabrys Wirken oder zu medizin- sowie regional-historischen Themen statt.



Der Autor

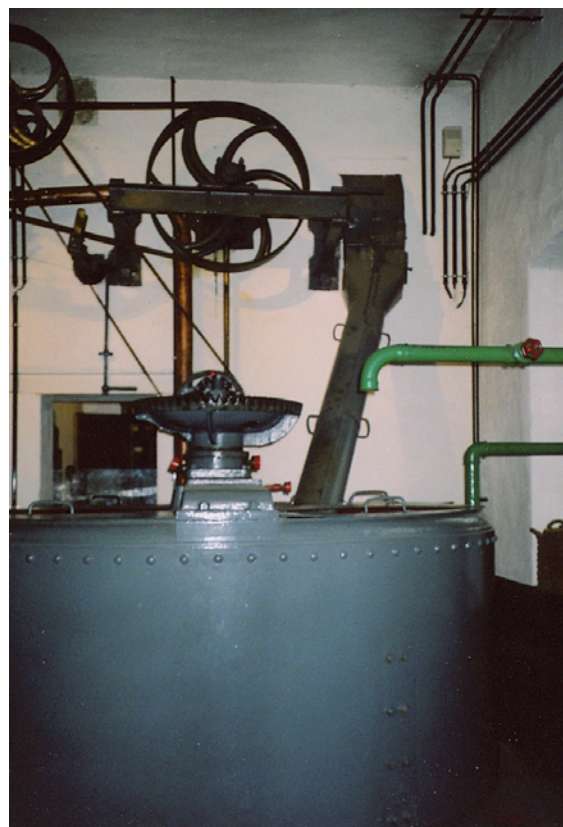
Der Buchautor und Mitherausgeber der CLB, Prof. Dr. Georg Schwedt, war von 1987 bis zu seiner Emeritierung 2006 Professor für Anorganische und Analytische Chemie an der Technischen Universität Clausthal. Jetzt lebt er in Bonn und widmet sich in vielfacher Weise der Aufgabe, die Naturwissenschaften den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

Von 1867 (Erteilung der Konzession) bis 1979 war die Dampf-Kornbrennerei im Betrieb. 1887 wurde eine Dampfmaschine eingebaut, 1895 eine zweite Dampfkesselanlage aufgestellt. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts (vor dem 1. Weltkrieg) ließen die damaligen Inhaber (seit 1905) Isidor Willner, Jakob und Isidor Oppenheimer den Dampfkessel reparieren und einen Vormaischbottich einbauen. Der Besucher heute kann den Weg des Getreides (Weizen oder Roggen) vom 2. Obergeschoss bis in den Fassraum sehr anschaulich verfolgen, wobei biochemisch-technologische und maschinentechnische Details vermittelt werden.

Vom Korn zur Maische

Die Ausgangsstoffe für die Branntwein-Gewinnung waren vor allem Roggen und Weizen (Stär-

Abbildung 2: Maischebottich mit Teil der Transmissionsanlage.



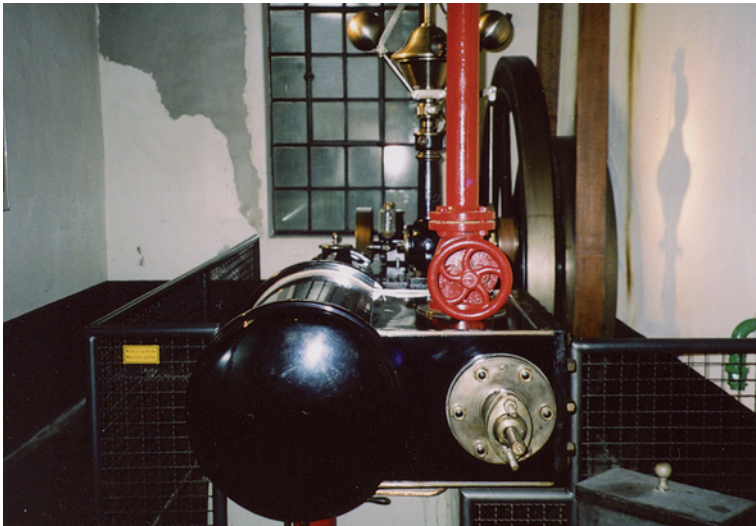


Abbildung 3: Blick in den Dampfmaschinenraum (mit Fliehkraftregler hinter dem roten Rohr).

kegehalte: Roggen 61 %, Weizen bis 70 %). Eine Werbung der „Bergischen Dampf-Kornbranntwein-Brennerei und Likörfabrik Vogelsang & Co. vorm. J. P. Vogelsang Hilden (Rhld.)“ nennt als „Spezialität: Vogelsang's Korn. Garantiert reiner Kornbranntwein, nur aus Roggen und Malz ohne Hefeabzug hergestellt.“ Das Getreide wurde von Landwirten aus der näheren Umgebung angeliefert und mit dem Sackaufzug in das zweite Obergeschoss gebracht und dort zunächst gelagert. Durch einen Schütttrichter gelangte das Getreide in das erste Obergeschoss zur Getreidereinigungsanlage. Hier wurden die Körner von kleinen Fremdkörpern wie Steinen, Spelzen oder Halmresten auf Siebböden durch Schütteln befreit.

Von historischem und technischem Interesse sind die außerordentlich stabilen Zedernholzfedern der hölzernen Getreidereinigungsanlage. An die Anlage ist ein Elevator (Förder-, Hebewerk) angeschlossen, in dessen Bechern die gereinigten Getreidekörner wieder in das zweite Obergeschoss transportiert wurden. Von dort gelangten sie dann über einen zweiten Einfülltrichter in die Schrotmühle im ersten Obergeschoss. Zwischen Mahlsteinen entstand infolge des mechanischen Zerreißen der Zellwände feines Schrot. Über eine in die Mühle eingebaute Förderschnecke konnte das Schrot in einem Holzkästen verteilt werden. In die darunter hängenden Säcke erfolgte durch Schieber eine Regulierung der Füllung.

Der Maisch- und Gärprozess

Über einen Einfülltrichter und ein Zuleitungsrohr gelangte das Schrot dann in den Maischebottich mit einem speziellen Rührwerk und Kühlschlangen im Erdgeschoss. Dort erfolgt zunächst in

einer dreifachen Menge an Wasser bei Temperaturen unter 15 °C ein Aufquellen. Dann wird bei laufendem Rührwerk mit Dampf aus einer Dampfduse die Temperatur für etwa 30 Minuten auf 50 °C erhöht. Weitere Schritte des Maischprozesses sind bei 65 °C eine so genannte Aufschluss- und Verflüssigungsrast, bei anschließendem Abkühlen bei 57 °C der Zusatz an Malz und bei 30-32 °C die Hefe. Die dabei ablaufenden Prozesse sind die Verkleisterung der Stärke, die Verzuckerung nach dem Zusatz von Malz (im Vormaischebottich). Es entsteht die Süßmaische. Mit der Süßmaischpumpe wurde die

verzuckerte Maische in die Gärböttiche und in den eisernen Gärtank im Gärraum überführt. Die heute noch vorhandenen fünf hölzernen Bottiche haben ein Fassungsvermögen von 3000 Litern.

Dort setzt dann sofort bei etwa 23 °C die Gärung ein, die in mehreren Stufen verläuft. Die Temperatur steigt auf etwa 31 °C und beträgt am Ende ca. 28 °C. Zur Steuerung des Gärprozesses ist am eisernen Gärtank ein Kühlsystem aus einer vielfach gewundenen Kupferrohrschlange angebracht. Eine weitere Funktion des Gärtanks

Abbildung 4: Ausschnitt aus der 7 m hohen Destillieranlage.



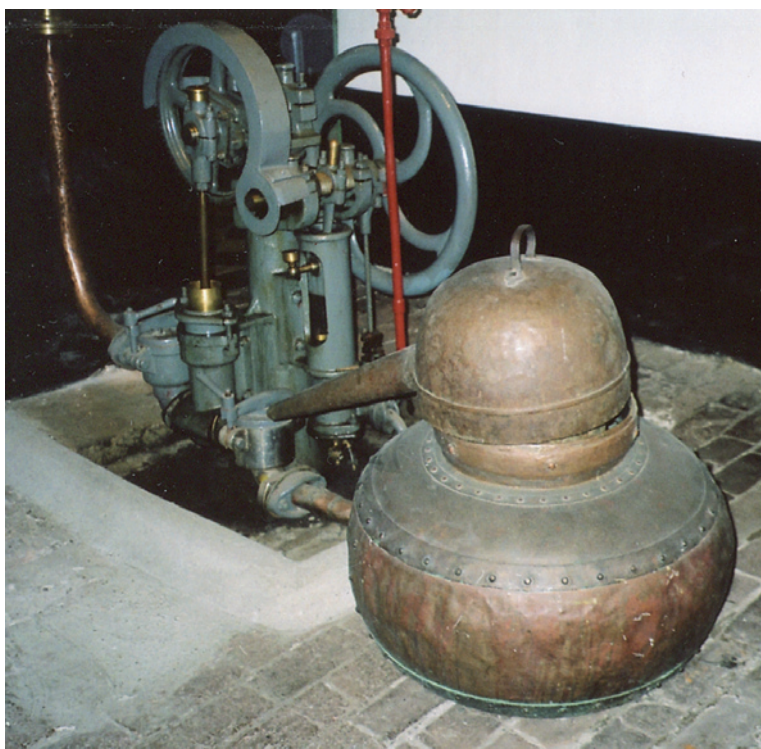


Abbildung 5:
Destillationsraum.

bestand darin, dem entstehenden Gas Kohlenstoffdioxid durch eine Wäsche mit Wasser mitgeführten Alkohol zu entziehen. Nach drei bis vier Tagen entstand hier aus der Süßmaische die vergorene Sauermaische mit etwa 6 % an Ethanol.

Die bereits genannten und im Folgenden noch zu beschreibenden Geräte wurden mit Energie aus der Dampfmaschine betrieben. Sie wurde 1887 als No. 76 in der Maschinenfabrik Kirberg & Hüls in Hilden als liegende Einzylindermaschine gebaut und ist die älteste erhaltene Dampfmaschine dieser Art im Rheinland. Sie erreichte eine Leistung von 25 PS. Zur Kraftübertragung ist direkt an das Schwungrad eine Transmissions-

Abbildung 6: „Alchemistischer“ Alembik (Helm, auch Mohrenkopf genannt) zur einfachen Destillation neben einem Maschinenteil.



anlage aus Wellen, Scheiben und Lederriemen angeschlossen, wodurch die einzelnen Geräte bis zum zweiten Obergeschoss angetrieben werden konnten.

Vom Rau- zum Feinbrand

Im Apparateraum des Erdgeschosses befindet sich die 7 m hohe Destillieranlage „aus Kupfer angefertigt und (...) aus drei Hauptteilen: dem unteren Kochraum (Blase), 14 eingebauten kupfernen Aufkochböden und einer ebenfalls aus Kupfer hergestellten Dephlegmationsschlange (Dephlegmator)“ [1]. Die mit Dampfdruck betriebene Sauermaischempumpe beförderte die Sauermaische in den Destillationsapparat – und zwar durch ein Zulaufrohr zunächst in die Dephlegmationsschlange (Dephlegmation: Abtrennung von Wasser), um von dort durch das außen verlaufende Übertrittsrohr auf den obersten Maischaufkochboden zu gelangen. Von dort lief sie von Stufe zu Stufe, d.h. von Aufkochböden zu Aufkochboden, um schließlich „entgeistet“ (alkoholfrei) als Schlempe in den untersten Teil zu gelangen. Von dort wurde auch der Dampf über Ventile in das Innere der Apparatur geführt. Die Schlempe wurde schließlich aus der Destillationsapparatur in den Schlemperregulator und von dort durch ein sich selbsttätig regulierendes Schwimmreguliertventil aus dem Gebäude in einen Schlempesammelbehälter transportiert.

Die in der Destillationsapparatur entstandenen Dämpfe steigen von jedem Aufkochboden nach oben und führen im Dephlegmator zu einer Sättigung, wodurch sie an den Wänden der Dephlegmatorschlange zum Teil kondensieren und wieder nach unten fließen. Die hochkonzentrierten Alkoholdämpfe nach dem beschriebenen Abdestillieren (Abbrennen) werden durch ein Rohr in den Rohbrandkühler geleitet, wo sie als Kornroh- oder Kornraubrand mit 65 Masse-% Ethanol in die Rohbrandvorlage und durch eine Leitung zur Rohbrandmessuhr zum Zwischensammelgefäß im Keller fließen. Die Kühlung am Rohbrandkühler erfolgte durch einen Wasserzuluß im Gegenstromprinzip.

Im letzten Schritt des etwa 4 Tage dauernden Prozesses erfolgte die Rektifikation. Die neben Ethanol entstandenen und mitdestillierten Fuselöle und Aldehyde wurden mit Hilfe einer rund 10 m hohen kupfernen Rektifizierkolonne aus vier Hauptteilen abgetrennt: „Der kupfernen Blase (unten), der Verstärkungskolonne (ragt bis in das zweite Obergeschoss), dem Kondensator (im zweiten Obergeschoss) und dem Feinbrandkühler mit Vorlage.“ [1] B. Morgner beschreibt den Vorgang der Rektifikation wie folgt – und liefert damit auch ein anschauliches Bild über die Zahl der Böden als Trennstufen:



Abbildung 7: Büroraum mit Ingredienzien für Liköre.

„Zur Rektifikation beschickte man die Blase mit durch Wasser auf 50 % Alkohol verdünnten Rohbranntwein. Der Inhalt der Blase wurde über eine kupferne Dampfschlange beheizt. Die bei der Verdampfung in der Blase entwickelten Alkoholdämpfe gelangten in die direkt aufgesetzte Rektifizierungskolonnen, durchzogen zunächst sieben kupferne feingelochte Siebböden, stießen gegen einen sogenannten Blindboden (ohne Löcher) und wurden durch ein Wechselventil um den Blindboden in den oberen Teil der Kolonne geleitet. In diesem durchströmten die Alkoholdämpfe weitere 38 feingelochte Siebböden und schlugen sich auf den Siebböden zum Teil nieder (= verflüssigten sich zum Teil). Das niedergeschlagene Kondensat floß dann durch die in den Siebböden befestigten kupfernen Rückflussrohre wieder von Boden zu Boden nach unten zurück und wurde von neuem aufgeköcht..“

Die bis in das Oberteil der Kolonne gelangten Alkoholdämpfe stiegen durch den Geistaustrittstutzen, einen Dreiweghahn und durch das kupferne Geistrohr in den Kondensator. Der Kondensator hat im Innern senkrecht eingebaute kupferne Kondensationsrohre, durch die der Alkoholdampf stieg und in denen die niedrigprozentigen Alkoholdämpfe verflüssigt wurden. Die Kupferrohre des Kondensators wurden mit Kühlwasser umspült. Der niedergeschlagene Lutter [Raubrand] im Kondensator floß über das Lutterückflußrohr durch einen Dreiweghahn wieder über den obersten Siebboden der Kolonne zurück und wurden nochmals aufgeköcht.“

Bei diesem Verfahren werden im Vorlauf leicht flüchtige Komponenten (Aldehyde) und im Nachlauf Fuselöle vom Mittellauf mit dem reinen Ethanol abgetrennt. Durch das Geistrohr gelangen die hochprozentigen reinen Alkoholdämpfe in den Feinbrandkühler und von dort in die Fein-

brandvorlage und schließlich in den zollamtlich verplombten Sammeltank im Keller. Der Feinbrand weist einen Alkoholgehalt von 92,5 Masse-% auf. In Holzfässern erfolgte dann noch eine Reifung, wodurch der Korn eine schwach gelbe Farbe erhält. Als Vogelsang' Korn wurde er dann in den Handel gebracht. Aus dem Kornfeinbrand wurden auch andere Produkte wie Kräuterschnäpse („Piepmatz“) und Likör hergestellt. In einem speziellen (Büro)Raum sind noch einige Behälter für die damals verwendeten Ingredienzien zu

sehen. In einer Preisliste von 1936 findet man Produkte wie „Alter Hildener“ 35/36 % (für 2,30 Mark pro Liter), Tafelkorn weiß 38%, Doppel Korn gelb oder auch als „ff. Doppel Korn ‚Spezialmarke‘ 40/42% Fl. 3.30 171 lt“ – auch „Vogelsangs Korn-Vorlauf 45% oder 55%.“

Aus 100 kg Ausgangsmaterial (Roggen oder Weizen) werden heute 30 bis 38 Liter Ethanol gewonnen. Korn muss mindestens einen Alkoholgehalt von 32 %-Vol. aufweisen, Kornbrand oder Doppelkorn mindestens 38 %-Vol., wobei ein gutes Lagerkorn 0,2 bis 0,4 g/Liter an Holzinhaltsstoffen aufnimmt. [2] **CLB**

Literatur

- [1] Morgner, Bernd: Die Historische Kornbrennerei. Industriedenkmal und Museum, Herausgeber Museums- und Heimatverein Hilden e.V., Hilden 1995
- [2] Ternes, Waldemar et al. (Hrsg.): Lexikon der Lebensmittel und der Lebensmittelchemie, Wiss. Verlagsges., Stuttgart, 4. Aufl. 2005

Abbildung 8: Der Fassraum.



Auf Messers Schneide und bis aufs Blut

Wolfgang Hasenpusch, Universität Siegen

Die Eisenzeit hat ihr Ende noch nicht erreicht. Das erkennen wir auf den Bahnhöfen, an Kraftfahrzeugen, im Stahlbeton, bei vielen Brückenkonstruktionen, Schiffen, am Koch- und Essgeschirr sowie an Konservendosen und Büroklammern. Aber Eisen in unserem Blut bestimmt auch unsere Atmung und unser Wohlbefinden. Weitgehend unabhängig davon, ob sich die Gegenwart die Eisenzeit mit dem Industrie-, Kunststoff- oder Atomzeitalter teilen muss. Eisen und Stahl bestimmen unser Leben. Dieses Metall hat mit seiner Härte, Duktilität, seiner umfangreichen Chemie und seinem reichhaltigem Vorkommen auf unserer Erde eine Reihe von Vorteilen – jedoch einen gewaltigen Nachteil: es rostet an feuchter Luft.

Hauptbestandteil unserer Erde: Eisen

Eisen zählt zu den häufiger vorkommenden Elementen auf der 16 km mächtigen Erdkruste: zu etwa 7 Gew.-% besteht sie aus Eisenoxiden FeO und Fe_2O_3 , wie der Chef-Chemiker des US Geological Survey in Washington Frank W. Clarke (1847-1931) bereits 1924 aus über 5000 Bohr-Analysen abschätzen konnte.

Eisen zählt damit zu dem vierthäufigsten Element der kontinentalen Erdkruste.

Noch viel mehr vermuten Geologen aus seismologischen- und Stoßwellen- Untersuchungen im Erdinneren. Hiernach besteht der Kern aus einer festen Eisen-Nickel-Legierung mit einer darüber liegenden zirkulierenden Schmelze aus 60% FeO und 40% Nischeisen sowie etwas Sulfid. Insgesamt wird der Eisengehalt der Erde auf 37% geschätzt (Abbildung 1).

Aber auch im Weltraum befindet sich eine Menge an Eisen, was aus erdgeschichtlicher Sicht nicht weiter verwundert. Meteorite aus Eisen-

und Nickelschichten fallen in großen Stücken auf die Erde. Der größte wiegt 60 Tonnen. Man fand ihn 1920 bei Hoba in Südwestafrika. Die Zusammensetzung der Eisen-Meteorite, die ca. 7% aller Meteorite ausmachen, liegt im Schnitt etwa bei 90% Fe und 8% Ni.

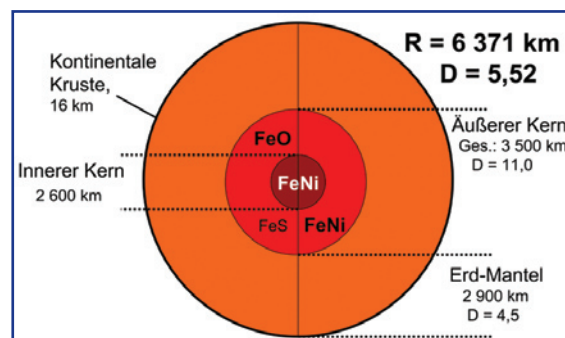
Vorkommen und Eisen-Produktion

An der Erdoberfläche kommt das Eisen weit verbreitet vor, wie die rötlich braunen Sandsteine, Lehme, Tone, Kalke und Mergel bereits nahe legen. Die wichtigsten Eisen-Mineralerale sind Magnetit (Fe_3O_4), Haematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$), Goethit ($\alpha\text{-FeO(OH)}$), Limerit (Brauneisenerz, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n \text{H}_2\text{O}$), Siderit (FeCO_3) und Pyrit (FeS_2).

Die zehn größten Eisen-Produzenten, allen weit voran China, kontrollieren über 90% des Weltmarktes (Abbildung 2). Dabei schreitet die Konzentration auf wenige Länder mit riesigen Erzvorkommen voran. In den letzten Jahren beeinflusste vor allem das wirtschaftliche Wachstum Chinas den internationalen Roheisen-Markt. In China werden bis 2008 noch hohe Investitionen in Erzabbau und in die Stahl-Gewinnung erwartet. Zwischen 1867 und 2003 stieg die weltweite Eisen-Produktion von 22 000 auf 640,8 Mio. Tonnen an (Abbildung 3).

1975 schätzte man die Weltreserven noch auf 100 Milliarden Tonnen Erz. 1988 betrug die weltweite Erz-Förderung etwa 1 Milliarde Tonnen. In Deutschland war bis in die 1930er Jahre das Siegerland das bedeutendste Abbau-Revier. 1961 erreichte die Eisenerz-Förderung in Salzgitter mit 19 Mio. Tonnen und 5 Mio. Tonnen Eisen-Inhalt ihre größte Ausbringung. 1987 schloss die letzte deutsche Erzgrube in der Pfalz.

Abbildung 1: Schnitt durch die Erdkugel mit eisenhaltigem Kern.



Der Autor

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





Abbildung 2: Die zehn größten Roheisen-Produzenten 2005.

Aus den 30 bis 50%igen Eisenerzen erfolgt die Reduktion zum Metall in Hochöfen mittels Koks, Kalk und Luft. Im Hochofen herrschen Temperaturen von 2300°C unten und ca. 250°C im Abgas oben.

Der Kalk wird thermisch bei etwa 900°C zu Kalziumoxid zersetzt:



Das Kalziumoxid verbindet sich mit dem Silikat des Eisenerzes zu Kalziumsilikat, CaSiO_3 , das bei etwa 1200°C schmilzt.

Für die Reduktion der Eisenoxide im Erz sorgt der Koks, oder genauer gesagt: das sich aus der Kohle bildende Kohlenmonoxid CO: Hierbei ist das BOUDUARD-Gleichgewicht zwischen Kohle, Kohlenmonoxid und Kohlendioxid von entscheidender Bedeutung. Wie sich das Gleichgewicht in Abhängigkeit von der Temperatur einstellt, zeigt die Abbildung 4. Dieses Gleichgewicht spielt auch bei der Herstellung von Generator-Gas eine Rolle.

In den Schichten des Hochofens laufen die Umsetzungen der Eisenoxide mit dem Kohlenmo-

noxid als Reduktionsmittel ab, wobei die Haematit-Verhüttung endotherm zum Magnetit verläuft und die Magnetit-Reduktion exotherm zum Eisen (II)-oxid (Wüstit) folgt. Die weitere Reduktion zum Metall nimmt wieder Wärme auf:



Im flüssigen Eisen lösen sich noch maximal 4,3% Kohlenstoff. Dadurch sinkt der Schmelzpunkt von 1539°C auf 1150°C ab.

Das so gewonnene Roh-Eisen enthält neben dem Kohlenstoff noch Silizium, Schwefel, Phosphor, Mangan und andere Elemente. Durch Auf- oder Durchblasen von Luft durch die Eisen-Schmelze im „Herdfrischverfahren“ oder „Windfrischverfahren“ oxidiert der Sauerstoff diese Beimengungen und sie sammeln sich in der Oberflächen-Schlacke.

Abbildung 3: Weltweite Eisen-Produktion inklusive Schrott-Recycling (idealisierte Kurve).

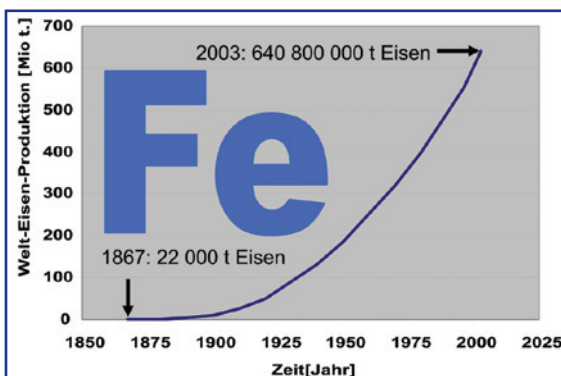


Abbildung 4: Gleichgewicht zwischen Kohlenstoff und seinen Oxiden im Eisen-Hochofen.

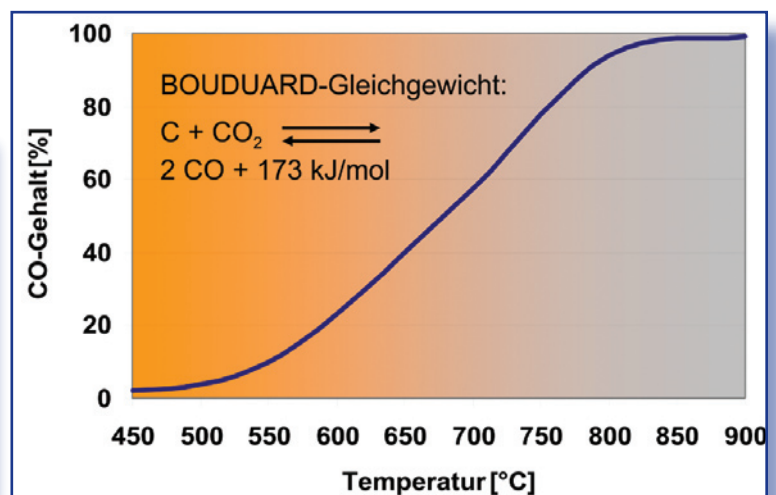




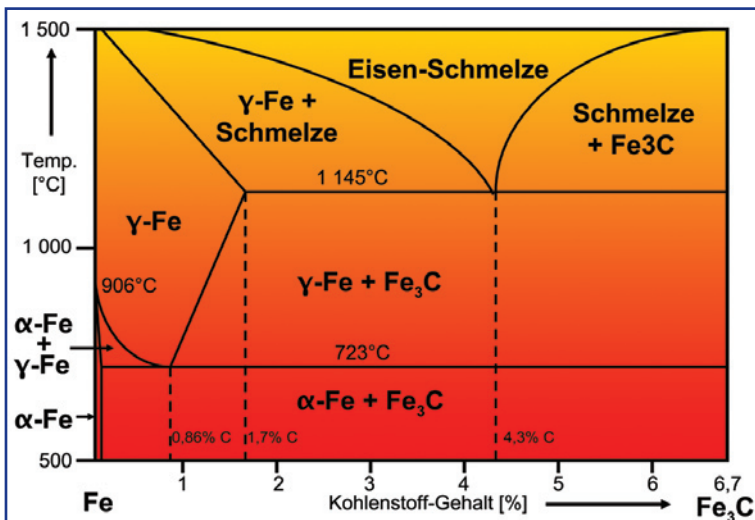
Abbildung 5: „Atomium“, Brüssel: kubisch raumzentrierte Eisen-Elementarzelle in 165-milliardenfacher Vergrößerung (9 Kugeln à 18 Meter Durchmesser, in diagonaler Aufstellung; Höhe: 102 Meter). Das Bild zeigt das Atomium zur Zeit der Weltausstellung im Sommer 1958, für die es errichtet wurde. Es wurde als Symbol für das Atomzeitalter und die friedliche Nutzung der Kernenergie entworfen (Foto: H. Krumnack).

Das Roheisen mit Kohlenstoff-Gehalte unter 1,7% wird zum duktilen, schmiedbaren Stahl.

Stähle: „Hart wie KRUPP-Stahl“

Als 1200 v. Chr. die Zeit der relativ edlen, aber relativ weichen Bronze durch das harte, preiswerte Eisen ersetzt wurde, war man noch weit von der Stahl-Erzeugung entfernt. Nachdem die ersten Eisen-Gegenstände wohl aus Meteoriten hergestellt wurden, führten die frühesten Verhüttungen, die Archäologen auf das achte vorchristliche Jahrhundert in China datierten, zu „Schwammeisen“. Zumindest einige Waffenschmiede verstanden sich

Abbildung 6: Zustands-Diagramm des Eisens mit zunehmendem Kohlenstoff bis zum Zementit, Fe₃C.



in der anschließenden Behandlung mit Holzkohle, wodurch Stahl entstand.

Stammt der Begriff „Eisen“ aus dem keltischen *isara* = kräftig, dem mittelhochdeutschen *isen*, dem gotischen *eisarn*, dem indogermanischen *eison* = glänzend und dem lateinischen *aes* = Erz, so kommt der Name „Stahl“ aus dem Germanischen. Eisen ist mit 95% das auf der Welt meistverwendete Metall, und Stahl begleitet, so auch wie kein anderes Metall, die Menschen durch das Industrie-Zeitalter.

Für die Weltausstellung 1958 in Brüssel wählte Belgien, symbolisch für die heimische Stahl-Industrie, das von André Waterkeyn vorgeschlagene riesige, Respekt einflößende Modell einer kubisch raumzentrierten Elementarzelle, die er selbst das „Atomium“ nannte, und vor allem die Elementarzelle des Eisens darstellt (Abbildung 5). Das noch heute mit Ausstellungen in den riesigen Kugeln zum Aufbau der Materie versehene Wahrzeichen Brüssels realisierten privatwirtschaftlich die drei Industriegruppen der Eisenhütten, der Fabrimétal und der Nichteisenmetalle.

Für die Stahl-Erzeugung hat das Zustandsdiagramm von Eisen und Kohlenstoff eine große Bedeutung (Abbildung 6): während Gusseisen noch bis zu 6,67% Kohlenstoff enthält, ist er beim Stahl auf 2,06% begrenzt, um die plastische Verformbarkeit zu erhalten.

In Deutschland sind alleine an die 7500 Stahlsorten genormt: je nach Beimengung an Legierungs-Metallen ändern sich die Eigenschaften der Stähle (Abbildung 7): die Härte wird am besten durch Kohlenstoff erreicht, für die Durchhärbarkeit sorgt am besten das Nickel und für zunderfeste Ofenstähle haben sich die silizium- und die chromlegierten Stähle bewährt.

Eine weitere gewünschte Eigenschaft ist die Magnetstärke, die unter den permanent ferromagnetischen Metallen Eisen, Kobalt, Nickel zu optimieren ist.

Abbildung 7: Einfluss der Legierungs-Elemente auf die Eigenschaften des Stahls [x].

Eigenschaften	C	Si	Mn	Cr	Ni	V	Mo	W
Zugfestigkeit	●	●	●	●	●	●	●	●
Dehnung	●	●	●	●	●	●	●	●
Kerbschlagarbeit	●	●	●	●	●	●	●	●
Dauerfestigkeit	●	●	●	●	●	●	●	●
Warmfestigkeit	●	●	●	●	●	●	●	●
Härte	●	●	●	●	●	●	●	●
Elektrischer Widerstand	●	●	●	●	●	●	●	●
Durchhärbarkeit	●	●	●	●	●	●	●	●
Korrosionsbeständigkeit	●	●	●	●	●	●	●	●
Zunderbeständigkeit	●	●	●	●	●	●	●	●
Schweißbarkeit	●	●	●	●	●	●	●	●
Schmiedbarkeit	●	●	●	●	●	●	●	●

senkt ← erhöht

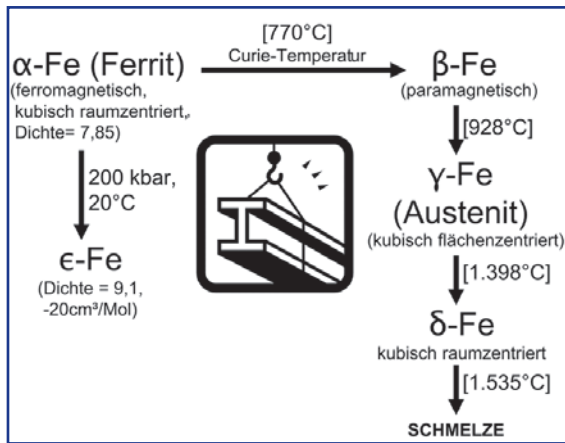


Abbildung 8: Modifikationen des Eisens.

Die Friedrich Krupp GmbH wurde in Essen 1811 als Gußstahl-Fabrik gegründet und wuchs durch seine hohe Qualität an Sonderstählen, seinen Maschinenfabriken, seiner Stahl AG in Bochum, Krupp Lönrho GmbH in Düsseldorf und vieler anderer Aktivitäten zum weltweiten Symbol-Unternehmen des deutschen Wirtschaftswunders.

Eiserne Geschichte: von den Schwertern bis zum Stahlbeton

Die wirtschaftliche Herstellung des Eisens kannten bereits die Hethiter auf dem Gebiet der heutigen Türkei, die auch den Aufstieg in der Zeit von 1600 bis 1200 v. Chr. begleitete.

Mit dem Untergang des Hethiter-Reiches ab 1200 v. Chr. verbreitete sich die Material-Überlegenheit des Eisens gegenüber der Bronze besonders bei den Schwertern und anderer Waffen sowie der Rüstung.

Nach ersten Erfahrungen mit der Bearbeitung von Meteoriten in China entwickelten Metallurgen um 550 v. Chr. die ersten Hochöfen zur Herstellung von Gusseisen.

Das Geheimnis der Schwerter, das die Schmiede des Mittelalters hüteten, lag in der Lamellentechnik, auch Damaszenerntechnik genannt: So wie ich mit der Kante eines Stapels von zehn Blatt Kopierpapier besser schneiden kann als mit einer gleich dicken Pappe so führte diese zu Lamellen zusammenschmiedeten „Zauber-Schwerter“ zum Ruhme seiner Besitzer. Dieses Geheimnis war auch den Samurais und anderen Kriegsvölkern bekannt.

Schweden war das erste europäische Land, in dem seit dem 15. Jahrhundert Gusseisen erzeugt wurde. Der Bedarf an Kanonenkugeln unterstützte die schnelle Verbreitung der Eisen-Verhüttung im ganzen mittelalterlichen Europa.

Erst als die Wälder abgeholzt waren, entwickelten die Engländer das Alternativ-Verfahren der

Verhüttung mit Steinkohlen-Koks, statt mit Holzkohle. Dieser Wechsel des Reduktionsmittels für die Eisenerze vollzog sich parallel zur Entwicklung der Dampfmaschine, von der James Watt 1765 das erste funktionsfähige Exemplar konstruierte, und startete gemeinsam die industrielle Revolution.

Ein weiterer revolutionärer Meilenstein des Eisens ist die Verbindung mit dem Beton. Die Idee des Stahlbetons erblickte zögerlich das Licht der Welt: der Gärtner Joseph Monier (1823-1906) versuchte ab 1849 seine dicken Zement-Blumenkübel mit eingebetteten Drahtgeflechten und durch weniger Zement leichter und trotzdem stabil zu machen. Man erkannte schnell die Idee für den Betonbau nach der Monier-Bauweise, da Stahl und Beton die gleiche thermische Ausdehnung haben. Heute ist dieser Verbundwerkstoff in der Hoch- und Tiefbau-Wirtschaft jeglicher Ausführungen überhaupt nicht mehr wegzudenken.

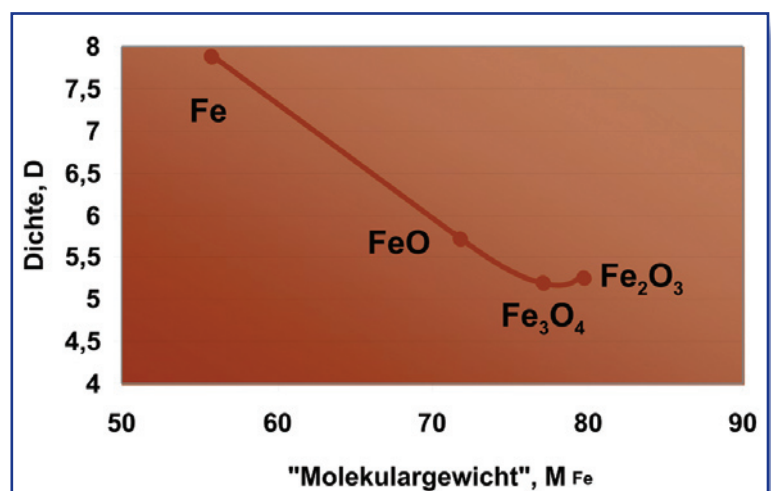
Chemie des Eisens

Das chemische Symbol Fe für Eisen leitet sich von der lateinischen Bezeichnung *ferrum* ab. Die natürlichen Isotope 54 (5,82%), 56 (91,66%), 57 (2,19%) und 58 (0,33%), alle mit der Ordnungszahl und Protonenzahl 26, führen zu einem Atomgewicht von 55,847.

Mit Kobalt und Nickel bildet es die ferromagnetische Eisengruppe im periodensystem der Elemente. Die Haupt-Wertigkeiten dieser Metalle sind +2 und +3. sie sind leidenschaftliche Komplexbildner, die eine vielseitige, farbenfrohe Chemie und Analytik ermöglichen. Welch ein Glück! Denn auch unser Leben ist von dieser Neigung zu sechs koordinativen Bindungen abhängig.

Metallisches Eisen in der üblicherweise vorkommenden α -Form der Dichte 7,85 g/cm³ ist in

Abbildung 9: Dichte von Eisen und seiner Oxide in Relation zu den „FeO_x“-Molekulargewichten.



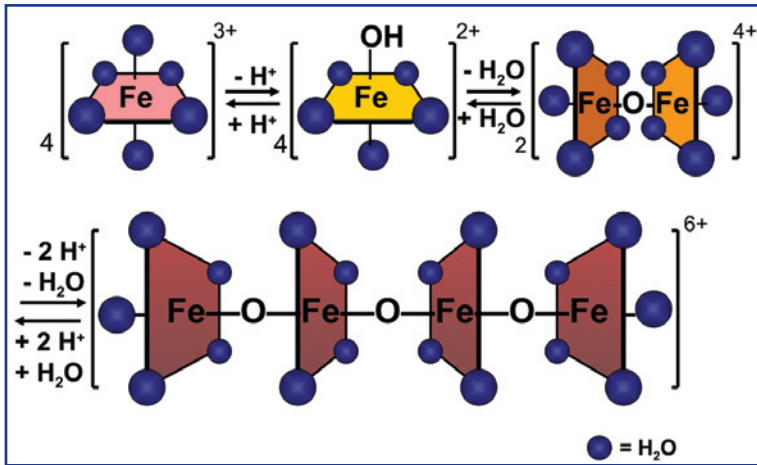


Abbildung 10: Hydrolyse vom blassrosa Eisen(III)-nitrat zu rotbraunen, Sauerstoffverbrückten, mehrkernigen Aquo-Komplexen.

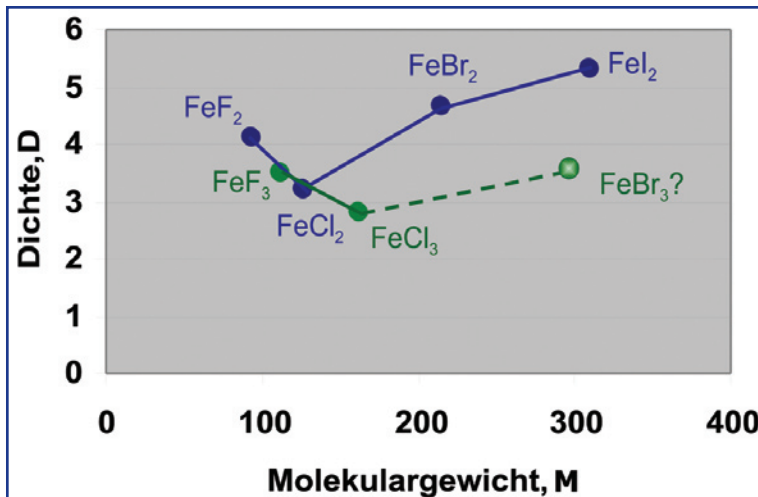
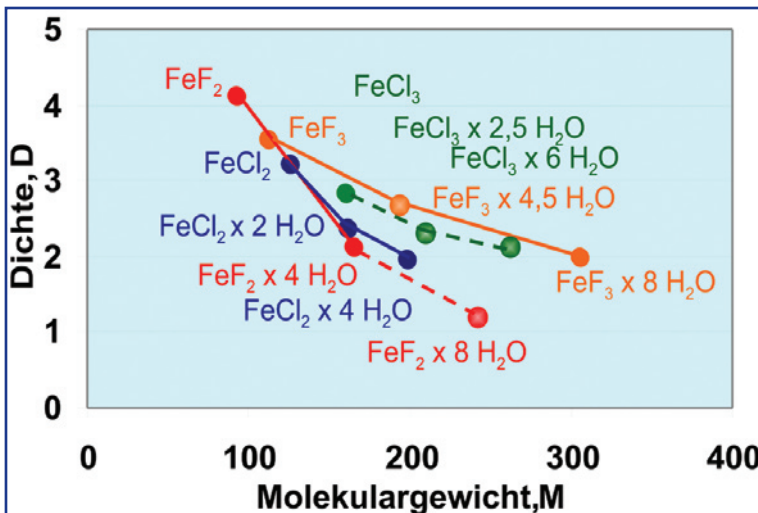


Abbildung 11: Dichte der Eisen(II)- und Eisen(III)-Halogenide in Relation zum Molekulargewicht.

Abbildung 12: Dichten der Eisen(II)- und Eisen(III)-fluoride und -chloride sowie Ihre Hydrate in Relation zum Molekulargewicht.



seiner Elementarzelle kubisch raumzentriert wie das Atomium in Brüssel mit einer Kantenlänge von 0,286 nm. Unter Druck und/oder hoher Temperatur geht es in die kubisch dichte oder flächenzentrierte γ -Modifikation über.

Noch höhere Drücke führen zur ϵ -Modifikation mit einer Dichte von 9,1 g/cm³ (Abbildung 8).

Reines Eisen in Pulverform, wie es durch Reduktion der Oxide im Wasserstoffstrom oder thermische Zersetzung der Carbonyle hergestellt wird, zeigt sich an Luft selbstentzündlich (= pyrophor) und wirkt selbst als starkes Reduktionsmittel.

Bis zu einer Temperatur von 769°C, dem Curie-Punkt, ist Eisen ferromagnetisch, darüber paramagnetisch.

Eisen lässt sich mit Kohlenstoff, aber auch mit Stickstoff und Bor so stark härten, dass es als Welle, Kolben, Sägeblatt extrem verschleißfest wird.

Die wichtigsten technischen Eisensalze stellen die Oxide, Halogenide und Sulfate dar:

Das magnetische Doppeloxid, der Magnetit, „ $FeO \times Fe_2O_3 = Fe_3O_4$ “, ist in der unbelebten Natur als Mineral und in der belebten als orientierte, kettenförmige Nanopartikel (20-50 nm) in den unterschiedlichsten Tieren von Bakterien bis zu den Zugvögeln in den letzten Jahren gefunden worden.

Die Oxide liegen mit dem Eisenmetall nicht exakt auf einer geraden Beziehung zwischen Dichte und Molekulargewicht (Abbildung 9), da die Oxide unterschiedliche Strukturen haben. Das Molekulargewicht wurde dabei auf ein Atom Eisen bezogen: $Fe - FeO - FeO_{4/3} - FeO_{3/2}$.

Daneben sind auch wasserhaltige Eisenoxide, Carbonate und Sulfide so reichhaltig an der Erdoberfläche als Bodenminerale anzutreffen, dass sie hauptsächlich als Ausgangserz für die Stahlherstellung dienen. Auch Eisensilikate, wie der Olivin, $FeSiO_3$, eignen hervorragend für die Verhüttung, da sie den Schlackebildner Quarz/ Sand gleich im Molekül mitbringen.

Blassrosa-farbene Eisen(III)-nitrat-Lösungen färben sich mit der Zeit zum Rotbraunen hin. Es haben sich schwerlösliche Eisen(III)-oxid-Hydrate gebildet (Abbildung 10), die mit starken Säuren wieder in die Hexa-aquokomplexe zurückreagieren.

Auch die Eisen-Halogenide unterliegen einer analogen Hydrolyse. Ihre Dichte-Relationen zum Molekulargewicht zeigen einen zackigen Verlauf, der dennoch zur Abschätzung von unbekanntem Dichten der zwei- und dreiwertigen Halogeniden herangezogen werden kann (Abbildung 11). Ähnliches gilt für die zahlreichen Hydrat-Verbindungen der Eisenhalogenide (Abbildung 12).

Hauptsächlich aus Reduktionen mit metallischem Eisen entsteht als Nebenprodukt che-

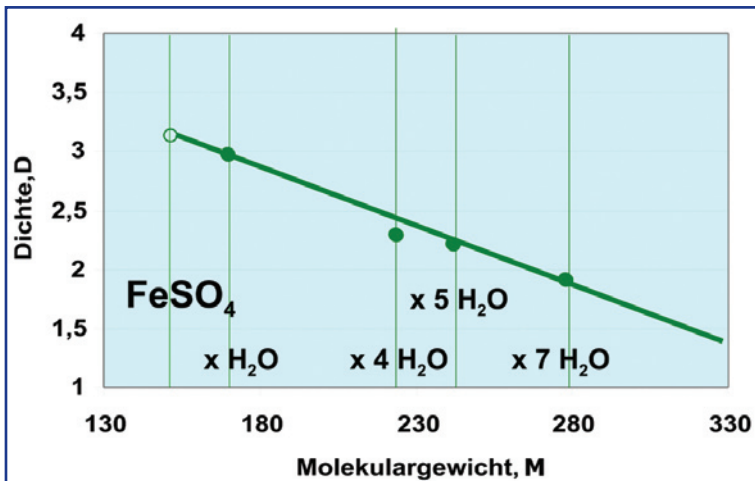


Abbildung 13: Dichten von Eisen(II)-sulfat und seiner Hydrate in Relation zum Molekulargewicht.

mischer Reaktionen das „Grünsalz“, das grünliche Eisen(II)-sulfat-heptahydrat.

Es sind aber auch andere Hydrat-Zwischenstufen isolierbar, deren Dichte-Molekulargewicht-Relation geradlinig verläuft und damit auch eine Extrapolation auf die Dichte des wasserfreien Salzes zulässt (Abbildung 13). Die Salze dienen schon seit dem Altertum zur Wundbehandlung und zum Schwarzfärben von Leder. Weitere Einsatzgebiete wurden in Färberei-Beizen, in der Unkrautbeseitigung auf Äckern sowie zur Herstellung von Tinten gefunden.

An der Luft oxidiert sich das zweiwertige Salz mit der Zeit zum gelben dreiwertigen Eisensulfat, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$. Die Oxidation wird in Kombination mit Ammoniumsulfat als Doppelsalz („MOHR'sches Salz“), $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$, erheblich verlangsamt.

Dreiwertiges Eisensulfat bildet mit Alkalimetall- und Ammoniumsulfaten ametystfarbene gut kristallisierende oktaedrische oder würfelige Alaune der allgemeinen Formel $[\text{Kation(I), Metall(III)}](\text{SO}_4)_2 \times 12\text{H}_2\text{O}$. Die Dichte-Molekulargewicht-Relationen verlaufen bei den Alkalimetallen als Kation mit Eisen als Metall geradlinig (Abbildung 14), während das Ammonium-Eisen-Alaun mit einer Dichte von 1,71 ($M = 482,2$) davon deutlich abweicht.

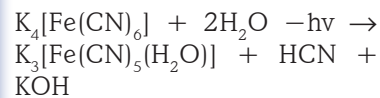
Aber auch die Kalium-Alaune der verschiedenen dreiwertigen Metalle liegen gut auf einer Geraden $D = f(M)$, wobei diese Metalle die Farbe der Alaune bestimmen (Abbildung 15).

Aus der chemischen Analytik und der Färberei kennen wir die Cyanoferrate mit dem zweiwertigen- und dem dreiwertigen Eisen, das gelbe- und das rote Blutlaugensalz.

Der Name entstammt der Zeit vor der Blausäure-Synthese durch Andrussow. Es wurde noch im 20. Jahrhundert aus blutigen Schlachthaus-Abfällen, Eisenspänen und Pottasche (K_2CO_3) hergestellt.

Die Dissoziation dieser Cyanoferrate ist so gering, dass sie früher zur Cyanid-entgiftung galvanischer Bäder dienten. Im Sonnenlicht zersetzen sich die Komplexe jedoch unter Cyanid-Abspaltung bis zu den Eisenhydroxiden.

Der erste Schritt lässt sich durch folgende Gleichung beschreiben:



Die Cyanoferrate bilden mit Schwermetallen schwerlösliche Verbindungen. Sie sind als Schönungsmittel bei der

Wein-Herstellung zugelassen und beseitigen sogar Schwermetall-Spuren bei der Edelmetall-Reinigung.

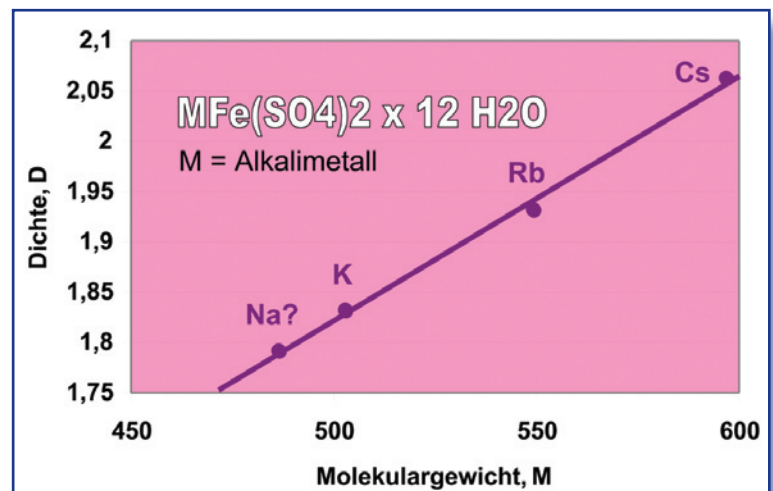
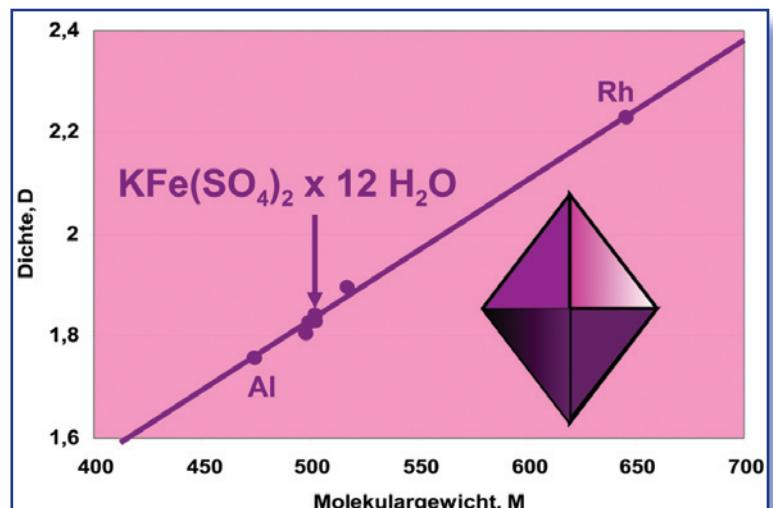


Abbildung 14: Dichte-Molekulargewicht-Relation der Alkali-Eisen-Alaune.

Abbildung 15: Dichten der Alaune im Verhältnis zum Molekulargewicht: vom Kalium-Aluminium- bis zum Kalium-Rhodium-Alaun.



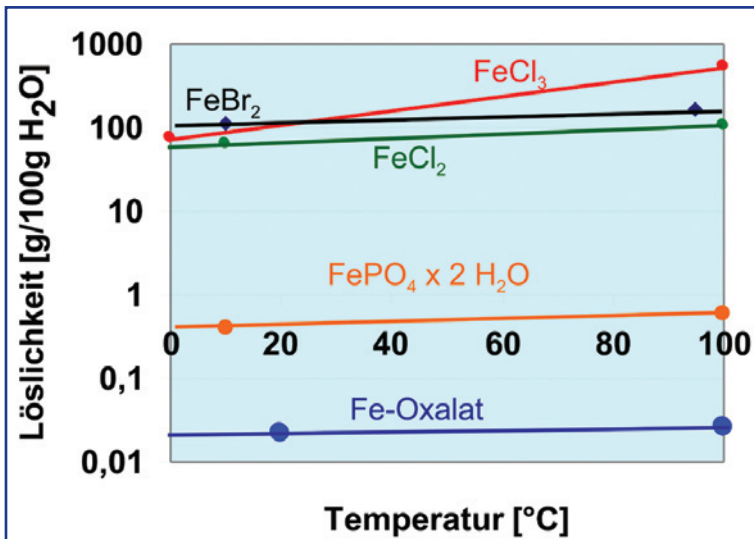
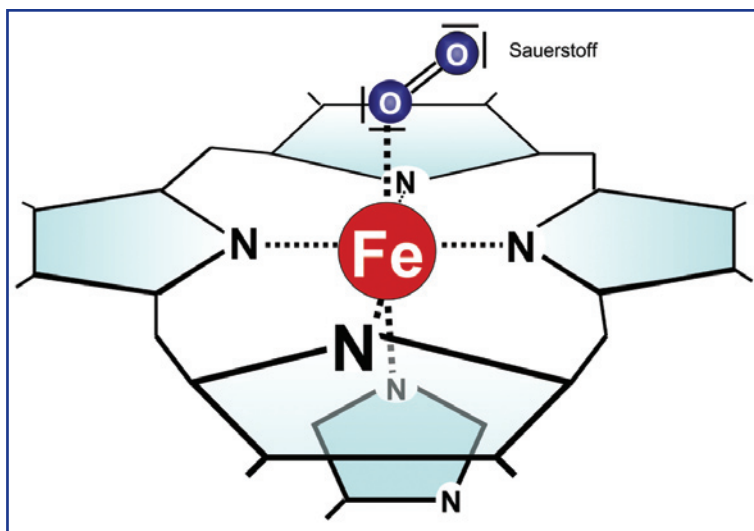


Abbildung 16: Löslichkeiten einiger Eisen-Salze.

Auch Diethylentriammonium- und Triethylentetraammonium-Kationen führen zu entsprechenden 1:1-Ionenpaaren, die in Wasser schwerlöslich sind. Triethylentetraammoniumchlorid bildet in unerwarteter Weise mit gelbem Blutlaugensalz, $K_4[Fe^{II}(CN)_6]$ auch einen nahezu farblosen Niederschlag der Formel $H_3N^+ \cdot C_2H_4 \cdot NH_2^+ \cdot C_2H_4 \cdot NH_2^+ \cdot C_2H_4 \cdot [-NH_2 \cdot Fe^{II}(CN)_6]^{3-}$: eine Amin-Gruppe tritt an die Stelle eines Cyanid-Liganden. Konzentrierte Ammoniak-Lösungen verdrängen ebenfalls eine Cyanid-Gruppe aus dem Hexacyanoferrat(II)-Komplex.

Mit Eisen-Kationen bildet sich „Berliner Blau“, das der Berliner Färber Diesbach 1704 entdeckte. Aus Einkristallen konnte die Struktur 1977 aufgeklärt werden [Inorg. Chem. 16 (1977) 2704]: in einem dreidimensional kubischen Gitter wechseln zwei- und dreiwertiges Eisen in allen drei Richtungen mit dazwischen liegendem Cyanid ab.

Abbildung 17: Zentrum des roten Haem-Moleküls in den roten Blutkörperchen (ohne konjugierte Doppel-Bindungen).



Analytisch ist noch die Reaktion des dreiwertigen Eisen-Kations mit Rhodaniden zu nennen: $3KSCN + FeCl_3 \rightarrow Fe(SCN)_3 + 3KCl$.

Das Eisenrhodanid, auch als $Fe[Fe(SCN)_6]$ beschrieben, lässt sich von der wässrigen Phase durch Ausethern trennen.

Da die Stabilität des Komplexes für eine fotometrische Bestimmung nicht sehr hoch ist, bevorzugen Analytiker andere farbgebende Chelate, wie 1,10-Phenanthrolin und seine Derivate (Organische Reagenzien für die Spurenanalyse, Merck, Darmstadt).

Stört Eisen bei der Analyse anderer Metalle, hat sich die Komplexbildung zu dem farblosen Hexafluoroferrat(III), $[FeF_6]^{3-}$, bewährt.

Heute treten an Stelle der chemischen Analysen fast ausschließlich physikalische Nachweis-Methoden, wie Röntgenfluoreszenz- und ICP-Analyse (Induced Coupled Plasma).

Neben den schwerlöslichen Schwermetall-Hexacyanoferraten und einiger ebenfalls in der gravimetrischen Analytik verwendeten Neutral-Komplexe, wie Tris-(8-hydroxychinolin-eisen(III)), werden technisch auch die Schwerlöslichkeit der Phosphate und Oxalate zum Einsatz gebracht (Abbildung 16).

Eiserne Herausforderungen

Das Eisen-Zeitalter hat uns mit seinen Ferro-Materialien bis in die heutigen Tage begleitet. Auch in Zukunft sind Fahrzeuge und Bauwerke sowie Industriebehälter und -gerätschaften, Haushaltsgegenstände und vieles andere ohne Eisen kaum vorstellbar. Zwei Probleme sind jedoch in der bisher über dreitausendjährigen Geschichte des Eisens in menschlicher Hand nicht befriedigend gelöst: das Vermeiden von Rost und das Recycling von alkalischem Eisenhydroxid.

Rosten macht Kosten

Vorsichtige Schätzungen haben ergeben, dass die Folgekosten durch Rosten nahezu die dreifachen Kosten verursachen, wie die Herstellung des Eisens aus dem Erz.

Der Rostschutz an Schiffen, Schienen- und Straßenfahrzeugen, sowie an Gebäuden und die Neubeschaffungen belaufen sich auf über 75 Milliarden US-Dollar, während die jährlichen Produktionskosten sich weltweit zu etwa 25 Mrd. aufaddieren.

Andere Zahlen besagen, dass Deutschland allein mit Rostschäden von 3-4% des Bundesinlandproduktes (BIP) rechnet, das im Jahre 2007 immerhin 2423 Milliarden Euro betrug. Allerdings ist zum Rosten eine gewisse Feuchte Voraussetzung. In trockenen Gebieten dieser Erde haben sich

Eisen-Statuen über Jahrhunderte nahezu rostfrei gehalten.

Die Fortschritte an rostgeschützten Kraftfahrzeug-Karosserien erkennt man an der gestiegenen Rostschutz-Garantie. Allerdings sind die verzinkten Karosserien auch wieder schwieriger zu recyceln.

Eisenhydroxid: Recycling-Abschied!

Einen besonders hohen Eisengehalt liefern die Rotschlämme aus der Aluminiumoxid-Gewinnung nach dem BAYER-Verfahren. Eisen ist Hauptbestandteil neben Aluminium in Bauxiten, dem mineralischen Sedimentgestein zur Aluminium-Gewinnung. Durchschnittliche Gehalte liegen bei 60 G-% Al_2O_3 und über 20% Fe_2O_3 .

Bei der Bauxit-Aufarbeitung bringt konzentrierte Natronlauge unter Druck und ca. 160°C das Aluminium als Natriumaluminat in Lösung, während der Rotschlamm in relativ reiner Form im Niederschlag zurückbleibt.

Eine Verhüttung dieses Eisens, das in Trockne hochhaltiger als die meisten Eisenerze anfällt, ist einzig durch den hohen Alkaligehalt aus dem Aufschluss nicht möglich. Bisher ist keinem Chemiker ein Verfahren gelungen, die üblichen Gehalte von ca. 5% Rest-Alkali (Na_2O) in wirtschaftlicher Weise unter 0,5% zu senken. Bei höheren Alkaligehalten leidet das Mauerwerk der Stahl-Hochöfen zu stark.

Der Eisenhydroxid-Schlamm bindet die Natronlauge relativ fest, und dass die Filtration dieser Rotschlämme schon so manchen Analytiker zur Verzweiflung brachte, ist ebenfalls bekannt.

So türmen sich die Halden voller unbrauchbarer Rotschlämme überall dort, wo Bauxit aufgeschlossen wird, seit über zehn Jahren zwar nicht mehr weiter in Deutschland, jedoch in Australien, Guinea und Jamaika, den Orten der größten Aluminiumerz-Vorkommen.

Unser eisernes Blut

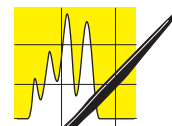
Die Versorgung der Säugetier- und Menschenkörper mit Sauerstoff vollzieht sich am Eisen, das fünfmal mit Stickstoffbasen koordiniert ist und von Polypeptidketten umgeben ist. Ein wunderbares Transport-Medium für den Sauerstoff, der die semipermeablen Membrane der Lungenbläschen durchdringt, um von den in Eiweiß-Knäulen eingeschlossenen Eisenzentren erfasst und über die Adersysteme binnen kürzester Zeit im gesamten Körper bedarfsgerecht verteilt zu werden.

Die Farbzentren des Blutes, die Häm-Komplexe bestehen aus einem substituierten planaren Porphyrin-Ring mit vier am Eisen koordinierten Stickstoffbasen und einem substituierten Histidin. Dieses eisenhaltige Farb- und Aktionszentrum ist schematisch in Abbildung 17 dargestellt.

Eisen ist für den Menschen also ein essentielles Element. Er lebte schon immer in der Eisenzeit. Sein Tagesbedarf liegt bei 20 mg Eisen. Es ist besonders reichhaltig in Leber und Fleisch zu finden. Vegetarier müssen sich an Vollkorn-Getreideprodukte und Hülsenfrüchte halten, die ebenfalls genügend Eisen für den Tagesbedarf liefern. Ascorbinsäure (Vitamin C) erhöht die Eisenaufnahme des Körpers aus der Nahrung deutlich, während sie ein gleichzeitiger Verzehr von Milchprodukten hemmt.

Auf der anderen Seite schadet zu viel Eisen unserem Körper: ab 2,5 g Eisen im Blut treten bei erwachsenen Personen ernsthafte Vergiftungen auf, bei Kleinkindern bereits ab 1 g. Drei Gramm Eisen können bei einem zweijährigen Kind schon tödlich sein. Eisenpräparate oder die bekannte Selbst-Medikation mit Eisennägeln im Apfel sind nur bei Eisenmangel nach Rat eines Arztes zu empfehlen, zumal der Körper das Eisen bei einer Überversorgung nicht mehr aus der Nahrung entnimmt.

CLB



AUFsätze



CLB – Memory

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

März 2008

Richtlinie zur Qualität ärztlicher Labor-Untersuchungen

Vor- und Nachbereitung der Proben im Visier

Die Qualität laboratoriumsmedizinischer Untersuchungen soll in Zukunft umfassender als bisher überwacht werden. Das regelt eine neue Richtlinie der Bundesärztekammer.

Die Richtlinie erweitert die schon vorher vorgeschriebenen regelmäßigen Kontrollmessungen innerhalb eines Labores sowie Vergleichsmessungen zwischen mehreren Laboren. Kernpunkte sind eine stärkere Regelung der Vor- und Nachbereitung der Laborproben sowie die Grundlagen eines Qualitätsmanagements. Außerdem betrifft sie deutlich mehr Messverfahren: Galten bisherige Regelungen vor allem für den klassischen Bereich der klinischen Chemie, so sind jetzt alle quantitativen Messverfahren einbezogen, also beispielsweise auch Messungen zur Untersuchung von Krankheits-erregern oder in der Spermatologie. Die Richtlinie tritt – mit großzügigen Übergangsregelungen – zum 1. April 2008 in Kraft.

Bereits 1971 wurde eine erste Richtlinie der Bundesärztekammer verabschiedet, die für Laboratorien der klinischen Chemie vorschreibt, in regelmäßigen Abständen Kontrollprobenmessungen vorzunehmen und darüber hinaus an Ringversuchen (externen Kontrollmessungen) teilzunehmen. Die Richtlinie ist in den folgenden Jahren mehrfach aktualisiert und an die wissenschaftliche und technische Entwicklung angepasst worden. Mit der letzten großen

Novelle des Medizinproduktegesetzes im Jahre 2002 wurde nicht nur durch die Einführung des Paragraphen 4a in der Medizinprodukte-Betreiberverordnung eine neue Rechtsgrundlage für die Richtlinie der Bundesärztekammer geschaffen, sondern es wurde auch – im engen Konsens mit dem zuständigen Fachreferat des Bundesministeriums für Gesundheit sowie den Überwachungsbehörden für die Medizinprodukte – der Anstoß zu einer neuen Konzeption der Qualitätssicherung laboratoriumsmedizinischer Untersuchungen gegeben.

Auf Beschluss des Vorstandes der Bundesärztekammer vom August 2002 wurde eine Arbeitsgruppe ins Leben gerufen, in der alle betroffenen Kreise beteiligt waren, um dieses neue Gesamtkonzept einer umfassenden Qualitätssicherung bis hin zum Qualitätsmanagement für laboratoriumsmedizinische Untersuchungen zu erarbeiten. Nach einem mehrjährigen und mehrstufigen Beratungsprozess hat schließlich im November 2007 der Vorstand der Bundesärztekammer die neue „Richtlinie der Bundesärztekammer zur Qualitätssicherung laboratoriumsmedizinischer Untersuchungen“ verabschiedet.

In einem allgemeinen Teil (Teil A) werden grundlegende Anforderungen an die Struktur, die notwendigen Ressourcen und ein Qualitätsmanagementsystem für laboratoriumsmedizinische Untersuchungen formuliert. Diese

Anforderungen gelten nicht nur für die „großen“ Laboratorien in Kliniken und bei Fachärzten für Laboratoriumsmedizin, sondern in jeweils an die konkreten Verhältnisse angepasster Form für alle Bereiche, in denen laboratoriumsmedizinische Untersuchungen durchgeführt werden.

Ein wesentlicher Kern der grundlegenden Anforderungen an die Qualitätssicherung laboratoriumsmedizinischer Untersuchungen ist natürlich die Analytik in engerem Sinne – nun allerdings ergänzt um Anforderungen an die Präanalytik und die Postanalytik. Die Erfahrungen im Bereich laboratoriumsmedizinischer Untersuchungen haben gezeigt, dass ein nicht zu vernachlässigendes Fehlerpotenzial schon vor der Durchführung der Analytik vorhanden ist, und dass auch bei der richtigen Zuordnung der Ergebnisse und deren Interpretation Fehler vorkommen können. Deshalb ist in dem neuen Konzept das Labor verpflichtet, diese Bereiche zu regeln.

Die allgemeinen Anforderungen im Teil A der neuen „Rili-BÄK“ gelten ferner für alle laboratoriumsmedizinischen Untersuchungen. Damit geht die neue Richtlinie deutlich über den bisher abgedeckten Bereich hinaus. Spezifische Anforderungen werden dann in speziellen Teilen (B1, B2, B3 usw.) geregelt. An der Aufstellung der neuen Richtlinie war die Physikalisch-Technische Bundesanstalt schon vom Konzept her beteiligt. *Erika Schow (PTB)*

Modellversuch für Schüler und Studenten

Metallabrieb durch Hautkontakt

Volker Wiskamp und Wolfgang Proske

Durch mechanischen Abrieb und durch die Einwirkung des auf der Haut befindlichen leicht sauren Schweißes können Metallionen aus metallischen Gegenständen (Münzen, Modeschmuck) freigesetzt werden und in die Haut diffundieren [1]. Dann kann es zu einer allergischen Kontaktdermatitis, zum Beispiel der „Nickelkrätze“, kommen, bei der das Immunsystem auf die durch die Metallionen veränderten Proteine reagiert [2].

Um Schüler und Studenten für diese Problematik zu sensibilisieren, eignen sich die im Folgenden beschriebenen Modellversuche.

Dabei werden verschiedene eisen-, zink-, nickel- und kupferhaltige Gegenstände mit künstlichem Schweiß behandelt und die solubilisierten Metallionen durch Komplexbildung mit zwei- oder dreizähligen Chelatliganden (Abbildungen 1 und 2), die auch in der Spurenanalytik von

Wasserinhaltsstoffen verwendet werden, nachgewiesen, so dass die Unterrichtseinheit gleichzeitig analytisch-chemische sowie anorganisch-komplexchemische Lehrinhalte vermittelt.

Künstlicher Schweiß

20 g Natriumchlorid, 17,5 g Ammoniumchlorid, 5 g Eisessig und 15 g Milchsäure werden in Wasser gelöst, und die Lösung wird im Maßkolben auf ein Volumen von 250 ml aufgefüllt.

Unmittelbar vor der Durchführung der folgenden Versuche wird ein Volumenteil dieses Konzentrates mit drei Volumenteilen Wasser verdünnt.

Freisetzung von Metallionen durch künstlichen Schweiß und Nachweisreaktionen

Verschiedene metallische Gegenstände (Eisennagel, Zinkgranalie, Nickelspatel, Kupferdraht, Kupferspäne oder 1-Cent-Münze) werden jeweils in einem separa-

ten Reagenz- oder Becherglas mit 10-15 ml künstlichem Schweiß überschichtet.

Am nächsten Tag wird filtriert. Von den Filtraten werden jeweils 5 ml entnommen, um die vermuteten Metallionen nachzuweisen.

Blindproben werden mit 5 ml künstlichem Schweiß und Vergleichsproben mit jeweils 5 ml 0,1%igen Lösungen entsprechender Metallsalze durchgeführt.

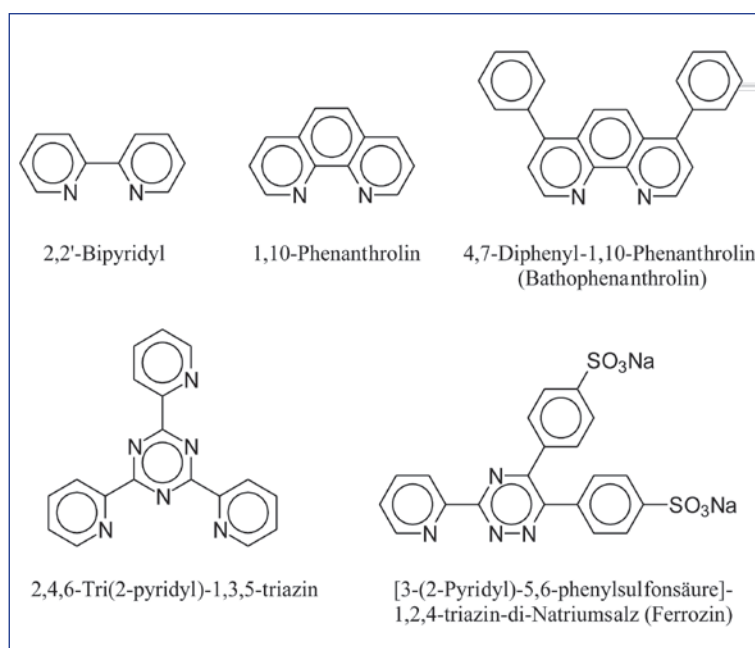
Nachweis von Eisen(II)-Ionen: 5 ml der zu prüfenden Lösung werden mit 20 Tropfen Ammoniumacetat-Pufferlösung (40 g Ammoniumacetat mit wenig Wasser anteigen und mit 50 ml Eisessig auflösen, dann mit Wasser auf 100 ml auffüllen), einer Spatelspitze Ascorbinsäure (reduziert eventuell vorliegende Eisen(III)-Ionen) und nach deren Auflösung mit 10 Tropfen 1%iger Bipyridyl- (Rosafärbung) oder Phenanthrolin- (Orangerotfärbung) oder Bathophenanthrolin- (Rosafärbung) oder Tripyridyltriazin- (Blaufärbung) oder Ferrozin-Lösung (Rotviolett färbung) versetzt.

Nachweis von Zink-Ionen: 5 ml der zu prüfenden Lösung werden mit 5 Tropfen 4%iger Natronlauge und einem Mikrospatel einer Dithizon-Verreibung (1 % in Benzoesäure) versetzt. Dann wird mit 2 ml Essigsäureethylester extrahiert (Rotfärbung der organischen Phase).

Nachweis von Nickel(II)-Ionen: 5 ml der zu prüfenden Lösung werden mit 20 Tropfen 25%iger Ammoniak-Lösung und 5 Tropfen 1%iger ethanolischer Diacetyldioxim-Lösung versetzt (Bindung eines himbeerroten Niederschlages).

Nachweis von Kupfer(II)-Ionen: 5 ml der zu prüfenden Lösung werden mit 20 Tropfen Ammoniumcitrat-Lösung (75 g Zitro-

Abbildung 1: Nachweisreagenzien für die Spurenanalytik von Eisen(II)-Ionen.



nensäure in 100 ml Wasser lösen, unter Kühlung 90 ml 25%ige Ammoniak-Lösung zugeben und auf 250 ml auffüllen) und 5 Tropfen Cuprizon-Lösung (0,5 g Cuprizon in 50 ml warmen Ethanol lösen und die Lösung mit Wasser auf 100 ml auffüllen) versetzt (Dunkelblaufärbung).

Literatur

- [1] D. Glindemann, A. Dietrich, H.-J. Staerk, P. Kuschk, Die zwei Gerüche des Eisens bei Berührung und unter Säureeinwirkung, *Angew. Chem.* 118 (2006), S. 7163-7166
- [2] W. Dekant, S. Vamvakas, *Toxikologie*, 2. Aufl., Elsevier Spektrum Akad. Verlag, München 2005

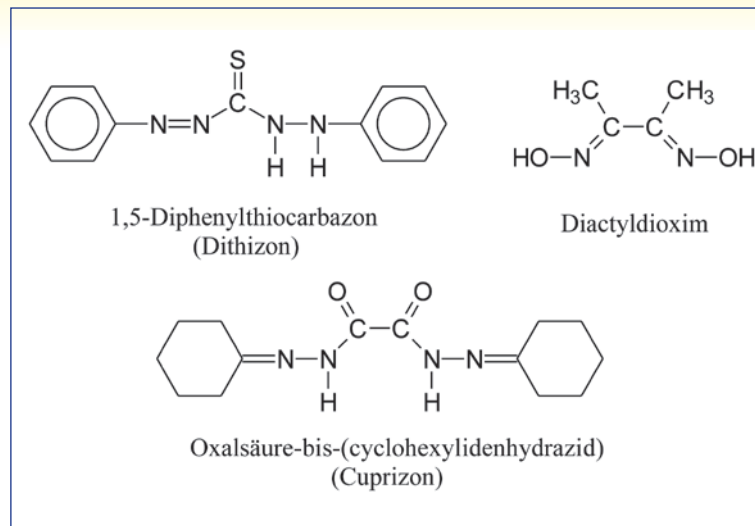


Abbildung 2: Nachweisreagenzien für die Spurenanalytik von Zink-, Nickel(II)- und Kupfer(II)-Ionen.

Fachkräftemangel bei technischen Berufen

Neues Barometer von acatech und VDI

Deutschland leidet unter einem Fachkräftemangel bei technischen Berufen, der sich in den kommenden Jahren noch verschärfen dürfte. Was aber sind die Gründe dafür, dass in den vergangenen Jahren immer weniger Studenten ein entsprechendes Studium abgeschlossen haben? Warum haben gute Berufsperspektiven den negativen Trend nicht drehen können? Antworten auf diese Fragen liefern soll das neue „Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften“, das vom Verein Deutscher Ingenieure (VDI) und acatech, der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften, durch Förderung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung entwickelt wird.

Im Bereich der Technik und Naturwissenschaften zeichnet sich seit geraumer Zeit ein beunruhigender Trend ab: in Deutschland sowie anderen Industriegesellschaften wird eine immer stärker werdende Abkehr von technischen und naturwissenschaftlichen Berufen erkennbar. Weder positive Entwicklungen am Arbeitsmarkt noch der rasante technologische Fortschritt konnten bisher eine Umkehr des spürbaren

Fachkräftemangels bewirken, der durch die demographische Entwicklung zusätzlich verschärft wird.

Um mehr Erkenntnisse darüber zu gewinnen, wie der negativen Entwicklung wirkungsvoll begegnet werden kann, reichen bisherige Erhebungen nicht aus, weil sie die Motive von Studenten und Beschäftigten kaum erfassen. Diese Informationslücken schließen soll das Projekt „Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften: Ein innovatives Instrument zum kontinuierlichen Monitoring von individuellen Motivationen und gesellschaftlichen Entwicklungen bei technisch-naturwissenschaftlichen Studiengängen und Berufen“.

Für Bundesbildungsministerin Dr. Annette Schavan ist die nachhaltige Sicherung der Fachkräftebasis im MINT-Bereich (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik) vordringliches Ziel. „Durch das Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften wird eine dringend notwendige Expertise zur Verfügung gestellt, auf deren Basis alle Verantwortlichen strategische Maßnahmen entwickeln können“, sagte die Ministerin. Projektpartner ist der Lehrstuhl für Umwelt- und Techniksoziologie der Universität Stuttgart.

Der Ansatz des neuen Barometers ist zweistufig: Das „Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften“ wird zunächst das allgemeine Image von Ingenieuren und Naturwissenschaftlern auf Grundlage bestehender empirischer Studien ermitteln. Ergänzt werden sollen diese Daten dann um subjektiv wahr genommene Gründe, die für oder gegen eine Laufbahn in den Technikwissenschaften sprechen. Erhoben werden dafür die Einschätzungen von Schülern und Studierenden sowie die Erfahrungen und Meinungen von erwerbstätigen und arbeitssuchenden, selbstständigen und freiberuflich arbeitenden Ingenieuren und Naturwissenschaftlern. Die Wissenschaftler versprechen sich von dieser Vorgehensweise nicht nur Erkenntnisse darüber, welche Informationsquellen zur Berufswahl genutzt werden und in welchem Verhältnis Erwartungen und Erfahrungen an Studium und Beruf stehen. Aufgrund der Langfristigkeit der Erhebungen – geplant sind jährliche Befragungen – soll das Barometer zugleich ein anschauliches Bild der Lage bieten und aufzeigen, welche Maßnahmen wirklich helfen können, die Situation langfristig zu verbessern.

Praxis Spezialgase (Teil 1)

Umgang mit Gasgemischen:
Handling, Anschluss, Besonderheiten

Besondere Anwendungen, zum Beispiel die Kalibrierung und Justierung von Messgeräten oder wissenschaftliche Experimente, erfordern exakt abgestimmte Gase. Zwar sind für viele Einsatzzwecke die benötigten Prüf- und Referenzgase als Standard-Gemische erhältlich (Abbildung 1). Für sehr spezielle Applikationen werden jedoch oftmals auch individuelle Gaskompositionen entwickelt.

Ein Gasgemisch wird definiert durch sein Grundgas, die Beimengung(en) sowie Angaben zu Konzentration oder Stoffmengenanteil.

Zur Sicherung des Anwendernutzens sind beim Umgang mit Gasgemischen verschiedene Aspekte zu berücksichtigen:

Abbildung 1:
Prüfgasflaschen
(alle Abbildungen
Westfalen AG).

Transport
und Lagerung

Einzelne Gaskompositionen neigen bei tiefen Temperaturen zur Entmischung. Auf den Zertifikaten der Westfalen AG finden Sie deshalb die minimale Lager-temperatur, die ab dem Zeitpunkt der Anlieferung nicht unterschritten werden sollte (Abbildung 2). Die Einhaltung dieser Angabe sichert sowohl während der Lagerung als auch beim internen Weitertransport die Qualität des Gasgemischs.

Vom Gaslager
an den „point of use“

Vielfach befinden sich Gaslager unter freiem Himmel; die hier deponierten Gebinde nehmen die jeweilige Umgebungstemperatur an. Ist der Verbrauchsort – neudeutsch „point of use“ – jedoch deutlich wärmer als der Lagerbereich, kann es zur Kondensation der Luftfeuchte auf der Zylinderoberfläche und am Flaschenventil kommen. Kritisch hierbei ist die mögliche Feuchtebildung im Inneren des Ventils (Abbildungen 3a und b):

- Bei inerten, nicht reaktiven Gasen wird die Feuchtigkeit in den Druckminderer und damit in das Verrohrungssystem der Gasversorgungseinrichtung gedrückt; es kommt zur Verunreinigung.

Beispiel: Argon 6.0 (Reinheit 99,9999 Volumen-%) hat eine maximale Feuchte von 0,5 Vo-

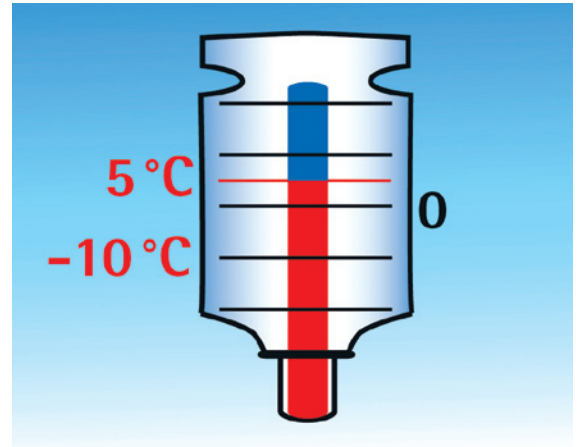
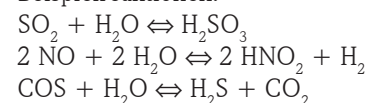


Abbildung 2: Thermometer „Minimaltemperatur“: Lagertemperatur bei Sommerfüllungen +5 °C, bei Winterfüllungen -10 °C.

lumen-ppm. Umgerechnet auf den Inhalt einer 50-Liter-Flasche ergibt das einen zulässigen Feuchteanteil von höchstens vier Milligramm. Das entspricht etwa einem Zehntel eines Wassertropfens. Gelänge nun ein Tropfen Kondensatwasser in die Gasversorgungseinrichtung, würde die Gasqualität in Bezug auf den Feuchteanteil drastisch gemindert. Um eine solche Kontamination zu beheben, wäre die aufwändige Spülung des gesamten Versorgungssystems erforderlich, im genannten Beispiel mit Argon der Qualität 6.0.

Bei reaktiven Gasgemischen kommt es zu Wechselwirkungen zwischen Feuchte und reaktiven Gemischkomponenten. Das führt zu einer Minderung der gewünschten und zertifizierten Konzentration.

Beispielreaktionen:



Um solchen Wechselwirkungen vorzubeugen, liefert die West-



Abbildungen 3a und b: Ventile von innen. Der richtige Umgang mit Gasgemischen schützt vor Feuchte (links) und Korrosion (rechts) im Inneren des Flaschenventils.

entfernen lassen. Dazu wird das Flaschenventil bei geöffnetem Druckminderer aufgedreht, bis das Manometer Enddruck anzeigt. Durch das sofortige Schließen des Flaschenventils entweichen nun die Fremdgase. Kurz bevor das Manometer wieder Umgebungsdruck anzeigt, führt das erneute Öffnen des Flaschenventils wieder zum Druckanstieg in der Armatur und so fort ...

Um Kontamination durch Fremdgase auszuschließen, empfiehlt der Hersteller, die Druck-Last-Wechselpülung bis zu zehnmal zu wiederholen.

falen AG reaktive Gasgemische grundsätzlich mit Verschlussmuttern auf den Flaschenventilen aus. Zur Vermeidung von Kondensation im Ventilinneren wird empfohlen, die Verschlussmutter erst nach Temperaturangleichung der Flasche an die Umgebungsbedingungen am Anwendungsort zu entfernen. Sofort danach sollte der Druckminderer angeschlossen werden.

Nach dem Abkoppeln des Druckminderers muss die Verschlussmutter wieder angebracht werden. Bei hochkonzentrierten reaktiven Gemischen kann es sonst zu Korrosion im Ventilinneren kommen.

Entnahme von Gasgemischen

Zur Entnahme von Gasgemischen sind geeignete Systeme, Druckminderer und passende Schläuche oder Rohre, erforderlich (Abbildung 4):

- Druckminderer sind zumeist aus Messing oder Edelstahl gefertigt. Bei Gemischen im ppm-Bereich und bei reaktiven Gaskompositionen empfehlen wir Edelstahlausführungen. Generell sollten für saure und basische Gemische verschiedene Druckminderer eingesetzt werden.
- Druckminderer sollten vor Verwendung mit Inertgas

gespült werden und trocken sein.

- Bei der universellen Verwendung von Druckminderern ist jeweils eine intensive Zwischenspülung erforderlich. Insbesondere dann, wenn saure und basische Gemische abwechselnd eingesetzt werden.

Druck-Last-Wechselpülung

Nach Anschluss an die Gasflasche befinden sich im Druckminderer noch Umgebungsluft oder andere unerwünschte Gase, die sich mit der so genannten Druck-Last-Wechselpülung zuverlässig

Abbildung 4: Flasche mit Druckminderer: Die verwendeten Druckminderer müssen zum eingesetzten Gasgemisch passen.



Akkreditierungsrat führt Systemakkreditierungen ein Stärkung der Hochschul-Eigenverantwortung

Auf seiner 55. Sitzung am 29. Februar in Bonn hat der Akkreditierungsrat „Kriterien für die Systemakkreditierung“ und „Allgemeine Regeln für die Durchführungen von Verfahren der Systemakkreditierung“ beschlossen und damit den letzten Schritt zur Einführung der Systemakkreditierung in Deutschland vollzogen. Die Entscheidungen waren notwendig geworden, weil die Kultusministerkonferenz um einige Änderungen an den Empfehlungen zur Einführung der Systemakkreditierung vom 8. Oktober 2007 gebeten hatte.

In Zukunft sollen die Hochschulen wählen können, ob sie ihre Studiengänge einzeln akkreditieren lassen, oder ob sie mittels der Systemakkreditierung ihr System der internen Qualitätssicherung akkreditieren lassen, womit alle Studiengänge akkreditiert wären.

Als Voraussetzung für die Systemakkreditierung weist die Hochschule nach, dass die internen Systeme der Hochschulsteuerung und der Qualitätssicherung die Einhaltung der einschlägigen Bestimmungen der Kultusministerkonferenz und des Akkreditierungsrates für die Akkreditierung von Studiengängen gewährleisten. Dies setzt auch ein internes Berichtssystem voraus, das die Strukturen und Prozesse bei der Entwicklung und Durchführung von Studiengängen sowie die Strukturen, Prozesse und Maßnahmen der Qualitätssicherung, ihre Ergebnisse und Wirkungen dokumentiert.

Die Wirksamkeit des Qualitätssicherungssystems der Hochschule wird in der Systemakkreditierung an Hand von Stichproben überprüft: Zum einen an Hand horizontaler Querschnittsuntersuchungen von

studiengangsbezogenen Merkmalen („Merkmalsstichprobe“), zum anderen werden vertiefte Begutachtungen einzelner Studiengänge durchgeführt (Programmstichprobe).

Kriterien und Verfahrensregeln für die Systemakkreditierung entsprechen den aktuellen europäischen Standards für Qualitätssicherung in Studium und Lehre und sichern somit die internationale Akzeptanz des neuen Verfahrens.

Als neue Verfahrenskomponente führt der Akkreditierungsrat auf Anregung der Kultusministerkonferenz eine Stichprobe zur Überprüfung der Wirksamkeit der internen Qualitätssicherung in der Halbzeit des Akkreditierungszeitraums ein. Diese Stichprobe dient in erster Linie dem Feedback der Hochschule.

Den Beschlüssen liegen folgende Leitlinien zugrunde:

- Nur Hochschulen selbst sind in der Lage, hohe Qualität in Studium und Lehre zu gewährleisten. Sie haben daher die Verantwortung für die Sicherung und kontinuierliche Verbesserung der Qualität ihrer Lehrangebote. Hierzu gehört auch die Einhaltung von gesetzlichen und formalen Vorgaben in Studium und Lehre. Die Weiterentwicklung des Akkreditierungssystems muss daher die Eigenverantwortung der Hochschulen berücksichtigen und stärken und hinsichtlich der Ausgestaltung des Verfahrens das Prinzip der Verhältnismäßigkeit von Aufwand und Nutzen wahren.

- Die Akkreditierung unterstützt die Hochschulen darin, die Qualität von Studium und Lehre nachvollziehbar, vergleichbar und transparent zu machen.

- Die Akkreditierung dient zugleich der Qualitätssteigerung.

- Die Weiterentwicklung des Akkreditierungssystems soll die

Schwächen der Studiengangskakkreditierung beseitigen, ihre Stärken aber beibehalten.

- Die Weiterentwicklung des Akkreditierungssystems soll den Hochschulen gemäß ihrer Verantwortung für die Qualitätssicherung einen größeren Entscheidungsspielraum bei der Wahl des Akkreditierungsverfahrens verschaffen und gleichzeitig die Einhaltung gesetzlicher und formaler Vorgaben gewährleisten. Im Interesse der internationalen und der innerdeutschen Mobilität der Studierenden und Absolventinnen und Absolventen sind dabei Kriterien für die Vergleichbarkeit und Anerkennungsfähigkeit der Studienleistungen und -abschlüsse zu beachten.

Der Vorsitzende des Akkreditierungsrates, der Jenaer Romanist Reinhold Grimm, erklärte anlässlich der Beschlussfassung, die Stärkung der Eigenverantwortlichkeit der Hochschulen für die Qualitätssicherung sei ein entscheidender Schritt in die richtige Richtung. Mit dem neuen Verfahren hätten die Hochschulen die Möglichkeit, den Aufwand für die externen Verfahren der Qualitätssicherung deutlich zu mindern. Allerdings stünden die Hochschulen vor großen Anstrengungen bei der Einrichtung von umfassenden internen Qualitätssicherungssystemen. „Dies ist eine große Herausforderung für die Hochschulen, und der interne Aufwand für die Qualitätssicherung wird nicht gering sein. Dennoch ist das neue Verfahren ein wichtiger Schritt hin zu weniger Bürokratie und zu mehr Autonomie der Hochschulen.“

Mit den Kriterien und Verfahrensregeln zur Systemakkreditierung habe der Akkreditierungsrat eine geeignete Grundlage geschaffen, eine entscheidende Weiterentwicklung der Akkreditierung in Deutschland einzuleiten.

Schutzhandschuhe für Arbeiten mit Chemikalien

Für jeden Einsatz die richtige Wahl treffen

Schutzhandschuh ist nicht gleich Schutzhandschuh. Unterschiede in der Ausführung und im Gebrauch zeigt dieser Artikel.

Jeder, der im Labor arbeitet, kennt Schutzhandschuhe und hat sie bereits verwendet. Aber Hand aufs Herz: Haben Sie schon einmal darüber nachgedacht

- dass es Gefahrstoffe gibt, die Handschuhe innerhalb weniger Sekunden (< 10) durchdringen,
- dass Handschuhe auch aus Chemikalien bestehen und
- ob Ihre Handschuhe Sie tatsächlich schützen?

Selbst wenn Sie darüber nachgedacht haben: Ziehen Sie auch die Konsequenzen aus Ihrem Wissen? In der Praxis erlebt man häufig, dass zwischen Wissen und Handeln gewisse Unterschiede bestehen:

Der dünne Latex-Untersuchungshandschuh des Chirurgen, der

bestes Fingerspitzengefühl für diffizile Arbeiten verleiht, aber allenfalls gegen verdünnte Säuren und Laugen sowie Alkohole beständig ist, findet auch in der Werkstatt Anwendung, wo er sich beim ersten Kontakt mit Schmieröl zu ebensolchem auflöst.

Der gegen Ethidiumbromid resistente Nitrilhandschuh wird auch für den Umgang mit anderen Chemikalien als Universalschutz angesehen, obwohl er zum Beispiel nach kurzem Kontakt mit Aceton innerhalb weniger Sekunden von der Größe „S“ zu „XXL“ aufquillt. Da bei diesem Vorgang die Menge des Handschuhmaterials nicht zunimmt (was auch eigenartig wäre)



Piktogramm nach Euronorm EN 374 zur Kennzeichnung von Schutzhandschuhen.

re) bedeutet dies nichts anderes, als dass sich das dichte Polymer-Netz, aus dem ein Handschuh besteht, in ein groblöcheriges Sieb verwandelt hat.

Und auch innerhalb einer Materialgruppe ist nicht je-

Wissen ist noch nicht Verstehen
und Kennen ist noch nicht Erkennen.

der Handschuh der Firma A ebenso geeignet wie einer der Firma B, so dass die (leider oft praktizierte) Auswahl von Handschuhen allein nach dem Einkaufspreis keinesfalls ein vertrauenswürdiges Kriterium für ihre tatsächliche Eignung darstellt.

Bleibt also die Frage, wie man seine Finger am besten gegen einen Kontakt mit Chemikalien schützen kann.

Seit Beginn des Jahres 2006 ist mit der Euronorm EN 374 EU-weit ein neues Klassifizierungsverfahren für Handschuhe gültig.

Hiernach werden Handschuhe für den Einsatz im Labor nun mit dem oben gezeigten Piktogramm

und mindestens 3 Buchstaben (A-L) gekennzeichnet.

Die Buchstaben geben an, dass der Handschuh gegen 3 von 12 häufig verwendeten Chemikaliengruppen (jeder Buchstabe steht für eine Chemikaliengruppe) mindestens 30 Minuten lang beständig ist.

Dennoch werden kontaminierte Handschuhe auf kurz oder lang immer von Gefahrstoffen durchdrungen (Permeation) oder durch Quellung des Materials undicht. Aus diesem Grund wird empfohlen:

Für die Anwendung in Werkstätten oder im Reinigungsdienst mit einer überschaubaren Menge unterschiedlicher Chemikalien (oft in Form verdünnter Lösungen) kontaktieren Sie am besten einen Handschuhhersteller und lassen sich in Abhängigkeit von Ihrer Tätigkeit und den verwendeten Stoffen einen

geeigneten Handschuh empfehlen. Dies wird meistens ein Mehrweg-Handschuh

mit dickerer Wandstärke sein.

Im Laborbetrieb besitzen die gängigen Handschuhmodelle überwiegend eine Spritzschutzfunktion.

Im Labor sollten Einmalhandschuhe nach Chemikalienkontakt umgehend gewechselt werden; aus meiner Sicht besonders geeignet sind Modelle mit etwas höherer Wandstärke (0,2 mm) und längerer Stulpe.

Mehrweg-Handschuhe sind im Laborbetrieb nur bei ständigem Chemikalienkontakt (z.B. an den Chemikalienausgaben oder bei der Entsorgung) erforderlich. Sie sollten am besten aus Butylkautschuk bestehen und regelmäßig ausgetauscht werden.

Dr. Markus Hoffmann

Chemie und Energie

Grundlagen

1 Was kennzeichnet eine chemische Reaktion?

- A** Umwandlung des Aggregatzustandes mindestens eines Reaktionspartners.
- B** Energie wird freigesetzt.
- C** Die Reaktionsenthalpie nimmt zu.
- D** Chemische Bindungen ändern sich.
- E** Es entsteht mindestens ein neuer Stoff.

2 Auf wen geht das 1. Grundgesetz der Chemie zurück?

- A** John Dalton.
- B** Michail Wassiljewitsch Lomonossow.
- C** Joseph-Louis Proust.
- D** Joachim Jungius.
- E** Alexander von Humboldt.

3 Wie lautet das 2. Grundgesetz der Chemie?

- A** Das Gesetz der konstanten Proportionen.
- B** Das Gesetz von der Erhaltung der Masse.
- C** Das Gesetz von der Erhaltung der Elemente.
- D** Das Gesetz der multiplen Proportionen.
- E** Das Gesetz der konstanten Volumenproportionen.

4 Was ist ein Beispiel für eine endotherme Reaktion?

- A** Die Synthese von Wasser in der Knallgasreaktion.
- B** Eine Elektrolyse.
- C** Wasserzerlegung in die Elemente, indem Wasserdampf durch glühende Eisenrohre strömt.
- D** Aus einem reduzierenden Gasmisch durch Energiezufuhr organische Moleküle synthetisieren.
- E** Die Photosynthese.

5 Was ist eine Voraussetzung für eine spontan ablaufende exotherme Reaktion?

- A** Die Aktivierungsenergie der Reaktion ist sehr niedrig.
- B** In der Gesamtbilanz gibt das chemische System Energie an die Umgebung ab.
- C** Die Reaktionsenthalpie ist negativ.
- D** Der Zustand der Edukte ist instabil.
- E** Es gibt einen aktivierten Übergangskomplex.

6 Wie lässt sich voraussagen, ob eine Reaktion endotherm oder exotherm verläuft?

- A** Anhand der Reaktionsenthalpie.
- B** Nur über den Energiegehalt der Edukte.
- C** Anhand der inneren Energie.
- D** Mit der Summe der Gibbs-Energien.
- E** Mit der Differenz der polaren Bindungen des Eduktes und der des Produktes.

7 Was ist eine Anwendung der Elektrochemie?

- A** Elektrolyse.
- B** Brennstoffzelle.
- C** Coulometrie.
- D** Herstellung von Fluor.
- E** Herstellung von Wasserstoff.

8 Wie lautet die Bezeichnung für folgenden Satz: „Die Gesamtenergie in einem abgeschlossenen System bleibt konstant.“

- A** Der Massenerhaltungssatz.
- B** Der Energieerhaltungssatz.
- C** Der Euler-Satz.
- D** Der Newtonsche Satz.
- E** Der Ladungserhaltungssatz.

9 Welcher Satz ist richtig? Ein Auto ...

- A** ... verbraucht Energie.
- B** ... verbraucht Brennstoff.
- C** ... wandelt chemische Energie in kinetische Energie.
- D** ... wandelt chemische Energie in thermische Energie.
- E** ... wandelt chemische Energie in Elektroenergie.

10 Aus welchen Größen ist der Energieerhaltungssatz der Thermodynamik zu formulieren?

- A** Innere Energie U.
- B** Kinetische Energie T.
- C** Hamiltonfunktion H.
- D** Wärme Q
- E** Arbeit W.

11 Was beschreibt den 2. Hauptsatz der Thermodynamik?

- A** Der absolute Temperaturnullpunkt ist nicht erreichbar.
- B** Es existiert kein Perpetuum mobile erster Art.
- C** Es existiert kein Kreisprozess, dessen einzige Wirkung darin besteht, Wärme von einem kälteren Reservoir zu einem wärmeren Reservoir zu transportieren.
- D** Es existiert kein Kreisprozess, der eine Wärmemenge aus einem Reservoir entnimmt und vollständig in Arbeit verwandelt.
- E** Die Energie, die in ein geschlossenes System hineinfließt minus der Energie, die es verlässt, muss gleich der Energieänderung des Systems sein.

12 Der Wirkungsgrad ...

- A** ... einer Glühbirne beträgt etwa 0,25.
- B** ... von 100 % ist nur von Wärmekraftmaschinen zu erreichen.
- C** ... beschreibt das Verhältnis von Anergie zu Exergie.
- D** ... eines Elektromotors beträgt etwa 0,25.
- E** ... ist das Verhältnis von abgegebener zu zugeführter Leistung.

Lösungen zu Seite M16 (CLB 02/2008):

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

(Alle Lösungen zu Seite M24 finden Sie in CLB 04/2008 sowie auf www.clb.de)

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 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 98,35 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 98,35 Euro pro Jahr (incl. 7 % MWSt., zzgl. Versandkosten) erhalten Sie als persönlicher Abonnent monatlich die CLB mit dem MEMORY-Teil (Firmenabos nach Staffelpreis; siehe www.clb.de).

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

Ein Experiment mit Brennstoffzellen

Röbbe Wünschiers, Quedlinburg

Dieser Artikel behandelt den Energieträger Wasserstoff und seinen möglichen Einsatz bei mobilen Computern. Darüber hinaus wird ein einfaches Experiment vorgestellt, wie man zu Hause Wasserstoff gewinnen und mittels einer Brennstoffzelle in elektrischen Strom umwandeln kann. Mittels der vom Autor entwickelten Software MeasureSuite für Psion Palmtops und einem Analog/Digital-Wandler lassen sich die Betriebsdaten der Brennstoffzelle aufzeichnen.

Heute muss man kein Pessimist mehr sein um zu behaupten, dass die weltweit zugänglichen Reserven an Energierohstoffen in naher Zukunft erschöpft sein werden. Steinkohle wird voraussichtlich noch für 150 Jahre reichen, Erdöl, Erdgas und Uran dagegen werden schon in rund 50 Jahren verbraucht sein. Diese Zahlen machen deutlich, dass die Zeit bei der Suche nach alternativen Energiequellen drängt. Modelle einer zukünftigen Energiewirtschaft beschreiben jedoch nicht nur neue Energiequellen, sondern auch neue Energieträger. Aufgrund seiner Eigenschaften kommt dem Wasserstoff eine bedeutende Position zu. Daher hat die Verwendung von Wasserstoff als Energieträger bereits eine lange Tradition in der Raumfahrt. Aus diesem Bereich kommen entscheidende Entwicklungsimpulse wie etwa die Konstruktion effizienter Brennstoffzellen zur Erzeugung elektrischer Energie. Ähnlich dem Raumfahrer ist auch der PDA nutzende Reisende auf eine unabhängige Stromversorgung angewiesen.

Wasserstoff als Energieträger

In zunehmendem Maße wird Wasserstoff als ein ökologisch verträglicher und ökonomisch realisierbarer Energieträger diskutiert. Mit vielen Pilotprojekten

zeigt die Industrie ihre Entschlossenheit, an der Etablierung eines neuen Energiezeitalters mitzuwirken: Wasserstoff betriebene Busse, Brennstoffzellen-Blockheizkraftwerke, Wasserstoff betriebene PKWs von allen großen Autoherstellern und, in Form von Prototypen, Notebooks und PDAs, die mit Wasserstoff angetrieben werden. Dabei ist die Idee nicht neu. Bereits 1870 schrieb Jules Verne in seinem Buch „Die geheimnisvolle Insel“: „Ich glaube, dass Wasser eines Tages als Brennstoff verwendet werden wird, dass Wasserstoff und Sauerstoff, aus welchen es besteht, entweder zusammen oder getrennt verwendet, eine unerschöpfliche Quelle für Wärme und Licht sein werden, und zwar von einer weit größeren Stärke, als Kohle es vermag... Das Wasser ist die Kohle der Zukunft“. Die Nutzung von Wasserstoff als Energieträger liegt vor allem in seinen physikalischen Eigenschaften begründet. Mit rund 33 kWh/kg hat Wasserstoff eine viel höhere Energiedichte als fossile Energieträger wie Benzin (12 kWh/kg) oder Erdgas (14 kWh/kg). Im Vergleich dazu bringt ein Bleiakкумуляtor sogar nur 0,025 kWh/kg. Bei der Verbrennung von Wasserstoff in Luft gespeisten Motoren entstehen neben geringen Mengen Stickoxiden ausschließlich Wasserdampf. Bei der Erzeugung elektrischer Energie aus Wasserstoff und Luft in Brennstoffzellen (katalytische Verbrennung) entsteht sogar nur Wasser als Endprodukt (siehe unten).

Stromerzeugung durch Brennstoffzellen

Um einen PDA mit Wasserstoff zu betreiben, muss die im Wasserstoff enthaltene Energie zunächst in Strom umgewandelt werden. Dieser Prozess erfolgt in Brennstoffzellen. Dies sind gasbetriebene „Batterien“, die durch eine elektrochemische Verbrennung des Wasserstoffs eine Gleichspannung erzeugen (Abbildung 1). Da Brennstoffzellen bei Versuchen zur Umkehr der Elektrolyse entstanden, bestehen sie auch aus den selben Komponenten. In zwei durch einen Elektrolyten getrennten Kammern befinden sich je eine Anode, die dem Wasserstoff Elektronen entzieht und eine Kathode, die den Sauerstoff negativ auflädt. Die Kathoden- und Anodenreaktionen beinhalten jeweils die Spaltung der Sauerstoff- bzw. Wasserstoffmoleküle, wobei die Elektrodenoberfläche (z.B. platinierter



Der Autor

PD Dr. Röbbe Wünschiers studierte Biologie und promovierte in Pflanzenphysiologie an der Universität Marburg. 2006 habilitierte er sich an der Universität zu Köln in Genetik. Seit 1995 forscht er u.a. im Bereich der biologischen Wasserstoffgewinnung. Gegenwärtig arbeitet er bei der BASF Plant Science Tochter SunGene GmbH und lehrt Bioinformatik an der Universität zu Köln.

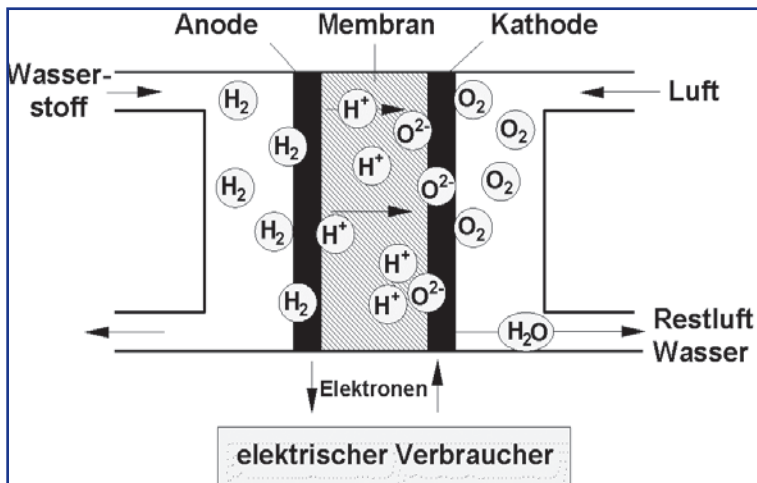
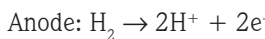


Abbildung 1: Funktionsweise einer PEM-(Polymer-Elektrolyt-Membran) Brennstoffzelle.

Aktivkohle) die elektrochemische Umsetzung katalysiert:



Die abgreifbare Zellspannung liegt bei 500-700 mV. Aus diesem Grunde werden meist mehrere Zellen in Reihe geschaltet, um eine höhere Spannung zur Verfügung stellen zu können.

Der Elektrolyt, der nur Protonen durchlässt, ist das Kernstück aller Brennstoffzellen. Nach seiner Art und der daraus resultierenden Betriebstemperatur werden die Brennstoffzellen-Typen benannt. Von mehreren Typen hat sich die Polyelektrolyt-Membran- (PEM-) Brennstoffzelle, die bei niedrigen Temperaturen arbeitet, zum Renner entwickelt. Der Elektrolyt besteht hier aus einer dünnen Polymerfolie, die im feuchten Zustand eine hohe Durchlässigkeit für Protonen aufweist.

Einige Brennstoffzellen können auch mit anderen Brennstoffen wie z.B. Erdgas oder Methanol betrieben werden. Toshiba stellte auf der CeBit 2003 den weltweit ersten Prototypen eines Notebooks mit Direktmethanol-Brennstoffzelle vor. Die gesamte Energieversorgungseinheit ist bei diesem System als externes Modul verwirklicht und versorgt ein Libretto Notebook für rund 5 Stunden mit Strom. Dann muss die Methanolkartusche gegen eine neue ausgetauscht werden. Bis die reine Wasserstofftechnologie zur Marktreife gelangt, will Toshiba das Methanolsystem als Zwischenlösung in den Markt einführen.

Wasserstoff für Kleincomputer

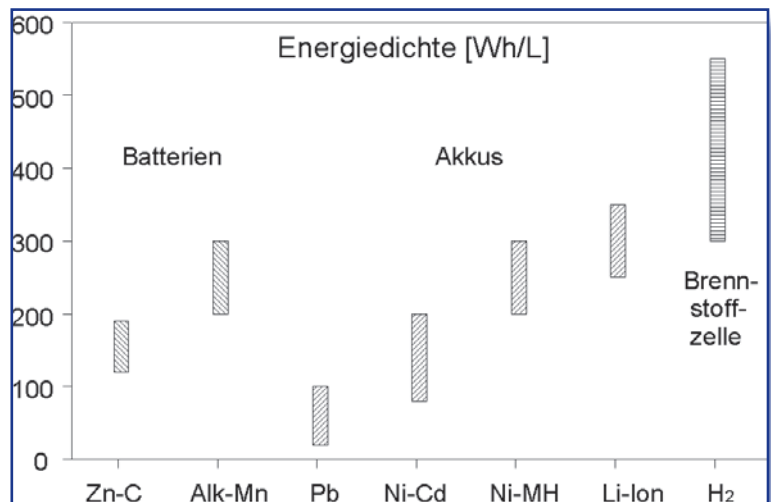
In einer Zeit, in der Mobilität nicht nur gefordert ist, sondern auch einen Trend darstellt, finden elektronische Kleingeräte eine immer größere Verbreitung. So haben die Bürger Europas heute im Durchschnitt mehr als ein Mobiltelefon und die Infrastruktur für die mobile Kommunikation, wie z.B. Wireless LANs, hat in jüngster Zeit rapide zugenommen. Zu dieser Infrastruktur gehören aber auch Steckdosen für den

Betrieb von Notebooks in Zügen, Verkaufstände für Akkuauflade-Packs und Automaten für Batterien.

Jedem Nutzer ist klar, wo der Nachteil der Technologien liegt: im Stromverbrauch. Nun gehen alle Prognosen zum Energiebedarf elektronischer Kleingeräte davon aus, das dieser steigt. Mehr Leistungsfähigkeit geht also einher mit mehr Leistungsbedarf. Die Verwendung energiesparender Bauelemente kann diesem Trend nicht in ausreichendem Maße entgegenwirken. Der einzige gangbare Ausweg aus diesem Dilemma ist die Erhöhung der Energiedichte

der verwendeten Energiespeicher. Abbildung 2 gibt eine Übersicht der Energiedichte unterschiedlicher Systeme in Wattstunden pro Volumen Energiespeichermedium. Hier zeigt die Brennstoffzelle ihre Stärke. Zum Einsatz kommen könnte sie immer dann, wenn besonders lange Betriebszeiten gefragt sind. Die gegenwärtig besten Batterien können z.B. ein Notebook für rund 4 Stunden mit Strom versorgen. Mit einer Brennstoffzelle könnte diese Zeit ohne weiteres verdoppelt werden. So hat das Fraunhofer Institut in Zusammenarbeit mit der Freiburger Universität erste Prototypen von Brennstoffzellen vorgestellt, die in mobilen Geräten Betriebszeiten von 10 Stunden ermöglichen sollen. Außerdem ist bei Brennstoffzellen mit einer viel höheren Lebensdauer zu rechnen, da Ladezyklen entfallen. Stattdessen wird die Brennstoffzelle kontinuierlich mit Wasserstoff versorgt. Auch vom ökologischen Standpunkt führt die Brennstoffzelle das Feld der mobilen Energielieferanten an. Alle Komponenten sind voll recyclefähig.

Abbildung 2: Entwicklung der Energiedichte (in Wattstunden pro Liter Volumen) verschiedener mobiler Stromlieferanten. Zn-C: Zink-Kohle-Batterie; Alk-Mn: Alkali-Mangan-Batterie; Pb: Blei-Akkumulator; Ni-Cd: Nickel-Cadmium-Akkumulator; Ni-MH: Nickel-Metallhydrid-Akkumulator; Li-Ion: Lithium-Ionen-Akkumulator; H₂: Brennstoffzelle.



Wie wird die Praxis aussehen? Man wird den Wasserstoff in Kartuschen kaufen, die nach Gebrauch entweder gegen gefüllte getauscht oder an Ladestationen direkt aufgeladen werden. Auch teilweise geleerte Kartuschen lassen sich wieder füllen. Die Angst vor dem Memoryeffekt gehört der Vergangenheit an. Bei entsprechendem Design der Brennstoffzelle kann sogar ein schneller Tausch der Kartusche während des Betriebs des Notebooks oder PDAs erfolgen – rebooten entfällt.

Die derzeit sicherste und handhabbarste Methode zur Speicherung kleiner Wasserstoffmengen bei Raumtemperatur sind so genannte Hydridspeicher. Darin ist der Wasserstoff an eine Matrix gebunden und liegt somit weder als Gas noch als Flüssigkeit vor. Der Befüllung eines solchen Speichers würde nur wenige Minuten in Anspruch nehmen. Ein wichtiger Punkt wird sein, dass sich alle Firmen frühzeitig auf ein einheitliches Wasserstoffspeicherformat einigen. Dann dürfte es in Zukunft keine Rolle mehr spielen, ob man sich für den PDA neue Batterien, oder Akku-Refill-Packs, kauft oder kurz seinen Wasserstoffspeicher tauscht oder füllen lässt.

Woher kommt der Wasserstoff?

Wasserstoff ist nur ein Energieträger: zu seiner Gewinnung wird Energie verbraucht. Aufgrund seiner großen Reaktionsfreudigkeit kommt Wasserstoff auf der Erde kaum ungebunden vor und es gibt somit keine natürlichen Lagerstätten, die erschlossen werden könnten. Daher muss der Wasserstoff über energieaufwendige Zerlegungsverfahren aus seinen Verbindungen gewonnen werden. Klassischer Weise wird die Erzeugung unter Einsatz von Primär- oder von Sekundärenergieträgern unterschieden.

Abbildung 4: Schematische Darstellung der Verwendung eines analog-digital Konverters zur Aufzeichnung der Betriebsdaten eines Bioreaktors. Von dem Wasserstoff produzierenden Bioreaktor werden die Temperatur und Beleuchtungsstärke, von der Brennstoffzelle (FuelCell) die Spannung gemessen. Der analog-digital Konverter ist an einen Psion (EPOC PDA) angeschlossen, der die Daten in einen Textfile abspeichert und damit zur Datenanalyse zur Verfügung stellt.

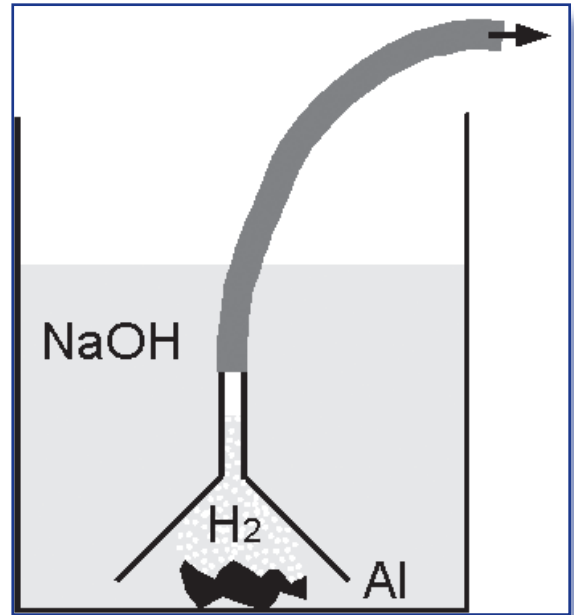
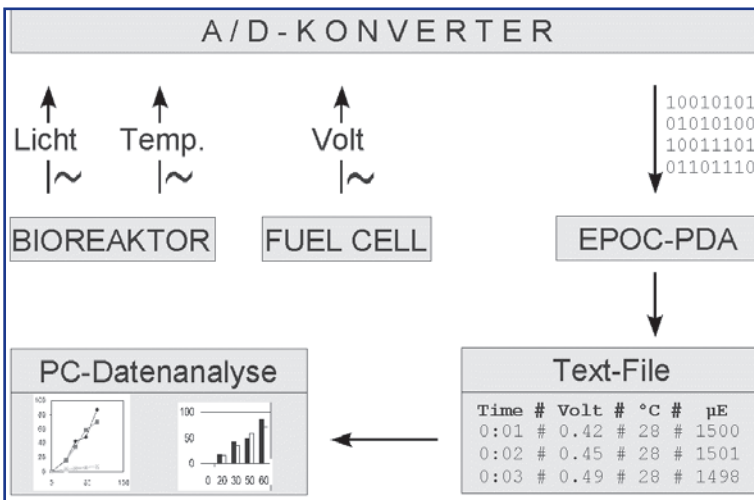


Abbildung 3: Herstellung von Wasserstoff (H₂) durch die Reaktion von Aluminium (Al) in Natriumhydroxidlösung (NaOH). Das Wasserstoffgas wird von einem umgekehrten Trichter aufgefangen. Über einen an den Trichter angeschlossenen Schlauch wird das Gas einer Brennstoffzelle zugeführt.

Die primärenergetische Wasserstofferzeugung erfolgt vor allem aus Kohlenwasserstoffen, vorwiegend Erdgas, Erdöl und Kohle. Die für die Zerlegung notwendige Energie wird in der Regel autotherm durch die Verbrennung eines Teils des Einsatzenergieträgers bereitgestellt. Über 96% der gegenwärtigen weltweiten Wasserstoffproduktion von rund 500 Milliarden Kubikmeter geht von fossilen Primärenergieträgern aus, was rund 2% des Weltenergiebedarfs entspricht. Die sekundärenergetische Erzeugung von Wasserstoff erfolgt überwiegend aus Elektrizität mittels der Elektrolyse.

Regenerative Wasserstofferzeugung

Von besonderem Interesse ist die regenerative Wasserstofferzeugung mit Hilfe der Sonnenenergie. Die derzeit dominierende Technik zur solaren Wasserstoffgewinnung ist die Photovoltaik. Hierbei wird mit Hilfe von Solarzellen Strom erzeugt, der genutzt wird, um Wasser elektrolytisch in Wasserstoff- und Sauerstoffgas zu zerlegen.

Doch hat die solar-elektrolytische Wasserspaltung auch Nachteile. Vor allem die hohen Produktionskosten und der energetische Aufwand für die Herstellung von Solarzellen führen dazu, dass diese Technik bislang überwiegend in subventionierten Pilotanlagen Anwendung findet. Die Gestehungskosten für 1 kWh gasförmige Wasserstoffenergie betragen rund 4 Cent bei der Reformierung von Wasserstoff, 20 Cent bei der Elektrolyse unter Verwendung des derzeit vorherrschenden Strommixes und voraussichtlich rund 75 Cent beim Einsatz von Solarstrom.

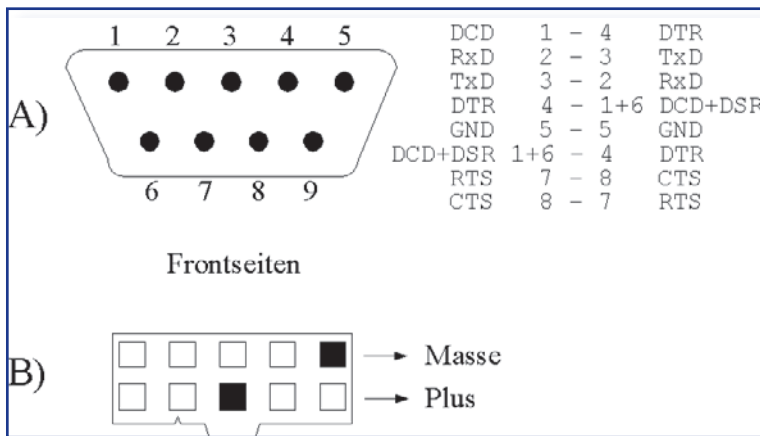


Abbildung 5: Pinbelegung der verwendeten Stecker. A) Über ein Nullmodem-Adapter wird der A/D-Wandler mit der seriellen Schnittstelle des Psions verbunden. Für den Selbstbau zeigt die Graphik, welche Pins der beiden 9-Pol SUB-D Stecker miteinander verbunden werden müssen. B) Die Graphik zeigt, welche Kontakte des A/D-Wandler Ausgangs mit der Brennstoffzelle verbunden werden (schwarz markiert). – Die Stecker sind jeweils von der Vorderseite gezeigt, d.h. die Lötkontakte befinden sich auf der abgewandten Seite.

Biologische Wasserstofferzeugung

Viele Mikroorganismen (z.B. Bakterien) produzieren Wasserstoff während der Gärung. Das Ausgangsmaterial kann z.B. Klärschlamm sein. Auf diese Art und Weise produzieren viele Kläranlagen Biogas (Faulgas), das neben Wasserstoff aber auch andere brennbare Gase wie z.B. Methan enthält. Einige Mikroorganismen sind in der Lage die Energie des Sonnenlichtes zur Produktion von Wasserstoff aus Wasser zu verwenden: Algen und Cyanobakterien. Die Frage, ob sich dieser Prozess der Photowasserstoffbildung wirtschaftlich nutzen lassen wird, ist derzeit schwer zu beantworten. Man kann sicherlich nicht erwarten, dass wir in Zukunft Wasserstoff ausschließlich mit Mikroalgen produzieren. Es ist aber nicht ausgeschlossen, dass sie einen Beitrag leisten werden, so wie heute die Wasserkraft einen Beitrag zu unserer Stromversorgung leistet.

Hightech@Home

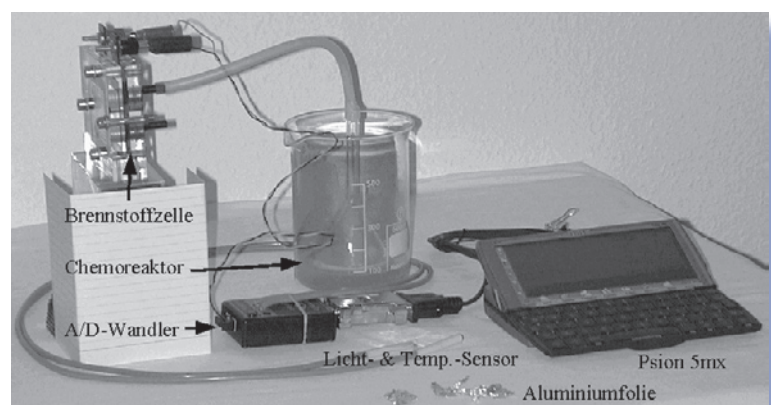
Kitzelt es Ihnen in den Fingern jetzt selbst Hand anzulegen und mit Wasserstoff zu hantieren? Es gibt eine Reihe von Möglichkeiten im Haushalt Wasserstoff (H₂) zu produzieren. Die einfachste Variante ist vielleicht die Reaktion von Aluminiumfolie mit einer Lauge – wir wollen dies großzügig einen Chemoreaktor nennen. Dazu löst man 12 Gramm Natriumhydroxid (NaOH) in 100 ml Wasser (H₂O; Achtung, das Wasser erwärmt sich auf rund 50°C, und die Lösung ist ätzend – bei Berührung mit der Haut sofort mit kaltem Wasser spülen). Bei der Verwendung von Leitungswasser entsteht eine Trübung – dies ist normal. Gibt man jetzt einen kleinen Streifen Aluminiumfolie (Al) in die Lösung, so löst sich diese bei starker Gasbildung auf. Was passiert? Aluminium ist ein reaktionsfreudiges Metall, das normalerweise von einer schützenden Oxidschicht

bedeckt ist (Aluminiumoxid,). In der Natriumhydroxidlösung löst sich die Oxidschicht auf. Dadurch kann das Aluminium mit der Base reagieren: Auf diese Weise entstehen in dem Chemoreaktor aus 0,8 Gramm Aluminiumfolie rund 1 Liter Wasserstoff. Also: bitte unbedingt nur einen kleinen, etwa 1 Centmünzen großen Schnipsel verwenden – man kann später immer noch nachlegen.

Der entstehende Wasserstoff wird von einem umgekehrten Trichter aufgefangen und über eine Schlauchverbindung einer Brennstoffzelle zugeführt (Abbildung 3). Zur Veranschaulichung kann an die Brennstoffzelle z.B. ein Solarmotor angeschlossen werden. Diese zeichnen sich durch hervorragende Anlaufeigenschaften aus.

So richtig Spaß macht das Ganze natürlich erst, wenn man die Messdaten per Palmtop auswerten kann. Dazu wird als analog-digital Konverter (A/D-Wandler) der Umweltspion der Firma Modulbus GmbH eingesetzt. Dieser hat einen integrierten Licht-, Temperatur- und Lautstärkesensor und besitzt darüber hinaus einen Spannungseingang, der direkt an die Brennstoffzelle angeschlossen werden kann (Abbildung 4). Der A/D-Wandler wird über einen Nullmodem-Adapter (Abbildung 5) an das serielle PC-Verbindungskabel des Psion 5mx Palmtops angeschlossen. Abbildung 6 zeigt den gesamten Versuchsaufbau mit Chemoreaktor, Brennstoffzelle und Datenloggingsystem (A/D-Wandler & Psion PDA). Um mit dem A/D-Konverter kommunizieren zu können hat der Autor mit der Psion eigenen Programmiersprache OPL das Interface MeasureSuite geschrieben (Abbildung 7). Mit dieser Software können die Messdaten in den Psion eingelesen und

Abbildung 6: Der Versuchsaufbau. Der Licht- und Temperatursensor wird über ein Kabel aus dem A/D-Wandler herausgeführt – in diesem Versuch haben sie allerdings keine Funktion. Über ein Nullmodem-Adapter ist der A/D-Wandler an den seriellen Eingang des Psion angeschlossen.



Time [min]: 0.43		Data Read: 17
		Data Saved: 3
Light [Lux]:	10138	Temp [°C]: 20
U(bat) [V]:	4.2	Noise [%]: off
Resist [kOhm]:	off	Voltage [V]: 0.1
Digital [1/0]:	1	
Press any key to stop		
MeasureSuite [V1.1] rw@biowasserstoff.de		

Abbildung 7: Screenshot von MeasureSuite auf einem Psion Series 5. Die Software ermöglicht die Anbindung des analog-digital Konverters an den Psion.

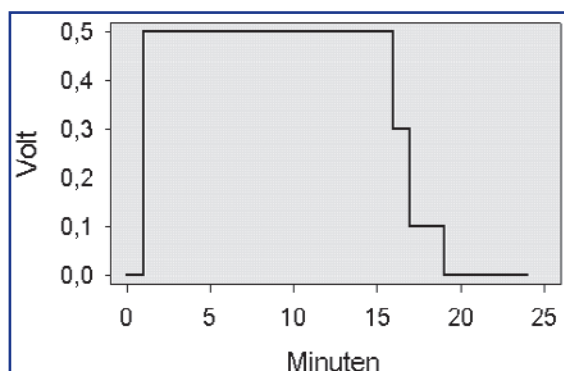
dort ausgewertet werden. MeasureSuite läuft auf allen gängigen EPOC32 basierenden Systemen, wie Psion 5/revo/netbook und dem Nokia Communicator. Außerdem steht eine auf MS Windows 98/Me/XP lauffähige Version zur Verfügung. Kurz nach Beginn der Wasserstoffproduktion im Chemoreaktor, wenn sich die Totvolumina des Trichters und des Schlauches mit Wasserstoff gefüllt haben, wird die Betriebsspannung von rund 500 mV erreicht (Abbildung 8). Nach dem Ende der Wasserstoffproduktion, wenn die Aluminiumfolie vollständig aufgelöst ist, fällt die Spannung langsam wieder ab.

Alle hier beschriebenen Experimente hat der Autor getestet. Dennoch können weder der Autor noch die Herausgeber die Verantwortung für direkte oder indirekte Schäden, die durch das Nachvollziehen der Experimente entstehen, übernehmen. Wer es gerne solider hat, dem sei der Kosmos-Experimentierkasten Brennstoffzelle empfohlen. Hierbei handelt es sich um ein kleines Modellauto, das von einem Brennstoffzellen getriebenen Elektromotor angetrieben wird. Der Wasserstoff wird „on board“ durch Solarstrom getriebene Elektrolyse erzeugt.

Bezugsquellen (Stand: 01/03/08)

- Natriumhydroxid (NaOH, ca. 2 Euro) Diese Chemikalie bestellen Sie am besten bei einer Apotheke.

Abbildung 8: Spannung an der Brennstoffzelle. Kurz nach Beginn der Wasserstoffproduktion im Chemoreaktor wird die Betriebsspannung von rund 500 mV erreicht. Nach dem Ende der Wasserstoffproduktion fällt die Spannung langsam ab.



- Laborgeräte (Glasgefäße, Trichter, ca. 6 Euro) Biologie-Bedarfs-Handel: www.biologie-bedarf.de, 600ml Becherglas (Bestell-Nr.: 511171, 3,80 Euro), 60mm Glastrichter (Bestell-Nr.: 514121, 2,70 Euro)
- Silikoschlauch (ca. 1 Euro) Baumarkt oder Modellbaugeschäft (am besten Trichter mitnehmen)
- Kosmos Experimentierkasten Brennstoffzelle (ca. 129 Euro) Zu erhalten in größeren online oder offline Spielwarengeschäften.
- Brennstoffzelle (ca. 90 Euro) h2-interpower GmbH: www.h2-interpower.de, h-tec Wasserstoff-Energie-Systeme GmbH: www.h-tec.com
- Analog-Digital Wandler Umweltspion (ca. 44,50 Euro) AK-MODUL-BUS Computer GmbH: www.ak-modul-bus.de
- Nullmodem-Adapter & A/D-Stecker (knapp 3 Euro) Conrad Elektronik: www.conrad.de. Für den Selbstbau des Nullmodem-Adapters werden zwei 9-Pol SUB-D Stiftleisten (male, Artikel-Nr. 742066-14, 52 Cent) und ein Gehäuse (Artikel-Nr. 711730-14, 1,12 Euro) benötigt. Als A/D-Stecker wurde ein Pfosten-Steckverbinder in Schneidklemmtechnik (2x5 Pol, Artikel-Nr. 702013-14, 86 Cent) verwendet.
- Solarmotor mit Propeller (ca. 11 Euro) Conrad Elektronik: www.conrad.de. Solarmotor B-148 (Artikel-Nr.: 198080-14, 9,18 Euro) mit passender Luftschraube (Artikel-Nr.: 228290-14, 1,95 Euro)
- MeasureSuite Software für Psion 5/revo/netbook (5 Euro) MeasureSuite Software für Psion 5/revo/netbook (5 Euro) und MS Windows kann unter <http://hydaba.uni-koeln.de:8200/software/> heruntergeladen werden. Zur Evaluierung besitzt das Programm einen Simulationsmodus. Die Registrierung kostet 5 Euro.

Falls Sie an weiteren Informationen interessiert sind, dann werfen Sie doch einen Blick auf folgende Internetseiten:

- www.hyweb.de behandelt verschiedene Aspekte von Wasserstoff als Energieträger.
- www.biowasserstoff.de legt den Fokus auf die biologische Erzeugung von Wasserstoff. **CLB**

Weiterführende Literatur

- Wünschiers & Lindblad (2002) Hydrogen in Education - A Biological Approach. *Int. J. Hydrogen Energy* 27: 1131-1140
- Mahlke & Wünschiers (2002) Biologische Wasserstoffgewinnung mit Grünalgen. *Unterricht Biologie* 273: 43-48
- Wünschiers (2001) Biologische „Elektrolyse“ durch Mikroalgen. *CLB*, 2001, 52: 168-174
- Wünschiers (2000) Light dependent production of hydrogen gas by green algae. *The future energy carrier in the classroom?* *J. Biol. Edu.* 34: 214-217
- Wünschiers & S. Borzner (1999) Wasserstoff als Energieträger. *CLB*, 1999, 50: 141-146
- Wünschiers & R. Schulz (1998) Photosynthese und Wasserstoff: Grundlagen und Nutzung. *Biologie in Unserer Zeit* 28: 130-136

Niedertemperatur-Plasmatechnologie Chancen mit heißer Kälte

Metallisierte Fasern stehen bei Textilproduzenten hoch im Kurs. Ende 2007 hat die Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa) die Rechte an ihrem Patent für ein spezielles Faserbeschichtungsverfahren an die Tersuisse Multifils SA in Emmenbrücke übertragen – und die Pilotanlage gleich mitgeliefert. Sie basiert auf Plasmatechnologie. In dieser steckt ein hohes Entwicklungs- und Anwendungspotenzial.

Die Schweizerische Entwicklung ist nur ein Beispiel dafür, aber eins, das mit jedem von uns in Körperkontakt kommen könnte. Silberbeschichtete Fasern und Stoffe schützen vor Bakterien, UV-Strahlen und Elektrosmog, verursachen bei ihrer elektrochemischen Herstellung jedoch viel Umwelt belastendes Abwasser und verlieren durch die Metallschicht in der Regel einige ihrer textilen Eigenschaften. Eine nachhaltige Alternative ist die Metallisierung mit Hilfe der Niederdruck-Plasmatechnologie (Abbildung 1a). Diese war für den Einsatz im Textilbereich bisher aber schlicht zu teuer – bis die Empa-Entwicklung kam. Die aufgetragene Metallschicht ist bei gleichen oder besseren Eigenschaften zehn- bis zwanzigmal dünner als bei der bisherigen Techniken (Abbildung 1b). Stoffe behalten so ihre charakteristischen textilen Eigenschaften wie Verarbeitbarkeit durch Weben oder Stricken und fühlen sich nach dem Beschichten noch gleich an wie vorher. Je dünner die Metallschicht, desto stärker ist sie auch an die Fasern gebunden. Dies verhindert, dass Metall-Ionen beim Reinigen der Kleider und Stoffe ausgewaschen werden und ins Abwasser gelangen.

Der 4. Aggregatzustand

Plasma ist keine Erfindung des Menschen. Man findet es in den

Sternen einschließlich der Sonne, im Schweif von Kometen, in Gewitterblitzen, und auch die Polarlichter sind Plasma-Erscheinungen (Abbildung 2). Das Wort „Plasma“ stammt aus dem Griechischen und bedeutet „Gebilde“, aber auch „Geformtes“. Nebenbei: Zellfreie Blutflüssigkeit sowie ein grüner Halbedelstein, eine Jaspis-Art, haben auch die Bezeichnung „Plasma“.

Plasma wird als vierter Aggregatzustand der Materie bezeichnet (siehe auch den Artikel „Plasma-Chemie“ von CLB-Autorin Dr. Mechthild Kässer in Ausgabe 01-1998, Seiten 10-12). Heizt man feste Materie auf, verwandelt sie sich typischerweise erst in eine Flüssigkeit, dann in ein Gas. Wenn dem Gas weiter Energie zugeführt wird, dann wird es elektrisch leitend, obwohl es nach aussen hin mehr oder weniger neutral bleibt. Das liegt daran, dass sich Elektronen von den Atomen bzw. Molekülen des Gases lösen. In Plasmen liegt ein Gemisch von meist positiv geladenen Ionen, Elektronen und von Neutralteilchen vor.

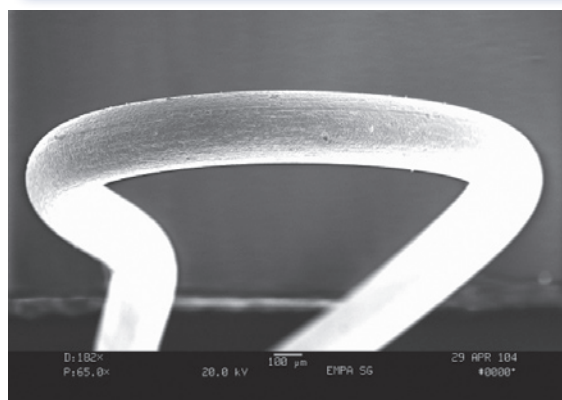
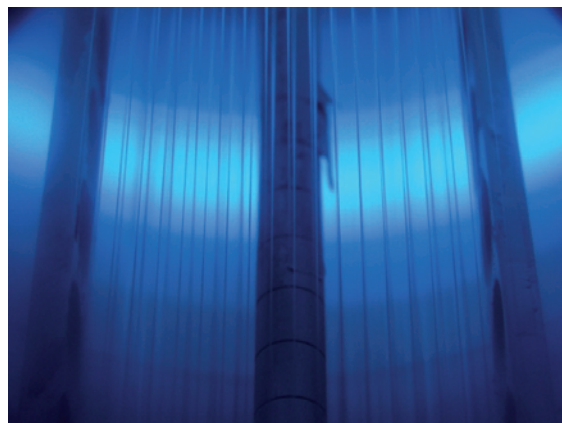


Abbildung 1a (oben): Textilfasern in der in der Schweiz entwickelten Plasmabeschichtungsanlage.

Abbildung 1b (unten): Eine silberbeschichtete Textilfaser unter dem Elektronenmikroskop (Abbildungen: Empa).

Abbildung 2: Nordlichter sind auch eine Plasmaerscheinung. Das Bild hier wurde am 18. Januar 2005 über dem Bear Lake an der Eielson Air Force Base in Alaska aufgenommen (US Air Force / Joshua Strang).



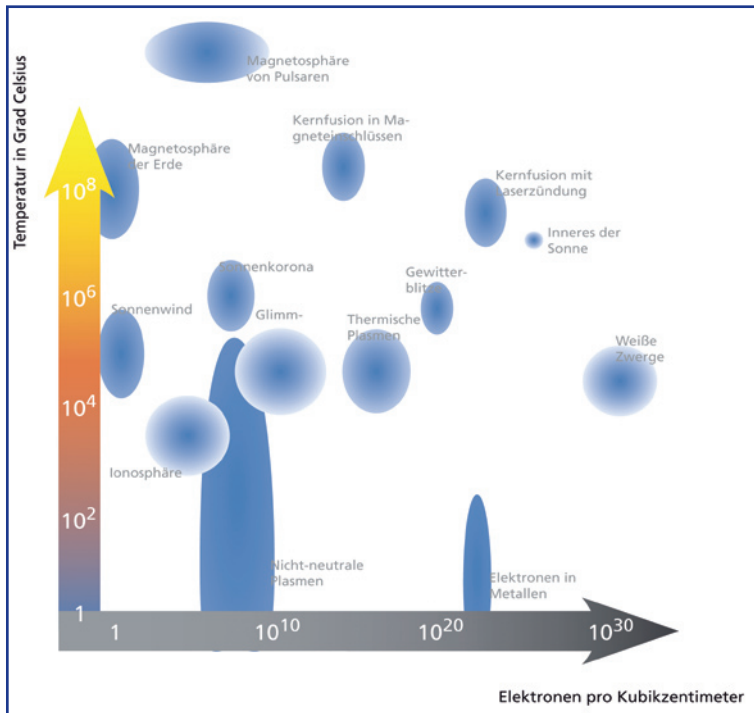


Abbildung 3: Plasma-Parameter – solche von natürlichen wie von technischen Plasmen – überstreichen einen weiten Wertebereich. So kann die Elektronendichte zwischen einem und 10^{25} Elektronen pro Kubikzentimeter liegen und damit höhere Werte als im Metall aufweisen. Die mittlere freie Weglänge der Teilchen, also der Weg, den sie fliegen können, bevor sie mit anderen Teilchen zusammenstoßen, kann viele zehn Millionen Kilometer oder auch nur einige Mikrometer betragen. Für die technische Nutzung besonders interessant sind Nichtgleichgewichtsplasmen, weil in ihnen die Temperaturen der Ionen und des Neutralgases von der Temperatur der Elektronen getrennt gestaltet werden können. Gerade die Energie der Elektronen ist jedoch wichtig für den Anstoß chemischer Reaktionen. Variiert man nun die Rahmenbedingungen für die Plasmenentstehung durch Wahl unterschiedlicher Grundgase, Energieeinspeisungen, Reaktorgeometrien, so schafft man Raum für eine Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten in technischen Prozessen. Die solche Plasmen beschreibende Niedertemperatur-Plasmaphysik führte lange Zeit ein Schattendasein. Das liegt zum Teil daran, dass sie ein äußerst komplexes Vielteilchensystem mit einer großen Zahl von Teilchenkomponenten und Zuständen umfasst. Nichtlineare Dynamik findet man dabei ebenso wie kollektive Wechselwirkung, stark inhomogene und schnell veränderliche Systeme sowie Plasma-Werkstoff-Wechselwirkungen (Grafik: RK).

Jetzt kommt der wohl wichtigste Trick von nicht thermischen Niedertemperatur-Plasmen, von denen in diesem Artikel die Rede sein soll (es gibt ja auch noch die extrem heißen Plasmen der Fusionsforschung): Während die Temperatur von Ionen und Neutralteilchen kaum einige 100 Grad Celsius beträgt, entspricht die Energie der Elektronen in solchen Plasmen einer Temperatur von einigen 10 000 Grad Celsius! Sie stellen daher hochreaktive Werkzeuge dar, die einen schonenden Einsatz ohne hohen Energieaufwand erlauben. Diese „heiße Kälte“ eröffnet ungeahnte Prozessmöglichkeiten und damit auch Marktchancen.

500 000 Arbeitsplätze

Die wirtschaftliche Bedeutung der Plasmatechnik lässt sich am besten anhand der Beschäftigtenzahlen erfassen. Dazu informiert das VDI Technologiezentrum in seiner „Evaluierung Plasmatechnik“ von 2004: Im Bereich der Plasmalicht- und Strahlungsquellen arbeiten derzeit in Deutschland ca. 25 000 Menschen. Mit dem Bau oder dem Betrieb von Anlagen, die plasmatechnische Prozesse nutzen, sind in Deutschland 45 000 - 60 000 Menschen befasst. Dazu kommen

die Beschäftigten hinzu, deren Produkte nur gekauft werden, weil vor- oder nachgelagert eine Plasma-behandlung in den Produktionsprozess integriert ist.

Das sind in Deutschland mindestens 350 000 - 500 000 Beschäftigte oder sechs bis sieben Prozent der Arbeitsplätze im verarbeitenden Gewerbe. Nach Aussagen der Evaluierung ist dies das Ergebnis eines rasanten Wachstums. Seit Mitte der 90er Jahre hat sich die Bedeutung dieser Technologie für die Beschäftigung im Anlagenbau und in der Oberflächenbehandlung verdrei- bis vervierfacht.

Plasmachemie im Wachstum

Beträchtliches Potenzial für zukünftige Anwendungen besitzt nach o.g. Evaluierung die nichtthermische Plasmachemie. Als Anwendungsfelder für diese Verfahren werden zum Beispiel die Beschichtung von Nanofasern, die Herstellung von Nanopartikeln, aber auch die Synthese kleinster Stoffmengen (Mikro-Chemie-Labors) oder die Plasmabehandlung von Kunststoffgranulat in Betracht gezogen.

Von der Behandlung von Nanofasern und Kunststoffgranulat erhofft man sich bessere Eigenschaften bei der Weiterverarbeitung, et-

wa die Vernetzung der Fasern mit einem umgebenden Kunststoff und dadurch die Erhöhung der Bruchfestigkeit oder bessere Fließeigenschaften beim Kunststoffspritzguss. Nanopartikeln wird potenziell eine Bedeutung in der Medizin, zum Beispiel in Zusammenhang mit Kontrastmitteln, aber auch zur Überwindung der Blut-Hirn-Schranke, zugeschrieben.

Mängel in der Ausbildung

Um die Möglichkeiten der Niedertemperatur-Plasmatechnologie auszuschöpfen werden grundsätzlich mehr Hochschulabsolventen (Universität oder Fachhochschule) mit plasmatechnisch relevantem Wissen im weitesten Sinne benötigt, so der VDI. Die erforderlichen Kenntnisse für die Plasmatechnik sind eine zum Teil recht spezifische Mischung aus Physik, Elektrotechnik, Ingenieurwissenschaften und vielfach auch Chemie bis hin zur Pharmazie.

In den Unternehmen wird ein verstärkter Bedarf an plasmatechnisch qualifiziertem Personal von Hochschulen gesehen. Tendenziell ist das Interesse an Absolventen mit geeignetem Fachhochschulabschluss größer als an Universitätsabsolventen. Neben der Bedeutung

Zündung: Wenn die (Ladungs-)Lawine ins Rollen kommt

Zündet eine Glimmentladung, hilft oft der Himmel: die kosmische Strahlung. Diese Aufgabe kann auch die Strahlung der allgegenwärtigen natürlichen Radionuklide übernehmen, oder die Einstrahlung von Licht. Die genannten Prozesse sorgen dafür, dass einige Atome und Moleküle ionisieren und von vorn herein eine minimale Anzahl geladener Teilchen in dem Entladungsraum vorhanden ist; in jedem Kubikzentimeter normaler Luft befinden sich etwa 2000 Ladungspaare (positive und negative Ionen bzw. Elektronen). Ist die elektrische Feldstärke in dem Entladungsraum groß genug, bewegen sich diese Ladungen so schnell auf die entsprechenden Elektroden zu, dass sie neutrale Atome oder Moleküle ionisieren, wenn sie mit ihnen zusammenstoßen. Bei geeignetem Gasdruck, der entscheidend für die freie Weglänge der Ladungsträger und die Wahrscheinlichkeit von Zusammenstößen ist, vermehren sich die Ladungsträger lawinenartig: das Plasma zündet. Winzige Signal-Glimmlämpchen, Leuchtstofflampen und Reklameleuchten machen sich dieses Prinzip genauso zunutze wie Natrium- oder Quecksilberdampflampen für die Straßenbeleuchtung. *RK*

der Plasmatechnik in der Erstausbildung ist die Bedeutung von Weiterbildung keinesfalls geringer einzustufen.

Supercomputer helfen

Die Erforschung der Plasmatechnologie ist aufgrund der Vielzahl variierender Parameter und nichtlinearer dynamischer Abläufe sehr schwierig (Abbildung 3). Nicht ohne Grund steht die Simulation von Plasmavorgängen an der Spitze von Supercomputer-Anforderungen. Genannt wird ein Leistungsbedarf von bis zu 500 Exaflops, der erst in 10 bis 20 Jahren erfüllt werden kann (siehe CLB 02-2008: Probleme mit Prognosen, Seiten 54-60). Das wohl größte Problem für die Erforschung ist die Wechselwirkung von Niedertemperatur-Plasmen mit Wänden (Abbildung 4). Die die Plasmen umschließenden Materialien – seien es die der Plasmaquellen oder die von zu bearbeitenden Werkstücken – haben nämlich vielfältige Einflüsse auf die Plasmen, da hier drastische Änderungen der Teilchen- und Energiezustände auftreten. So führen sie dazu, dass nie ein reines Plasma vorliegt, weil sich immer auch Teilchen von den Materialien lösen und in das Plasma gelangen.

Zudem benötigt man andere Modelle zur Beschreibung des Plasmas in der Nähe von Festkörpern: Kann man „freies“ Plasma (im thermischen Gleichgewicht)

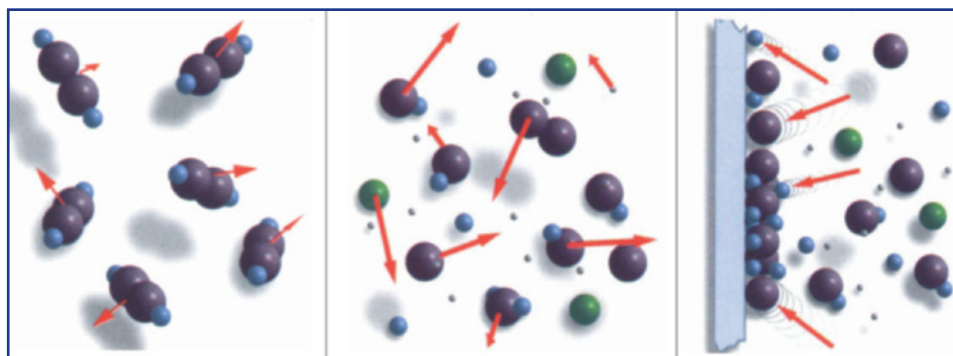
mit Mittelwert bildenden Methoden berechnen, wird in der Nähe eines Festkörpers praktisch jedes Teilchen zu einem Individuum und verlangt eine „persönliche“ Berechnung. Davon abgesehen liegen schon im Plasma selbst die Teilchen in sehr zahlreichen zu berücksichtigenden Zuständen vor, die alle einzubeziehen sind. In der Theorie der Plasmaphysik konnte man deshalb noch um 1980 herum viele Probleme weder beschreiben noch theoretisch berechnen. Man musste immer mit Modellzonen arbeiten – Stückwerk, wie Experten meinen. Erst heute gibt es Computer, mit denen sich Niedertemperatur-Plasmasysteme modellieren lassen – sofern sie nicht allzu komplex sind; der Wunsch nach noch schnelleren Computern ist wie schon gesagt sehr ausgeprägt.

Schwierige Diagnostik

Ein zweites Problem zur Beherrschung von Plasmen ist deren Diagnostik. Man konnte lange Zeit nicht gut genug in die Plasmen hineinsehen, um überhaupt eine numerische Basis für Berechnungen zu bekommen. Das wohl älteste plasmadiagnostische Instrument, die Langmuirsonde – vereinfacht ein Draht im Plasma, über den sich etwa Elektronen- oder Ionen-dichten ermitteln lassen, ist nur sehr eingeschränkt brauchbar. So arbeiten viele Prozesse in der Plasmatechnik mit Gasen, die zur Bildung einer dünnen, nichtleitenden Schicht auf der Sondenoberfläche führen, welche die Messung verfälscht.

Heute verwendet man beispielsweise laserspektroskopische Methoden. Ein Zauberwort, das in Gesprächen mit Plasmaexperten hinsichtlich aktueller Entwicklungen immer wieder aufkommt, ist Puls. Planare Oberflächen etwa lassen sich gut mit ebenso planaren Plasmen bearbeiten – wenn man weiß wie. Entladungen schlagen aber oft ohne besondere Maßnahmen aufgrund von Instabilitäten in andere Erscheinungsformen um, es bilden sich Entladungsspitzen, die die Werkstücke zerstören. Dies kann man dadurch vermeiden, indem man das Plasma pulst. Jede Instabilität hat nämlich einen bestimmten Zeitanspruch; gepulste Plasmen lassen zerstörenden Entladungsformen keine Zeit zur Ausbildung.

Abbildung 4: Moleküle von Ethin (Trivialname: Acetylen) im Gaszustand (links) dissoziieren bei genügender Energieeinwirkung zu Ionen, Elektronen, Radikalen – und bilden somit ein Plasma (Mitte). Stoßen Teilchen an eine feste Grenzschicht (rechts), kann das zu schlagartigem Energieverlust führen; die Wand erhält eine Schicht aus amorphem Kohlenstoff (Abb.: CLB-Archiv).



2000	~ 2007	Niedertemperatur-Plasmatechnik steckt in der Fertigung von Produkten, an denen in Deutschland 7 % der Arbeitsplätze hängen.
	1983	In Japan werden Substrate in einem Mikrowellenplasma mit polykristallinen Diamantschichten überzogen.
1950	1953	Werner Schmeltenmeier entdeckt Diamanten als Produkt von Acetylen-Gasentladungen.
	1938	Leuchtstofflampen für den Markt verfügbar
	1923	Irving Langmuir findet Plasmaschwingungen.
1900	~ 1900	Joseph John Thomson entschleiern die Natur der Kathodenstrahlen. Eugen Goldstein beweist die Existenz der „Kanalstrahlen“.
	~ 1880	William Crookes entdeckt das Plasma.
1850	1857	Werner von Siemens entwickelt den Ozonisator, die erste Anwendung technischer Plasmen.
	~ 1820	Michael Faraday stellt die Frage nach dem 4. Aggregatzustand der Materie.
1800	~ 1780	Georg Christoph Lichtenberg erzeugte die nach ihm benannten Figuren (siehe Hintergrundbilder des Textes nebenan; Grafik: RK).

Blick zurück in Dunkelräume – die Geschichte vom Plasma

- Die Historie der Plasmatechnik reicht zurück bis ins 18. Jahrhundert. Der Physiker und Schriftsteller Georg Christoph Lichtenberg (1742 – 1799), der 1770 Professor für Mathematik in Göttingen wurde, erzeugte besonders schöne Oberflächenentladungen. Er brachte dazu zwischen eine Spitzenelektrode und eine Metallplatte eine isolierende Platte. Bestreute man diese zum Beispiel mit Farnsporen und legte zwischen den Elektroden eine Spannung an, bildeten sich daran Büschelentladungen aus.
- Erste Erklärungsversuche, die auf den Plasma-Zustand ausgerichtet waren, gingen von dem Londoner Experimentator Michael Faraday (1791 – 1867) aus, dessen bedeutendste Entdeckung 1821 die des Elektromagnetismus war. In den Jahren 1816 bis 1819 hatte er versucht, die Eigenschaften der Materie zu extrapolieren: Was passiert, wenn Materie über den festen, flüssigen und dann gasförmigen Zustand – den drei weithin bekannten Aggregatzuständen der Materie – hinaus erhitzt wird? Gibt es einen vierten Aggregatzustand?
- Faraday konnte darauf noch keine Antwort geben, aber sein Landsmann Sir William Crookes (1832 – 1919) fand diesen vierten Aggregatzustand 1879 als „strahlende Materie“ in Entladungsröhren. Er untersuchte, was passierte, wenn an Elektroden in einer Glasröhre mit nur noch geringem Luftdruck eine Spannung angelegt und die Glasröhre dann durch eine Pumpe weiter evakuiert wird. Ergebnis: Das Restgas beginnt grünlich zu leuchten, teilt sich in Streifen; zudem bildet sich an der negativen Elektrode, der Kathode, ein Dunkelraum aus, heute noch bekannt als Crookescher Dunkelraum. Aufgrund dieser Ergebnisse postulierte Crookes einen vierten Aggregatzustand, der „ultragasförmig“ ist und unter den Bedingungen eines guten Vakuums entsteht. Er vermutete – richtig – elektrisch geladene Gasmoleküle, Ionen, in der Röhre; das Plasma war entdeckt. Zuvor – 1857 – hatte Werner von Siemens schon mit einer Apparatur zur Erzeugung von Ozon die erste Anwendung technischer Plasmen verwirklicht, ohne jedoch die Vorgänge darin als Plasmaprozesse zu erkennen.
- Die Vorgänge in den Gasentladungsröhren leuchteten sich etwas mehr noch durch Untersuchungen von Sir Joseph John Thomson (1856 – 1940) in Cambridge, der 1897 in einer Veröffentlichung mitteilte, dass Kathodenstrahlen unzweifelhaft aus winzigen negativ geladenen Teilchen bestehen, die er als Korpuskeln bezeichnete. Er ermittelte das Verhältnis von Ladung zu Masse dieser später weithin als Elektronen bekannten Teilchen und postulierte, sie könnten aufgrund ihrer Winzigkeit im Verhältnis zu Atomen sehr wohl Bestandteile davon sein. Er folgerte, dass Atome aus positiv geladenen Massen bestehen, „in der überall Elektronen verstreut sind“.
- Eine Bestätigung seiner Vorstellungen über das Elektron und dessen Rolle im Atom erhielt Thomson wenige Jahre später: Der deutsche Chemiker Eugen Goldstein bewies 1886, dass in einer Gasentladungsröhre neben Kathodenstrahlen noch andere Strahlen existierten, die sich in die entgegengesetzte Richtung zur Anode hin bewegen. Er nannte sie Kanalstrahlen, die sich wenig später als positiv geladene atomare Teilchen, die Ionen, erwiesen, solche, denen Elektronen fehlten. Damit hatte man das Plasma als ein Gemisch von Elektronen und Ionen beschrieben.
- Nur der Name fehlte noch, und den definierte der New Yorker Chemiker Irving Langmuir (1881 – 1957). Langmuir beobachtete 1923 in einem ionisierten Gas charakteristische Schwingungen, die durch die Elektronendichte und -masse bestimmt sind. Diese „kollektiven Schwingungen“ in einem System vieler geladener Teilchen nannte er „Plasmaschwingungen“. Sie entstehen durch zufällige ungleichmäßige Ladungsverteilungen in Plasmen – örtlichen Ansammlungen von Elektronen bzw. positiven Ionen – und dem Bestreben, dieses Ungleichgewicht auszugleichen.
- Das erste zusammenfassende Werk über Gasentladungen verfasste der deutsche Physiker Johannes Stark im Jahre 1902: „Die Elektrizität in Gasen“. Als Direktor des Physikalischen Instituts der Universität Greifswald wurde ihm am 10. Dezember 1919 der Nobelpreis für die Entdeckung des Doppler-Effektes an Kanalstrahlen und die Aufspaltung der Spektrallinien in elektrischen Feldern zuerkannt. Stark holte Ende 1918 Rudolf Seeliger nach Greifswald, der dort bis 1955 wirkte und als einer der Pioniere moderner Plasma- und Gasentladungsphysik gilt.
- In jüngerer Zeit sorgte die Erzeugung von Diamantschichten für Aufsehen. 1953 fand Werner Schmeltenmeier an der Pädagogischen Hochschule in Potsdam Diamanten als Produkt von Acetylen-Gasentladungen. In den 60er und 70er Jahren entwickelte man in Russland Verfahren zur chemischen Abscheidung von Diamantschichten aus der Gasphase, und 1983 erzeugten Japaner Diamantschichten mit einem Mikrowellenplasma.

Staubige Plasmen

Eine aktuelle Forschungsrichtung in der Plasmatechnologie befasst sich mit „staubigen Plasmen“, die sich auch zur Plasmadiagnostik eignen. Die Wechselwirkung zwischen Plasma und mikro-dispersen Teilchen kann erfolgreich zur Untersuchung von Plasma-Wand-Prozessen für technologische Anwendungen von Niederdruckplasmen ausgenutzt werden, schreibt Prof. Dr. Holger Kersten von der Uni Kiel im Plasma-Newsletter des VDI Technologiezentrums im Dezember 2007. Danach können mikroskopische Teilchen beispielsweise als elektrostatische Sonden vor Elektroden, Substraten, Oberflächen und Wänden in einem Prozessplasma benutzt werden, um lokale elektrische Felder und Potentialverläufe in den Randschichten zu quantifizieren. Geeignete Pulverteilchen, die etwa eine temperaturabhängige Fluoreszenz zeigen, können ebenfalls als kleine Thermosonden im Plasma bzw. in der Randschicht eingesetzt werden. Aus der sich einstellenden Gleichgewichtstemperatur lassen sich laut Kersten Rückschlüsse auf die Energieströme im Plasma, die zur Energiebilanz führen, ziehen. Weiterhin können Partikel im Plasma als Mikrosubstrate aufgefasst werden, deren Oberflächen geätzt, beschichtet oder modifiziert werden. Da mit diesen Prozessen meistens chemische Reaktionen, Molekülrekombination etc. einhergehen, kann man durch geeignete spektroskopische Messungen diese Informationen über die Plasma-Partikel-Wechselwirkung von den Teilchen direkt „abfragen“.

Über das Prozessprodukt Plasmastaub berichtete der Kieler Wissenschaftler im Juni 2007 in dem gleichen Newsletter. Die Bildung von Partikeln im Plasma sei ein kritischer Punkt in der Halbleiterindustrie, da diese unerwünschten Verunreinigungen die Ausbeute und Leistungsfähigkeit der elektronischen Bauelemente stark beeinträchtigen könnten.

Es gebe aber auch positive Aspekte von staubigen Plasmen;

einige hätten bereits Anwendungsreife erreicht. Laut Kersten haben mittels Plasmatechnologie synthetisierte bzw. modifizierte Pulver interessante Eigenschaften bezüglich Größenverteilung und chemischer Wirksamkeit. Größe, Struktur und Zusammensetzung können auf die spezifischen Anforderungen zugeschnitten werden. Derzeitige und mögliche künftige Anwendungen von plasmabehandelten Partikeln sind zahlreich. Dazu gehören beispielsweise die Verbesserung von adhäsiven, mechanischen und korrosiven Eigenschaften von Pulverteilchen für Sinterprozesse, die Verbesserung der Schichteigenschaften durch Einbau von Kristalliten für amorphe Solarzellen und Hartstoffschichten, der Einbau von Partikeln in selbstschmierende Schichten, die Anwendung maßgeschneiderter Pulverteilchen für die chemische Katalyse, die Funktionalisierung von Mikroteilchen für pharmazeutische und medizinische Anwendungen oder die Anpassung optischer Flächeneigenschaften für Toner – um nur einige Anwendungen staubiger Plasmen zu nennen.

Vielfach im Alltag anzutreffen

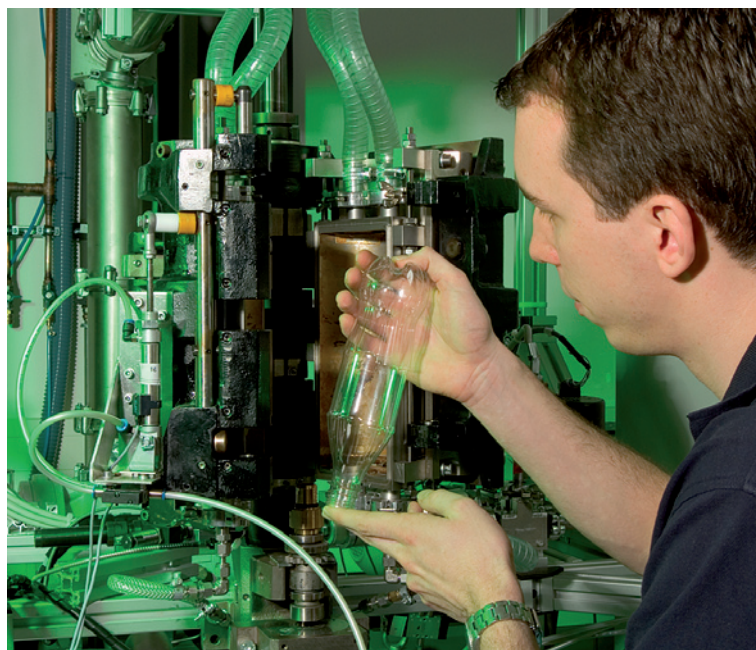
Ob Aktivierung oder Funktionalisierung von Oberflächen, Sterilisieren von Gegenständen, Optimieren von Lampen, Verbessern der Halbleiter- und Solarmodulherstellung, Diamantbeschichtung oder das Entwickeln neuer chemischer Verfahren und Produkte – die Plasmatechnologie hat noch ein enormes Entwicklungspotenzial, das in vielfacher Weise Einfluss auf unseren Alltag nehmen wird.

So lieferten Brauereien

Bier – sofern nicht frisch gezapft – typischerweise in Flaschen. Das Glas war eine starke Barriere gegen austretende Kohlensäure und Aromastoffe sowie eintretenden Luftsauerstoff. Etwa vor zehn Jahren gab es erste Versuche und Produkte, die leichten und beliebten PET-Flaschen innen plasmatechnisch mit dünnen Barrierschichten etwa aus amorphem Kohlenstoff (Abbildung 4) oder Siliciumoxid zu beschichten. Probleme bereitete sowohl die geforderte Geschwindigkeit und ggf. der Kontakt der Barrierschicht mit dem Bier oder einem anderen empfindlichen Getränk.

Jetzt haben Forscher des Instituts für Kunststoffverarbeitung (IKV) an der RWTH Aachen ein Verfahren zur Plasmaußenbeschichtung von PET-Flaschen entwickelt (Abbildung 5). Bei Nutzung mehrerer Beschichtungseinheiten in einem Rundläufer-System lassen sich bis zu 10 000 Flaschen pro Stunde mit einer Barriere ausrüsten. Die Technik kann reibungslos in bestehende Abfülllinien integriert werden. Durch die Rezyklierbarkeit der Flaschen ist das Verfahren besonders wirtschaftlich. Zudem kommt die Außenbeschichtung, die zwischen 20 und 200 Nanometer dick ist, nicht mit den Getränken in Kontakt und ist daher lebensmitteltechnisch unbedenklich. RK

Abbildung 5: Plasma-Anlage zur Außenbeschichtung von PET-Flaschen (Foto: IKV/RWTH Aachen).



Transportmechanismen in Zellen

Vom Tauziehen molekularer Motoren

Wissenschaftler konnten jetzt zeigen, wie molekulare Motoren in den Zellen Lasten transportieren: Zwei konkurrierende Motorteams bewegen sich wie beim Tauziehen in entgegengesetzte Richtungen. Das Gewinnerteam bestimmt nach dem ausgetragenen Wettstreit die Transportrichtung.

Bei Transportprozesse in den Zellen unseres Körpers arbeiten molekulare Motoren (siehe auch CLB 01-2008, Seiten 15-20: Motorproteine), spezielle Eiweiß-Moleküle, als „Lastwagen“: Sie nehmen die zelluläre Fracht huckepack und transportieren diese entlang von Filamenten, den Straßen der Zellen. Allerdings sind die molekularen Transporter eine Milliarden Mal kleiner als Lastwagen, können sich je nach Transporter-Typ nur zum Anfang oder zum Ende des Filaments bewegen, müssen sich durch ein Gewusel kämpfen, dass eher an eine überfüllte Fußgängerzone als eine Autobahn erinnert – und liegen im Wettstreit mit Motoren, die in die andere Richtung laufen wollen, wie Wissenschaftler vom Potsdamer Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung jetzt in einer Computer-Simulation herausgefunden haben.

Der Wettstreit molekularer Motoren: Eine blaue Fracht wird von zwei Motorteams transportiert, die entlang des gelben Filaments laufen. Das rote Motorteam zieht nach rechts zum Plus-Ende (+), das grüne nach links zum Minus-Ende (-). Wenn beide Teams ziehen (Mitte), behindern sie sich gegenseitig so stark, dass sich die Fracht kaum vorwärts bewegt. Gewinnt hingegen ein Team die Oberhand, geht es schnell voran, weil die gegnerischen Motoren vom Filament abgezogen werden (Bild: Melanie Müller / MPI für Kolloid- und Grenzflächenforschung).

Am Tauziehen um eine Last sind immer mehrere Motoren beteiligt – zum Beispiel einige vom Kinesin-Typ und einige vom Dynein-Typ. Die Kinesin-Motoren laufen zu dem Ende des Filaments, das Bio-

logen als Plus-Ende bezeichnen, die Dynein-Motoren zum Minus-Ende. Den neuen Erkenntnissen zufolge bestimmt das stärkere Motoren-Team, in welche Richtung eine Fracht wandert. Es setzt sich beim Tauziehen durch, indem es gegnerische Motoren vom Filament abreißt.

„Das Tauziehen ist der einfachste vorstellbare Mechanismus“, sagt Melanie Müller, eine der beteiligten Wissenschaftlerinnen: „Aber er hat es in sich, wenn man die experimentell gemessenen Eigenschaften der einzelnen Motoren berücksichtigt. Diese reagieren nämlich stark nichtlinear, wenn man an ihnen zieht.“ Ein Motor des Verliererteams spürt eine starke Kraft und wird schnell vom Filament heruntergezogen. Die verbleibenden Motoren müssen dann die Zugkraft des Gewinnerteams allein aushalten und lösen sich noch schneller ab. Dominoartig geben die Verlierermotoren auf und werden vom Filament gezogen, bis keiner mehr übrig ist. Das Gewinnerteam kann jetzt die Fracht schnell und ungehindert transportieren. Allerdings überlässt die Zelle die Niederlage nicht dem Zufall, damit die Fracht auch an dem Ende der Straße ankommt, an dem sie gebraucht wird. „Da greifen wahrscheinlich Regulationsproteine ein“, sagt Melanie Müller.

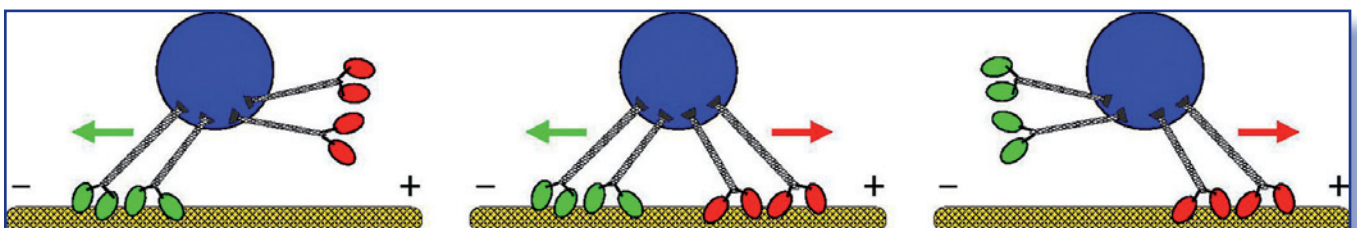
Ob ihr Modell vom Tauziehen der Wirklichkeit entspricht, überprüften die Forscher am Transport von Fetttropfchen in Drosophila-Embryos. Tatsächlich erklärt es die experimentellen Beobachtungen, die es teilweise auch schon vorher zum Transport-Mechanismus gab: Eine Fracht läuft auf einem Filament nicht schnurstracks von einem zum anderen Ende, vielmehr wird sie immer wieder auch in die Gegenrichtung

gezogen. Die Verlierer-Motoren können die Gewinner-Motoren nämlich gelegentlich doch von der Filament-Straße abheben, weil der thermische Sturm die Gewinner-Motoren gelegentlich von der Straße bläst. Die Fracht-Teilchen bewegen sich auf diese Weise in beide Richtungen.

„Solch ein bidirektionaler Transportprozess ist sehr flexibel“, erklärt Melanie Müller: Er kann die Richtung wechseln, wenn die Fracht am Ziel vorbeigelaufen ist, oder die Transportgeschwindigkeit ändern. Der Mechanismus des Tauziehens, bei dem das Gewinner-Team nicht nur die Last, sondern auch die gegnerische Motoren-Partei durch die Zelle zieht, löst zudem ein anderes logistisches Problem in der Zelle. Er bringt auch die Motoren immer zu dem Ende des Filaments, von dem aus sie loslaufen können und verhindert so, dass sich die Motoren eines Typs an ihrem jeweiligen Ziel stauen.

Trotz des einfachen Mechanismus zeigt ein Fracht-Teilchen, das durch zwei Motorenteams transportiert wird, ein sehr komplexes Verhalten ihrer Beweglichkeit. Es gibt sieben unterschiedliche Kombinationen aus Bewegungen zum Plus- und Minus-Ende sowie Pausen, zwischen denen das Fracht-Teilchen wechseln kann. Dies nutzt die Zelle aus, um den Fracht-Transport zu steuern.

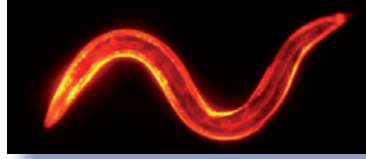
Die MPG-Wissenschaftlerin spekuliert: „Der einfache und effiziente Tauzieh-Mechanismus könnte für den Transport in Mikrolaboratorien auf Chips eingesetzt werden“. Dem biologischen Vorbild entsprechend könnten Motorteams bestimmte Moleküle gezielt zu spezifischen Reaktionsorten auf dem Chip transportieren, und dann das Reaktionsprodukt wieder zurückbringen.



Insulin blockiert Langlebens-Protein

Der Wurm lebt länger mit SKN-1

Forscher der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg haben in Zusammenarbeit mit Kollegen von der Harvard Medical School in Boston, USA, eine bislang unbekannte Funktion des Insulins entdeckt, die Alterung und Lebenserwartung beeinflussen kann.



Der Fadenwurm (Nematode) *Caenorhabditis elegans* ist ein Modellorganismus zur Untersuchung der Funktionen humaner Krankheitsgene. 1998 wurde sein Genom komplett sequenziert. Überraschend: Für ungefähr 65% der humanen Krankheitsgene gibt es homologe Gene im Wurm. Gen-knockouts können teilautomatisiert in wenigen Wochen erstellt werden. Die RNAi-Methode ermöglicht es, hunderte, sogar tausende Gene in parallelen Ansätzen im Hochdurchsatz und im Mikrotiterplattenmaßstab temporär zu inaktivieren. Da die Entwicklung des gesamten Zellstammbaums und das Verschaltungsmuster aller 302 Neuronen bekannt sind, ist eine Phänotypisierung der Mutanten leicht und schnell durchzuführen (Abb.: Baumeister).

Sie zeigten, dass Insulin über ein Enzym einen der wichtigsten zellulären Stressregulatoren, das Protein SKN-1, in den Zellen blockiert. Im Experiment führte die Aktivierung von SKN-1 zur Verlängerung der Lebenserwartung. SKN-1 kontrolliert dabei ein in der Medizin als Phase-2-Detoxifizierung bekanntes genetisches Netzwerk, das Zellen und Gewebe vor oxidativem Stress schützt. Dieser Stress entsteht durch erhöhte Mengen an freien Radikalen, Nebenprodukten des Zellstoffwechsels, und wird auch durch verschiedene Umweltgifte hervorgerufen. Die jüngste Entdeckung wurde im Rahmen von Experimenten im Verdauungstrakt des Fadenwurms *C. elegans* gemacht, der bereits häufig als Modellorganismus für menschliche Krankheiten des Alters benutzt wurde.

Die Veröffentlichung legt nahe, dass Insulin unter bestimmten Umständen die Abwehr gegen die schädlichen Einflüsse von oxidativem Stress stärker reduzieren kann als bislang angenommen wurde.

Man hofft jetzt, dass die präzise Regulation der SKN-1 Aktivität die Abwehrkräfte gegen chronische Erkrankungen und die Lebenserwartung steigern könnte. Die Arbeit könnte daher wichtig werden für das Verständnis von Diabetes und den vielen mit dieser Erkrankung verbundenen Komplikation, zu denen Arteriosklerose und Nierenversagen zählen.

„Den größten Einfluss hat diese Forschung aber auf unser Verständnis von Alterungsvorgängen“, betont Baumeister. Die Forscher gingen bislang stets davon aus, dass das Alterungsprogramm allein über einen einzelnen Genschalter namens FOXO vermittelt wird, den Insulin meistens im ausgeschalteten Zustand hält. FO-

XO ist wichtig für den Stoffwechsel bei Diabetes, für Tumorsuppression und für die Erhaltung von Stammzellen. Darüber hinaus steuert FOXO auch Gene, die an der Stressabwehr beteiligt sind. Reduziert man in *C. elegans* das Insulinsignal, etwa über Manipulation von SGK-1, so wird dort ebenfalls ein FOXO Protein namens DAF-16 aktiviert, das wirksam gegen Stress ist und einen Anti-Aging Effekt hervorruft.

Die Neuentdeckung ist nun, dass mit dem SKN-1 ein zweiter Schalter existiert, der, unabhängig von FOXO durch Insulin inhibiert wird. SKN-1 steuert den neuen Erkenntnissen zufolge völlig andere genetische Mechanismen, die Stress abwehren und Leben verlängern. SKN-1 zu aktivieren heißt: Der Wurm lebt länger.

Die Experimente sollen jetzt an Mäusen wiederholt werden, wo Insulin und ein dem Insulin ähnlicher Wachstumsfaktor IGF in einem komplizierten und noch nicht vollständig verstandenen Zusammenhang stehen. Immerhin haben die *C. elegans* Experimente in der Vergangenheit häufig gezeigt, dass sich die gefundenen Erkenntnisse auch in Maus und Mensch bestätigen ließen.

Proteine, Gene und Hormone

Tuberkulose fordert weltweit Todesopfer, doch nicht jeder Infizierte stirbt. Der Erreger kann jahrelang klinisch unauffällig in Zellen überleben. Wissenschaftler vom MPI für Infektionsbiologie haben herausgefunden, dass diese ruhenden Tuberkulose-Bakterien eine defekte Form des Gens PhoP besitzen.

HIV kann aktivierte ausgereifte Blutzellen eher infizieren als ruhende unreife Vorläufer-Zellen. Wissenschaftler des Heinrich-Pette-Instituts in Hamburg entdeckten, dass das HI-Provirus in aktivierten Blutzellen in den Zellkern transportiert und dort in die DNA eingebaut wird, in ruhenden Blutzellen bleiben sie jedoch im Zytoplasma liegen. Der zentrale Schalter für diese Transport-Blockade ist ein zelluläres Protein, der Glucocorticoidrezeptor (GR).

Unter Grauem Star oder Katarakt leiden sowohl ältere Menschen als auch Kinder. Ein Forscherteam der Universität Zürich und der ETH Zürich hat bei Kindern mit angeborenem Katarakt ein defektes Protein aus der Familie der Monocarboxylat Transporter identifiziert, welches klinisch vermutlich zur Störung des metabolischen Haushalts in der Augenlinse und der Niere führt.

Hepatitis-B-Viren infizieren weltweit etwa 400 Millionen Menschen chronisch, 750 000 sterben jährlich an den Folgen Leberzirrhose und Leberkrebs. Wissenschaftler der Universitätskliniken Hamburg-Eppendorf und Heidelberg haben im Mausmodell nachgewiesen, dass mit einer neuartigen Substanz eine Hepatitis-B-Virusinfektion verhindert werden kann.

Das Antibiotikum Kirromycin aus dem Stamm *Streptomyces collinus* wurde bislang wegen seines engen Wirkungsspektrums nicht als Medikament genutzt. Forscher der Universitäten Tübingen und Göttingen haben herausgefunden, wie das kompliziert gebaute Molekül Kirromycin in Bakterien hergestellt wird, und wie es wirkt. Interessant wird Kirromycin nun, weil es aufgrund seines Wirkmechanismus nur geringe Nebenwirkungen hat.

Hypotrichosis simplex, eine seltene erbliche Form des Haarausfalls, trifft sowohl Männer als auch Frauen. Die Betroffenen beginnen schon im Kindesalter, kahl zu werden. Wissenschaftler der Universität Bonn identifizierten einen Rezeptor auf der Oberfläche von Zellen des Haarfollikels, der beim Haarwachstum eine Rolle spielt. Das dazu gehörige Gen ist bei Hypotrichosis-Patienten defekt.

Medikamente gegen Herzinfarkt oder Schlaganfall sollten Verklumpungen in Gefäßen auflösen oder gar nicht erst entstehen lassen. Wissenschaftler vom Rudolf-Virchow-Zentrum in Würzburg haben zwei Proteine gefunden, Talin-1 und Kindlin-3, die zur Blutstillung beitragen, indem sie Integrine aktivieren. Der umgekehrte Weg, eine Blockade von Talin-1 und Kindlin-3, ist zur Vorbeugung und Auflösung von Blutgerinnseln denkbar.

Stifterverband: Hochschulen selbstständiger – Hector spendet 200 Mio. Euro Ungehälter werden wohl flexibler

Der Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft und die Heinz Nixdorf Stiftung stellen kürzlich „Leitlinien für die deregulierte Hochschule“ vor. Darin empfiehlt der Stifterverband: Hochschulen sollen künftig Arbeitgeber, Dienstherr und Tarifpartner aller Mitarbeiter sein und die Höhe der Gehälter selbst festsetzen können. In Baden-Württemberg wird das wohl 2009 möglich sein. Und die Uni Karlsruhe kann richtig zubuttern: Sie erhielt von SAP-Mitgründer Hector eine Spitzenspende von 200 Millionen Euro.

Der Stifterverband fordert auch: Die Kapazitäts- und Lehrverpflichtungsordnung und damit auch starre Vorgaben über die Zahl der zu unterrichtenden Stunden oder die Zahl der zugelassenen Studenten sollen abgeschafft werden.

Die Leitlinien des Stifterverbands empfehlen weiter, den Hochschulen die Entscheidung über die Höhe der Studienbeiträge zu überlassen. Einheitsgebühren sollen abgeschafft werden. Zugleich sei die Politik in der Pflicht sicherzustellen, dass kein

Student aus finanziellen Gründen vom Hochschulstudium ausgeschlossen werde.

Der Stifterverband fordert ebenfalls, dass die Hochschulen die Verantwortung für Verpflegung und Wohnen der Studenten selbst übernehmen und entscheiden, welche Partner sie für die Erfüllung dieser Aufgaben heranziehen – zum Beispiel Studentenwerke. Ein wichtiger Baustein der Autonomie sei auch, die Hochschulen zu Eigentümern ihrer Immobilien zu machen und den Hochschulen zu überlassen, wie sie diese bewirtschaften. An die

Hans-Werner Hector (in der rechten unteren Bildecke) und seine Frau Josefine setzen auf Spitzenförderung, nicht nur an der Universität: Nur wenige Tage vor Vergabe der 200 Millionen Euro-Spende an die Uni Karlsruhe konnte sich der SAP-Mitbegründer an den Leistungen der Schüler seiner Hochbegabten-Förderung erfreuen. Diese hatte er in den Großräumen Heidelberg, Karlsruhe und Mannheim im Jahre 2000 eingeführt. Seitdem werden aus diesen Räumen jährlich 900 der jeweils etwa 6000 Sextaner von Gymnasien und Gesamtschulen einem Test unterzogen, mittlerweile also sieben Jahrgänge. Diesen führt Prof. Dr. Kurt Heller, Zentrum für Begabungsforschung an der Ludwig-Maximilians-Universität München, anonymisiert durch; er begleitet auch die späteren „Hectorianer“ durch Evaluierungen ihrer Leistungsentwicklung. Von den 900 bereits ausgewählten und getesteten Schülern erreichen 60 Hochbegabte – 20 je Standort – die Aufnahme in das Hector-Seminar, das insbesondere die Fähigkeiten in den MINT-Fächern Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik fördert. In diesem März traten nun Teams des Jahrgangs 05 aus jedem Standort gegeneinander in einem Robotik-Wettbewerb an. Es galt, in Java programmierte Lego-Roboter verschiedene Aufgaben erfüllen zu lassen; insgesamt gab es sieben Wertungen. Der Wettbewerb wurde zum fünften Mal ausgetragen. Erstmals errang das Team aus Heidelberg den ersten Platz (Schülergruppe links; erste Reihe (kniend) v.l.: Marvin Kickuth, Jakob Schmidt, Aljoscha Auer; zweite Reihe v.l.: Tobias Hohl, Florian Schimmel, Jonas Knörr, Benedikt Niedermaier, Tobias Abschlag, Robert Schmier, Isabel Hörbrand, Jasmin Jansen, Diana Kabadiyski; dritte Reihe v.l.: Anne Mosetter, Janik Prottung, Yannik Engel, Niels Stucky, Sebastian Rutz, Silvie Müller; dahinter noch ein Helfer (Raffael) aus dem Jahrgang 01; daneben die Heidelberg-Hector-Lehrer des Jahrgangs 05, Dr. Christoph Gölz und Mattias Schmuck; Foto: Kickuth).



Stelle ministerieller Detailsteuerung sollen Zielvereinbarungen treten, die zwischen Hochschule und Ministerium einvernehmlich und partnerschaftlich geschlossen werden.

Was Staat und Gesellschaft durch eine Befreiung der Hochschulen gewinnen, beschreibt Andreas Schlüter, Generalsekretär des Stifterverbandes, so: „Mit dem Konzept der deregulierten Hochschule verknüpfen sich Ideale von Autonomie, Gestaltungsfreiheit, Eigenverantwortlichkeit und Identifikation. Diese sind nur realisierbar, wenn der Staat bereit ist, den Hochschulen mehr Entscheidungsfreiheiten zuzugestehen. Durch die Gewährung von Autonomie verliert der Staat zwar einen großen Teil seiner Einflussnahme auf die Art und Weise der Aufgabenerfüllung durch die Hochschule. Der Staat kann aber erwarten, dafür einen Partner zu gewinnen, der Freiräume intelligent und flexibel nutzt, von einer neuen Motivation angetrieben wird und ein höchstmögliches Maß an Identifikation entwickelt.“

Schlüter sieht in den Leitlinien für die deregulierte Hochschule ein Vorbild für das „Wissenschaftsfreiheitsgesetz“, das derzeit vom Bundesministerium für Bildung und Forschung vorbereitet wird. „Viele der Freiräume, die Hochschulen für sich fordern oder bereits erhalten haben, können auf die außeruniversitären Forschungseinrichtungen übertragen werden.“

Seit 2005 hatten der Stifterverband und die Heinz Nixdorf Stiftung fünf Modellhochschulen mit 2,5 Millionen Euro unterstützt. Die Universitäten Göttingen und Heidelberg sowie die Technischen Universitäten Darmstadt, Dresden und München haben neue Spielräume der Autonomie erprobt und aus ihren Erfahrungen die jetzt vorgelegten Empfehlungen an Hochschulen und Politik abgeleitet. Ein hochrangig besetzter Beirat hat die Arbeit der Hochschulen begleitet.

Hector: 200 Mio. Euro für Universität Karlsruhe

Der Milliarden-schwere SAP-Mitgründer Hans-Werner Hector (siehe Foto linke Seite) und seine Ehefrau Josefine stifteten der Universität Karlsruhe jetzt 200 Millionen Euro. Die Rekordsumme soll beim Kampf um die besten Köpfe helfen. „Herausragend qualifizierte Hochschullehrer konnten im bisherigen Rahmen oftmals keine angemessene Besoldung bekommen, eine Eliteuniversität braucht auserlesene Hochschullehrer“, sagt Hector bei der Unterzeichnung des Vertrags für den „Hector-Wissenschaftsfonds der Universität Karlsruhe“ am 17. März. Aus dem Fonds sollen jährlich fünf Millionen Euro für die wissenschaftliche Ausstattung und die Auszeichnung von besonders qualifizierten Hochschullehrern zur Verfügung stehen. Nach Einschätzung von Uni-Rektor Horst Hippler ist damit ein Wechsel von internationalen Spitzenwissenschaftlern des US-amerikanischen MIT (Massachusetts Institute of Technology) nach Karlsruhe möglich und attraktiv geworden.

Die potenzielle Steigerung der Attraktivität von Karlsruhe durch den Hector-Fonds für Forscher aus aller Welt ist vor einem besonderen Hintergrund zu sehen: Baden-Württemberg will einen neuen Kombi-Lohn für Professoren einführen. Das staatliche Gehalt der Forscher soll dann erstmals mit privatem Geld aufgefüllt werden dürfen. Die Regelung tritt wohl im Frühjahr 2009 in Kraft; es laufen noch rechtliche Prüfungen. Bislang können Spender und Stifter zwar Ausstattung und Mitarbeiterstellen fördern, aber nicht den vom Land gedeckelten Gehaltstopf einer Hochschule speisen.

Die Universität Karlsruhe, die 2006 zur Elite-Uni ernannt wurde, verfolgt übrigens gerade ein ehrgeiziges Projekt, das ihre Attraktivität weiter steigern dürfte: Sie verschmilzt mit dem bundeseigenen Forschungszentrum Karlsruhe zum Karlsruher Institut für Technologie (KIT). RK

Trendbarometer Förderungen

- Die Saar-Universität gründet Deutschlands erste **Europäische Schule für Materialforschung** (EUS-MAT) für die Ausbildung im Bereich Materialwissenschaft und Werkstofftechnik. Darüber hinaus sind ein Weiterbildungsangebot sowie die Koordination eines europäischen Universitätsnetzwerkes geplant.
- An der Universität Paderborn wird im Sommer 2008 zum 2. Mal die „**Sommerschule Chemie**“ angeboten. 45 Schüler des aktuellen Abiturjahrgangs aus ganz Deutschland haben die Chance, eine chemische Vorbildung zu erwerben, die bereits zum WS 2008/2009 zur Aufnahme eines Chemiestudiums mit der Einstufung in das zweite Semester qualifiziert (<http://chemie.upb.de>).
- Für den **Energieträger Wasserstoff** wird in Zukunft ein starker Anstieg der Nachfrage erwartet. Die Dresden International University (DIU) hat sich in enger Zusammenarbeit mit der TU Dresden zum Ziel gesetzt, Wasserstoff-Experten auszubilden und hat hierfür im Sommersemester 2008 einen zweijährigen berufsbegleitenden Masterstudiengang eingerichtet (www.dresden-international-university.de/864.html).
- Der **Studienabbruch an den deutschen Hochschulen** hat sich von 22% auf 21% weiter verringert (Universitäten 20%, Fachhochschulen 22%). Bei den neu eingeführten Bachelor-Studiengängen liegt die entsprechende Quote an den Universitäten bei 25%, an den Fachhochschulen bei 39%. Während die universitären Bachelor-Studiengänge in den Fächern Sozialwissenschaften, Sprach- und Kulturwissenschaften, Agrar-, Forst- und Ernährungswissenschaften zu einem deutlichen Rückgang des Studienabbruchs beigetragen haben, ist die Anzahl der Studienabbrecher in den Bachelor-Studiengängen der Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften an den Fachhochschulen überdurchschnittlich hoch.
- Rund 30 000 Jugendliche brechen jährlich ihre Ausbildung aus gesundheitlichen Gründen ab. Das Landesgesundheitsamt Brandenburg führte deshalb das Modellprojekt „**Allergie und Berufswahl**“ durch. Durch verschiedene Maßnahmen verbesserte das Projekt die Früherkennung allergischer Erkrankungen (25% der Schulabgänger), und die berufsbezogene Beratung der Betroffenen.
- Der mit 10 000 Euro dotierte erste Preis des **Deutschen Innovationspreises für nachhaltige Bildung**, eine Initiative der Uni Koblenz-Landau und der Schülerhilfe, ging an das Bildungsinstitut für Umwelt und Wasserwirtschaft, Neubrandenburg, für ihr Ausbildungsprojekt „Brodaer Teiche“. Den 2. Preis erhielt die AOK Baden-Württemberg für „ScienceKids“, das der Verbesserung des Ernährungs- und Bewegungsverhaltens von Kindern dient. 3. Platz: Dietrich-Bonhoeffer-Schule in Recke mit dem Projekt „Offene Höfe - offene Schule“ zur Stärkung der sozialen Bindung mit dem bäuerlichen Umfeld der Schule.

Proteomforschung wartet noch auf den Durchbruch

Fehlende Standardisierung hemmt den Erfolg

Der Vergleich aller Proteine von gesunden und kranken Zellen des menschlichen Körpers soll helfen, den Ursachen von Krankheiten auf die Spur zu kommen: Dieser Ansatz der internationalen Humane Proteom Organisation (HUPO), in der sich Proteinforscher aus aller Welt zusammengeschlossen haben, ist viel versprechend. Dennoch gab es bisher keinen Durchbruch in der Forschung. Ein Grund dafür liegt wohl in der mangelnden Standardisierung.

Diese Ansicht vertreten Prof. Dr. Helmut E. Meyer und Dr. Michael Hamacher vom Proteomcenter der Uni Bochum: „Wenn alle Forscher weltweit unterschiedlich an die Fragen herangehen, lassen sich ihre Ergebnisse schlecht vergleichen“, argumentiert Dr. Hamacher. Auch würde die notwendige Anzahl an Versuchsreihen von Wissenschaftlern teils deutlich unterschätzt. Die Forscher fordern daher einen wissenschaftlichen Verhaltenskodex.

Die Erbinformation jeder Zelle ist in den Genen festgeschrieben. Jedes Gen kodiert für ein oder mehrere Eiweiße (Proteine). Die

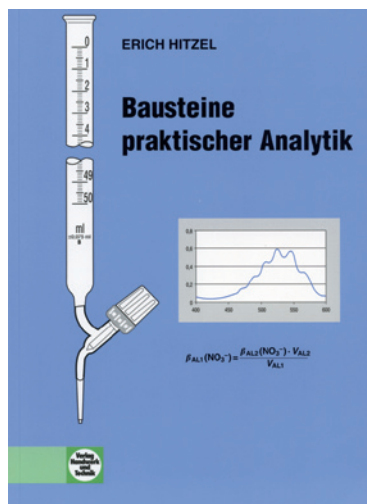
Gesamtheit aller Proteine, das Proteom, ist jedoch veränderlich, da nicht alle Gene in verschiedenen Zelltypen gleichzeitig oder im gleichen Ausmaß in Eiweiße umgesetzt werden. So unterscheidet sich das Proteom verschiedener Organe, die dadurch unterschiedliche Aufgaben und ein verschiedenes Aussehen haben. Auch bei Erkrankungen – selbst beim einfachen Stoffwechsel – tritt eine Veränderung des Proteoms auf. Ein Vergleich der Proteine von gesunden und erkrankten Zellen kann daher Aufschluss über die Ursache der Krankheit geben.

Dieses Ziel verfolgen Proteinforscher weltweit, die sich 2001 in der internationalen Humane Proteom Organisation (HUPO) zusammengeschlossen haben. Die Koordination der Analyse des Gehirn-Proteoms übernahmen Helmut E. Meyer (Medizinisches Proteom-Center der Ruhr-Universität Bochum) und Joachim Klose (Institut für Humangenetik der Charité Berlin). Fernziel des Projekts ist die Entschlüsselung des Gehirn-Proteoms, die Identifizierung krankheitsassoziierter Proteine und die Entwicklung geeigneter Methoden und Stan-

dards. Die krankheitsassozierten Proteine könnten als Früherkennungsmarker oder Ansatzpunkte für pharmakologische Strategien dienen.

Allerdings ist die Analyse von Proteinen überaus komplex. Zum anderen zeigt sich, dass viele Forschergruppen unterschiedliche Protokolle und Kriterien bei ihren Versuchen verwenden. Beides vermindert die Erfolgsaussichten der Forschung. „Da die zurzeit verfügbaren Methoden aber noch nicht empfindlich genug sind, werden bei gleicher Fragestellung oft unterschiedliche Ergebnisse gewonnen, die nur schwer miteinander vergleichbar sind“, so Hamacher. Das HUPO Brain Proteome Project ruft zum Einhalten eines Verhaltenskodex auf. „Wichtig, so Prof. Meyer, „ist es, Versuche immer nach den gleichen Ablaufmustern durchzuführen. Internationale Standards wie z. B. zur Probenbehandlung oder bei der bioinformatischen Auswertung der anfallenden Daten müssen dabei eingehalten werden, so dass jede Arbeitsgruppe die Wiederholbarkeit einer Studie letztendlich auch nachweisen kann.“

Grundlagen der Analytik beherrschen, um effektiv zu arbeiten



Erich Hitzel: Bausteine praktischer Analytik; Lehrbuch mit Übungen und Lösungen für Ausbildung und Beruf. 264 Seiten, 2. überarbeitete Auflage; Verlag Handwerk und Technik, Hamburg 2007; ISBN 978-3-582-01232-6; 25,40 Euro.

Säuren können mit einfachen Glasgeräten, kleine Schwermetallkonzentrationen mit der hochtechnisierten Atomabsorptionsspektroskopie bestimmt werden. In immer kürzeren Abständen werden die Geräte zum Nachweis von Substanzen und zur

Bestimmung von Konzentrationen weiterentwickelt. Die Methoden sind verschieden, die Prinzipien für die Planung, Durchführung und Auswertung solcher Analysen jedoch gleich. Wer die Grundlagen der Analytik beherrscht, kann sich in kurzer Zeit in jedes Analysenverfahren einarbeiten. Das ist das Ziel dieses Buchs.

In 23 Bausteinen werden die theoretischen Grundlagen und die praktische Durchführung nasschemischer und instrumenteller Analysenverfahren so dargestellt, dass dieser Zusammenhang verständlich wird und übertragen werden kann. Eine Fülle von Analysendaten ermöglicht die praktische Anwendung. Das Buch ist für Laboranten, Berufsfachschüler und Techniker geschrieben; es eignet sich für Unterricht, Ausbildung und Selbststudium. CS

Aufgaben verstehen und trainieren

Erich Hitzel: Trainingsbuch praktischer Analytik. 184 Seiten; Verlag Handwerk und Technik, Hamburg 2007; ISBN 978-3-582-01233-3; 16,20 Euro.

Nicht das, was Lernenden gelehrt wird, macht deren Wissen und deren Fähigkeiten aus, sondern das, was sie selber beschreiben können, wie sie Probleme lösen, Methoden anwenden und Arbeiten durchführen.

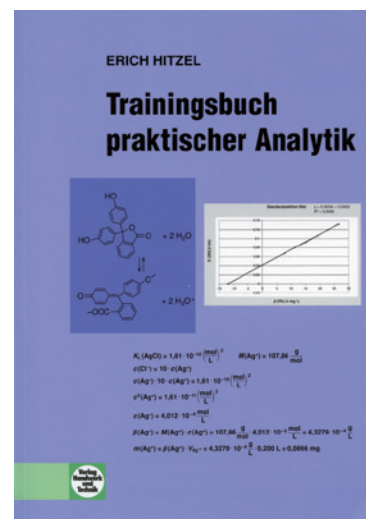
Das vorliegende Trainingsbuch will mit seinen Fragen und Übungen dafür eine Hilfe sein. Weil es weniger um das Gedächtnis, als um das Verständnis geht, werden häufig erläuternde und begründende Antworten gefordert.

Dieses Trainingsbuch ist als Ergänzung des Lehrbuchs „Bausteine praktischer Analytik“ zu verstehen. Die einzelnen Kapitel dieses Lehrbuches enthalten jeweils einen kleinen Übungsteil, hier werden diese Übungen in beträchtlichem Umfang ergänzt. Für Fragen und Aufgaben, die nicht unmittelbar über den Lehrbuchtext zu beantworten sind, werden, je nach Schwierigkeitsgrad, im Lösungsteil die Antworten

skizziert oder vollständig angegeben. In wenigen Fällen erfordern die Übungen eigene Literaturarbeit. In größeren Abschnitten sind gebundene Fragen eingefügt, bei denen die richtigen Antworten anzukreuzen sind.

Bei den Berechnungen wird nach dem Motto gerundet: Die Zahl der gültigen Ziffern des Endergebnisses ist gleich der Zahl der gültigen Ziffern des Ausgangswertes mit der geringsten Anzahl gültiger Ziffern.

Die Übungen und Fragen setzen den Gebrauch eines Tabellenbuchs voraus, das Naturkonstanten, stoffspezifische Größen und analytische Daten enthält. Empfehlenswert dafür ist das Buch „Tabellen zur Chemie und Analytik“, Handwerk und Technik HT 1234. CS



Molekularbiologie – der mühsame Weg über den Atlantik

David P. Clark: Molecular Biology – Understanding the Genetic Revolution. 808 Seiten. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2006. ISBN 978-3-8274-1696-4. Euro 69,50.

Das 2005 erschienene amerikanische Werk richtet sich an Studenten unterschiedlichen Ausbildungsstandes, um ihnen die in der Zellbiologie, Genetik, Mikrobiologie und Evolutionsbiologie, in der Human- und Veterinärmedizin und in den Agrarwissenschaften erforderlichen Kenntnisse der Molekularbiologie zu vermitteln. Dieses Original besteht aus dem englischsprachigen Lehrbuch-Text, der durch zahlreiche vielfarbige Abbildungen mit den dazu gehörenden Erläuterungen in 26 Kapiteln sehr anschaulich dargestellt wird.

Zu seiner weiteren Verbreitung im deutschsprachigen Raum ist das Original um folgende Merkmale ergänzt worden:

1. Im Text jeder Seite sind stets einige englische Wörter aus dem allgemeinen Sprachgebrauch und/oder Fachbegriffe unterstrichen und in der linken Randspalte in deutscher Übersetzung wiedergegeben. Den Nutzen der hier nach Art und Anzahl der übersetzten Wörter getroffenen Auswahl für sein Studium kann der Leser selbst bewerten.

2. Die fachlichen Erläuterungen in deutscher Sprache (als jeweils gelb unterlegte Infobox) sind hilfreich.

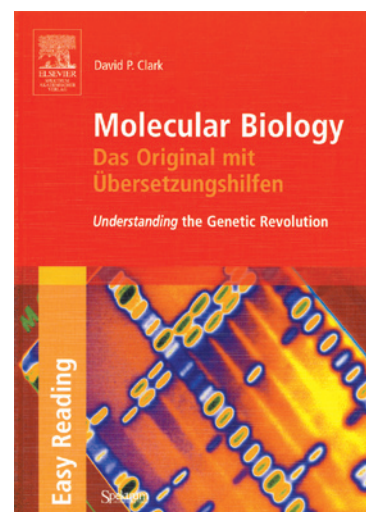
3. Im Glossary (23 Seiten im Schlussteil des Buches) sind deutsche Fachbegriffe (Fettdruck) zusammengestellt, gefolgt von ihrer englischen Übersetzung und ausführlicheren Begriffserklärungen, wiederum in deutsch.

4. Für ausgewählte englische Fachbegriffe (Fettdruck) werden am unteren Rand jeder Seite (blau unterlegt) kurze Begriffserklärungen in deutsch angeboten. Leider ist eine Anzahl der hier gegebenen „Erläuterungen“ unzureichend (Proteine leisten zum Beispiel auf Seite 3 „auch die meiste Arbeit in der Zelle“; auf Seite 23 erscheint Protein als „Polymer, das in der Zelle die meisten Funktionen erfüllt), oder unzutreffend (zum Beispiel Seite 196: β -Mercaptoethanol mit drei freien Sulfhydryl-Gruppen).

Dieser Sachverhalt wiegt um so schwerer, als der Verlag das Werk als „Das perfekte Einsteiger-Lehrbuch“ bezeichnet und damit hohe Erwartungen weckt, die in diesem Maße nicht erfüllt werden. Gerade Einsteiger haben einen besonderen Anspruch darauf, dass ihnen die grundlegenden Begriffe auf dem für sie neuen Fachgebiet mit sämtlichen wesentlichen Merkmalen nahe gebracht werden.

In dieser Form überzeugt das Konzept des „Easy Reading“ für deutschsprachige Studenten nicht. So bleibt die von einem anderen Verlag anlässlich des Erscheinens der deutschen Übersetzung eines englischen Biophysikbuchs gestellte Frage: „Was eignet sich besser zum Einstieg in ein neues Fachgebiet als ein in der Muttersprache verfasster Text?“

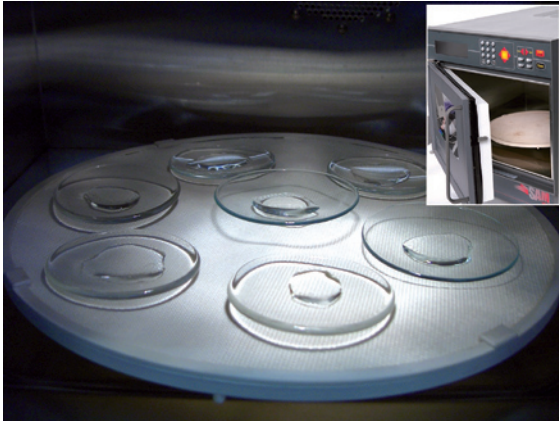
Dieter Holzner



Der schnellste Trockenschrank der Welt

Der Mikrowellen-Trockenschrank SAM 255 trocknet minutenschnell Polymerlösungen, Pharmazeutika, Milchpulver, diverse Lebensmittel, Klärschlamm, Farben, Farbkarten, Coatings... etc.

Der Trockenschrank verringert die Trockenzeiten von vielen Stunden



auf wenige Minuten bei vergleichbaren Ergebnissen mit der Standardmethode im Standard-Trockenschrank beziehungsweise im Vakuum-Trockenschrank.

Eine Temperatur-, Leistungs- und Zeit-Programmierung ermöglicht präzise und reproduzierbare Resultate. Die Temperatur-, Zeit- und Mikrowellen-Energieprogrammierungen werden unabhängig für jede Programmierstufe eingegeben und abgespeichert. Die Programmierung des Mikrowellenenergieeintrages erfolgt in 1 % Schritten, die maximale Leistungsabgabe beträgt 600 W. Die leistungsfähige, variable Abluftanlage saugt Raumluft durch den Trocknungsraum im Mikrowellengerät und führt so den entstehenden Wasser- beziehungsweise Lösemitteldampf ab. Organische Lösemitteldämpfe werden somit sicher über

diese Abluftanlage abgeführt, es stellt sich keine Gefahr durch Entzündung oder Explosion ein.

Das Probengut wird in Trocknungsschalen, Trocknungsdrehtellern beziehungsweise in Trocknungskörben eingewogen und im SAM 255 mit Mikrowellenenergie bestrahlt. Es kann bis zu 1 kg Probenmaterial getrocknet werden. Zusätzlich kann zur Beschleunigung der Trockenzeit das Probengut auf „CEM Probenträgern“ aufgegeben werden, um eine Oberflächenvergrößerung zu erreichen.

CEM GmbH
47475 Kamp-Lintfort
Tel + 49 28 42 96 44 0
Fax + 49 28 42 96 44 11
www.cem.de

Neue Abmessungen von Lager- und Septumvials ergänzen das Programm

Im Sommer 2006 haben wir unsere Lagervials aus eigener Produktion erstmals vorgestellt. Die ersten vier waren Vials mit 27 mm Durchmesser und den Volumen 10, 15, 20 und 25 ml, erhältlich in klarem und braunem Borosilikatglas. Unsere Lagervial Familie ist rasch gewachsen und umfasst inzwischen Vials mit 12, 14, 19 und 27 mm Durchmesser mit Volumen von 1 - 60 ml.

Seit dem Frühjahr 2008 sind ein 7.5 ml Vial mit 19 mm Durchmesser und 50 mm Höhe, sowie ein 30 ml Vial mit 27 mm Durchmesser und 78 mm Höhe dazu gekommen. Diese Zwischengrößen ergänzen die Volumenbereiche der jeweiligen Vial Durchmesser.

Die Schraubkappen zu unseren Lagervials (geschlossene Schraubkappe) resp. Septumvials (Kappe mit

Durchstichöffnung) sind in sechs Farben erhältlich. Passend zu den Septumvials gibt es Silikon/PTFE Septen.

Vials werden komplett verschraubt in einer weissen Stulpschachtel mit 100er Rastereinsatz geliefert.

7.5 ml Lager- resp Septumvial 19 x 50 mm in Klar (H) resp. Braunglas (D)
 - Lagervial mit geschlossener Schraubkappe mit PTFE beschichteter Einlage
 - Septumvial mit offener Schraubkappe mit 1.6 mm dickem klarem Silikon/weissem PTFE Septum

Pack à 100 Stk Schachtel mit Rastereinsatz

alle Schraubkappen sowohl geschlossen wie offen sind in 6 Farben erhältlich ersetzen Sie * mit der Kappen Farbe Ihrer Wahl

Lagervial 7.5 ml 19 x 50 mm G075*-19/050-H = EUR 62.00/Pk G075*-19/050-D = EUR 64.00/Pk	Septumvial 7.5 ml 19 x 50 mm G074*-19/050-SKFW16-H = EUR 71.00/Pk G074*-19/050-SKFW16-D = EUR 73.00/Pk
--	---

30 ml Lager- resp Septumvial 27 x 78 mm in Klar (H) resp. Braunglas (D)
 - Lagervial mit geschlossener Schraubkappe mit PTFE beschichteter Einlage
 - Septumvial mit offener Schraubkappe mit 3.4 mm dickem klarem Silikon/weissem PTFE Septum*

* alternative Septen finden Sie auf unserer Webseite www.infochroma.ch

Lagervial 30 ml 27 x 78 mm G075*-27/078-H = EUR 83.00/Pk G075*-27/078-D = EUR 89.00/Pk	Septumvial 30 ml 27 x 78 mm G074*-27/078-SKFW34-H = EUR 127.00/Pk G074*-27/078-SKFW34-D = EUR 133.00/Pk
---	--

blau = B
grün = G
rot = R
schwarz = S
weiss = W
gelb = Y

Preise bei Abnahme von 1 Pack; Mengenrabatte anwendbar
alle Preise exkl. MWST, exkl. Porto und Verpackung

GTG Glastechnik Gräfenroda GmbH
99330 Gräfenroda
Tel +49 36205 77 29
Fax +49 36205 77 228
www.gtgviales.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



Köttermann
Systemlabor

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

LABOREINRICHTUNGEN

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

LABORHILFSMITTEL



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

LABOR-SCHLÄUCHE UND -STOPFEN AUS GUMMI

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

LABORZENTRIFUGEN, KÜHLZENTRIFUGEN



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



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

LEITFÄHIGKEITS-MESSGERÄTE



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

MIKROSKOPE



Labor- und Routine-
Mikroskope
Stereolupen und
Stereomikroskope

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

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

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

OPTISCHE TAUCHSONDEN

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

PARTIKELANALYSE



PH-MESSGERÄTE



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

REINIGUNGSMITTEL FÜR LABORGLAS



SAUERSTOFF-MESSGERÄTE



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

STERILISATOREN

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

TEMPERATUR-MESSGERÄTE



TEMPERATUR-MESSGERÄTE



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

THERMOMETER



VAKUUMKONZENTRATOREN

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

CLB-Geschichte

In dieser CLB werden ab Seite 107 Grundlagen und Anwendungen der Niedertemperatur-Plasmatechnologie beschrieben. Auch wenn in einem Lichtbogen Temperaturen zwischen 5000 und 50 000 Kelvin herrschen zählen Anwendungen von ihm zur Niedertemperatur-Plasmatechnik, seien es die modernen Xenon-Gasentladungslampen in Autoscheinwerfern oder – wie nebenstehend in der CLB vom Oktober 1952 beschrieben – industrielle Lichtbögen etwa zur Ethin-Erzeugung.

In reinem Zustand ist Ethin geruchlos und ungiftig. Aus technischen Calciumcarbid (CaC_2) – beispielsweise aus Schweißcarbid – hergestelltes Ethin hat oft einen unangenehmen, leicht knoblauchähnlichen Geruch, der von Verunreinigungen herrührt. Meistens handelt es sich dabei um Phosphin (PH_3), Arsin (AsH_3), Ammoniak (NH_3) und Schwefelwasserstoff (H_2S), die bei der technischen Herstellung aus Calciumcarbid mitentstehen.

Ungefähr 80 Prozent des Ethins wird für die organische Synthese verwendet. Durch Addition von Halogenwasserstoffen werden Vinylhalogenide und Polyvinylhalogenide, zum Beispiel Vinylchlorid oder Polyvinylchlorid hergestellt. Durch Addition von Essigsäure wird Vinylacetat und Polyvinylacetat hergestellt, durch Addition von Alkohol Vinylether und Polyvinylether. Außerdem werden Cyclooctatetraen, Acrylsäure, Essigsäure, 1,3- sowie 1,4-Butandiol, Propargylalkohol, 2-Butin-1,4-diol, Vinylethin, Bernsteinsäure, Neopren, Chloropren, Vinylester, Polyvinylester, höhere Alkohole, und Monochlorethansäure aus Ethin synthetisiert. Besonders die hergestellten Polymere sind von industrieller Bedeutung. Seltener wird aus Ethin Benzol, Butadien, Ethanol, Acrylnitril und Polyacrylnitril, Vinylhalogenide, Acrylsäure und Acetaldehyd hergestellt.

In der industriellen Terpen-Synthese, die vor allem als Duft- und Aromastoffe verwendet werden, spielt die Ethinylierung eine Rolle, schon im Grundschrift für alle Terpen-Synthesen wird Ethin mit Aceton in Gegenwart einer Base zum 3-Butin-2-ol ethinyliert, auch in weiteren höheren Schritten findet sich die Ethinylierung immer wieder. Auch bei der Synthese von Vitamin A findet eine Ethinylierung statt: so wird in einem Schritt β -Ionon zu Ethinylionol ethinyliert.

Auch in der Mikroelektronik und Mikrotechnik wird Ethin eingesetzt. Hier dient es zum Beispiel zum Abscheiden von Diamant-, Graphit- oder Polyacetylen-schichten und zur Herstellung von Nanoröhren – und mit diesen Anwendungen schließt sich wiederum der Themenkreis hin zur Niedertemperatur-Plasmatechnologie ;-)

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

Acetylen-Erzeugung im elektrischen Lichtbogen

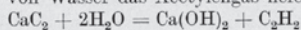
Von Dr. H. Gladisch, Chem. Werke Hüls

Das Acetylen

Der Franzose *Marcelin Berthelot* — ein Wissenschaftler von Weltruf — hat in den 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts bei Experimenten in seinem Pariser Laboratorium einen elektrischen Lichtbogen in Wasserstoffatmosphäre zwischen zwei Kohle-Elektroden brennen lassen und festgestellt, daß dabei ein eigenartiger, gasförmiger Kohlenwasserstoff entsteht, der bisher unbekannt war. Er nannte ihn Acetylen, untersuchte ihn und beschrieb viele seiner Eigenschaften in der Veröffentlichung „Carbures d'Hydrogène“.

Zunächst interessierte sich damals für diesen Stoff und diese Synthese niemand. Erst allmählich erkannte man den Wert dieses für die Chemie fundamental wichtig gewordenen Stoffes, der in der Natur nicht vorkommt, also hergestellt werden muß und von dessen Anwendbarkeit der „Acetylenbaum“ ein Bild gibt.

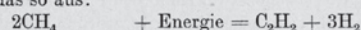
Bis zum Jahre 1940 erhielt man das Acetylen ausschließlich nach dem seit 1891 bekannten Calciumcarbid-Verfahren. Aus Kalk und Kohle wird gemäß der Formel $\text{CaO} + 3\text{C} = \text{CaC}_2 + \text{CO}$ Carbid hergestellt, das durch Einwirkung von Wasser das Acetylen liefert.



In der Badischen Anilin- und Sodafabrik, Werk Oppau, wurden nach dem ersten Weltkrieg Versuche durchgeführt, die eine Verwendung für die Nebenprodukte der Treibstoffherzeugung erschließen sollten. Man hatte mit den niedrigsiedenden Nebenprodukten der Benzinfabriken, dem sogenannten Hydrierabgas, zunächst nichts weiter anfangen können, als sie zu verbrennen und die dabei entstehende Wärme für verschiedene

Zwecke, z. B. zur Dampferzeugung, auszunutzen. Erst allmählich entwickelte man Verfahren, aus den niedrigsiedenden KW-Stoffen Wasserstoff und Kohlenoxyd-Wasserstoffgemische zu erzeugen. Darüber hinaus griff man wieder auf den Versuch von *Berthelot* zurück, der festgestellt hatte, daß man besonders gut Acetylen erhielt, wenn man Methan elektrischen Entladungen aussetzte. Die dabei sich abspielende Reaktion läuft gemäß der Formel $2\text{CH}_4 = \text{C}_2\text{H}_2 + 3\text{H}_2$ ab. Ab 1925 wurde zunächst in Oppau, später in Leuna im Versuchsmaßstab auf diesem Wege bei Einsatz der niedrigsiedenden Kohlenwasserstoffe der Benzinfabriken Acetylen erzeugt. Außer in den Hydrierabgasen stehen erhebliche Mengen gasförmiger Kohlenwasserstoffe, insbesondere Methan, im Koksofengas und Erdgas zur Verfügung.

Wie hat man sich nun eine Umwandlung von paraffinischen Kohlenwasserstoffen bzw. Olefinen in Acetylen vorzustellen? Man weiß, daß jede Reaktion, die von den oben angegebenen Kohlenwasserstoffen ausgeht, sehr stark endotherm ist, d. h. daß erhebliche Energiebeträge notwendig sind, um das Acetylen aufzubauen. In Form einer Gleichung geschrieben, sieht das so aus:



(Kohlenwasserstoff)

Wie groß die Energie ist, die hier zum Aufbau des Acetylens benötigt wird, erkennt man am besten, wenn man sie mit der Energie vergleicht, die bei der Knallgasreaktion, einer exothermen Reaktion, gemäß der Gleichung $\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O} + \text{Energie}$, frei wird. Die Bildung von 1 kg Acetylen benötigt etwa dieselbe Energie, die frei wird, wenn man ein stöchiometrisches Gemisch von 2 Kubikmetern Wasserstoff und Sauerstoff zu ca. 1 l Wasser verbrennt. Was 2 Kubikmeter Knallgas bedeuten, kann sich jeder, der im Laboratorium nur einmal einen Standzylinder von 500 Kubikzentimetern Knallgas zur Entzündung gebracht hat, gut vorstellen.

Weiter kann man berechnen, daß die Bildung von Acetylen aus Kohlenwasserstoffen erst bei Temperaturen stattfindet, die über 1000°C liegen, das bedeutet thermodynamisch gesprochen: das Gleichgewicht der Reaktion Kohlenwasserstoff \rightleftharpoons Acetylen + Wasserstoff liegt erst über 1000°C auf der Seite des Acetylens und Wasserstoffs. Bei niedrigen Temperaturen ist eine Bildung des Acetylens grundsätzlich nicht möglich. Wirtschaftlich verwertbare Ausbeuten an Acetylen erhält man sogar erst bei Temperaturen über 1500°C .

Diese Temperaturen kann man nicht durch indirekte Beheizung über wärmeaustauschende Wände erzielen, hierfür gibt es keine Materialien. Die Deckung des Wärmebedarfs muß auf eine ganz andere Art erfolgen. Eine Möglichkeit, zum Ziele zu kommen, geht über elektrische Entladungen, insbesondere den Lichtbogen. Ein Lichtbogen stellt eine Energiequelle von sehr beachtlichen Temperaturen dar.

Der Lichtbogen

Was ist nun ein Lichtbogen? Wohl jeder kennt eine Kohlenbogenlampe, bei der zwischen zwei Kohle-Elektroden ein elektrischer Strom durch die atmosphärische Luft fließt. Die zwischen den Elektroden hergestellte Verbindung nennt man den elektrischen Flammbogen oder Lichtbogen. Die elektrische Energie wird in Wärme umgesetzt, es entstehen hohe Temperaturen. Bei diesen hohen Temperaturen, die im allgemeinen bei einigen 1000°C liegen, wird die Gasatmosphäre ionisiert, d. h. die Moleküle der Luft geben Elektronen ab und aus den Molekülen werden Ionen. Elektronen und Ionen sind elektrisch geladene Teilchen, die unter dem Einfluß eines elektrischen Feldes, das an den Elektroden liegt, wandern und so Elektrizität transportieren können. Das ionisierte Gas, das als Bogenplasma bezeichnet wird, sendet ein sehr intensives, helles Leuchten aus. Dieses Leuchten macht Lichtbogenentladungen so brauchbar als Lichtquellen, z. B. für Scheinwerfer bzw. Kinoprojektionslampen. In Lichtbogenentladungen hat man also eine Wärmequelle von außerordentlich hoher Temperatur gefunden, die keinerlei Materialien benötigt, sondern nur das Gas selbst benutzt, in dem die Lichtbogenentladung brennt.

Schon 1907 hatte *Schönherr* einen solchen Lichtbogen benutzt, um aus den Bestandteilen der Luft, dem Stickstoff und dem Sauerstoff, das auch nur bei sehr hohen Temperaturen entstehende Stickoxyd zu gewinnen, das dann zu Salpetersäure weiterverarbeitet wird. Man hatte also gewisse Erfahrungen mit dem Betrieb solcher zur chemischen Umwandlung von Gasen geeigneten Bögen. Es war jedoch eine lange Zeit der Arbeit notwendig und manche Zwischenstufen mußten durchlaufen werden, ehe man das laufende Verfahren, das die *Chemischen Werke Hüls* in Marl als einziges Werk der Welt anwenden, vollständig entwickelt hatte und großtechnisch einsetzen konnte. Dieses Verfahren stellt die Grundlage für die Acetylen- und Äthylenprodukte des Werkes dar.

Der Lichtbogenofen

Die heutige technische Form des Lichtbogenofens, wie er für die Spaltreaktion in Hüls benutzt wird, zeigt Abb. 1. Das zu verarbeitende Gas tritt in den Ofen durch eine Drallbüchse A (Wirbelkammer, \varnothing ca. 80 cm; Höhe ca. 40 cm) tangential ein und geht mit Drall durch das ca. 1 m lange Flammrohr B (\varnothing 95 mm). Der Lichtbogen I, selbst brennt zwischen der glockenförmig gebauten Kathode C und dem Flammrohr B. Beide Elektroden sind also Hohl Elektroden, in denen der Ansatzpunkt des Lichtbogens, bedingt durch den Drall, jeweils Kreisbewegungen ausführt. Außerdem kann der Ansatzpunkt beliebig nach oben bzw. nach unten wandern. Der Lichtbogen ist sozusagen federnd aufgehängt. Unmittelbar hinter dem Flammrohr wird das chemisch umgewandelte, sehr heiße Gas durch Wasser abgekühlt, D. Sämtliche Teile sind aus Eisen. Die Hohl elektroden B und C sind von einem wasserdurchflossenen Kühlmantel umgeben, um ein Schmelzen der Anlage zu vermeiden. Die Kathode C liegt an dem negativen Pol einer Gleichstromquelle und ist isoliert gegen die anderen Teile des Lichtbogenofens, die sämtlich an Erde E liegen, eingebaut (Isolator J). Die Zündung des Ofens, das erste „Ziehen“ des Lichtbogens, geschieht durch eine gesonderte Zündvorrichtung Z. Abb. 2 zeigt eine photographische Aufnahme des in Abb. 1 schematisch dargestellten Lichtbogenofens.

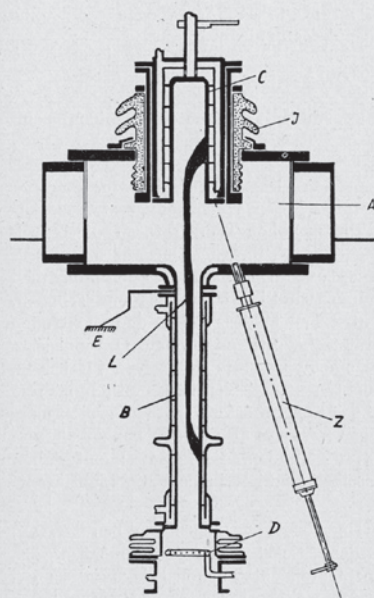


Abb. 1

Die Kathode C liegt an dem negativen Pol einer Gleichstromquelle und ist isoliert gegen die anderen Teile des Lichtbogenofens, die sämtlich an Erde E liegen, eingebaut (Isolator J). Die Zündung des Ofens, das erste „Ziehen“ des Lichtbogens, geschieht durch eine gesonderte Zündvorrichtung Z. Abb. 2 zeigt eine photographische Aufnahme des in Abb. 1 schematisch dargestellten Lichtbogenofens.

Fortsetzung in CLB 04-2008

Die Stellenbörse für Wissenschaftler und Techniker im Labor.

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

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