

CLB

Chemie in Labor und Biotechnik

Analytik

Biotechnik

Optimierte Prozesse

Komplexe Materialien

Maßgeschneiderte Moleküle

Menschen und Chemie

Aus- und Weiterbildung

Silberpaste

~~Goldtopf~~

- Recycling von Edelmetallen
- Das Ende *einer* Edelmetall-Ära
- Metallischer Wasserstoff
- Phosphan
- Wer kennt die Strukturen?

NACHFOLGE IN GEFAHR?



DEUTSCHE UNTERNEHMERBÖRSE Handelsblatt

Unternehmen kaufen | Unternehmen verkaufen | Firmennachfolge-News | Über dub.de | myBÖRSE | Benutzername | *****

Das Anzeigen- und Themenportal für Firmenverkäufe

Unsere Kompetenzpartner: ERNST & YOUNG | COMMERZBANK

Suche

Verkaufsangebote Kaufgesuche
 Eingestellt:
 Branchen:
 Land:
 Mitarbeiter:
 Umsatz (Mio. Euro):

Effizient anbieten
Die Deutsche Unternehmerbörse ist das reichweitenstärkste Unternehmerportal.
Wöchentlich erreichen wir bis zu 1,2 Millionen potenzielle Interessenten für Sie. Pro Inserat ergeben sich durchschnittlich acht hochwertige Kontakte pro Monat.

Dealticker

- German Pellets GmbH übernimmt Blieninger Unternehmensgruppe**
German Pellets übernimmt die Marken FireStick und Pelpotec
- Verkauf von Staatl. Fachingen**
Verkauf der Fachingen Heiß- und Mineralbrunnen GmbH an die Deutsche Sinalco GmbH Markengetränke & Co. KG
- KISTENPFENNIG AG übernimmt MBH Maschinenbauhandel GmbH Chemnitz**
Kistenpfennig AG kauft MBH Maschinenbauhandel GmbH

Top Objekt

Kommunikationsunternehmen
 Branche: Marketing und Werbung
 Umsatz: 657.000 €
 Mitarbeiter: 4
 Gewinn: 31.400 €
 Preis: 305.000 €

DUB-Objekte der Woche

ANGEBOTE | GESUCHE

- M&A Prozess - 20104 Schwachstrom Gebäudetechnik**
Branche: DIENSTLEISTUNGEN ...
- Dentalhandel zu verkaufen(115)**
Branche: GESUNDHEITS- UND SOZIALWESEN ...
- Einzelhandel im Bereich Sonderposten/ Lebensmittel / Gartenbedarf**
Branche: HANDEL

**33%
RABATT**

Mit einem Inserat auf DUB.de erreichen Sie bis zu 1,2 Millionen potenzielle Nachfolger – **einfach, sicher und schnell.**

Service für „CLB“-Leser

DUB ZUM SONDERPREIS: Schalten Sie einfach Ihr Drei-Monats-Verkaufsangebot auf DUB.de zum Preis von zwei Monaten. Sie sparen 59 Euro. Es fallen keine weiteren Kosten an.

UND SO GEHT'S: Schreiben Sie eine E-Mail mit dem Betreff „CLB“ an kai.mueller@dub.de oder rufen Sie an unter 040/468832-661. Sie erhalten dann umgehend Ihre Zugangsdaten. So können Sie DUB.de ausprobieren und sparen.

WWW.DUB.DE

Liebe CLB-Leserin, lieber CLB-Leser,

ich bin ein Fan von Familienunternehmen. Die Ausrichtung auf kurzfristige, möglichst hohe Gewinne führt vielleicht zu immer schlankeren Unternehmenskonstrukten. Sehr schlank heißt aber auch: Da kann dann leicht mal was ab- und wegbrechen. Diese Ausgabe zeigt an einem Beispiel, kompetent und aus Insider-Sicht von unserem Stammautor Prof. Wolfgang Hasenpusch beschrieben, einen solchen Fall (ab S. 528). Und ein weiteres Beispiel zeigt, dass man gerade durch langfristiges Denken und Diversifizierung Erfolg haben kann: Heraeus (ab S. 536). Hier dargestellt wird zwar das Hauptthema der Presseveranstaltung: Edelmetallrecycling. Das Unternehmen ist jedoch vom Edelmetallhandel bis zu wissenschaftlichen, technischen und medizinischen Anwendungen verschiedenster teurer und seltener Metalle breit aufgestellt – und erfolgreich. Übrigens bringen auch in der Politik kurzfristige Wahlzyklen meiner Meinung nach eher Unruhe als nachhaltigen gesellschaftlichen Erfolg; das stelle ich auch als Gemeinderat unserer kleinen Gemeinde Gaiberg neben



dem großen Heidelberg fest (im Foto bei der Dezember-Sitzung in einem nagelneuen Gemeindesaal, der Bau unterstützt durch das Land Baden-Württemberg – das das Geld einer großen Kommune – Pforzheim – nicht geben konnte, weil sie wegen mißglückter Finanzspekulationen (der schnelle

Gewinn lockt!) ihren Eigenanteil nicht aufbringen konnte) – was nicht heißt, ich sei gegen Demokratie. Eventuell ist es Zeit für neue Kontrollrezepte auf Basis unmittelbarer Demokratie, wie sie bei den Piraten diskutiert werden...

Längerfristige, strategische Ziele hat man wenigstens in der EU im Auge. Mit der Lissabon-Strategie haben die EU-Länder im Jahr 2000 verabredet, den Anteil der Ausgaben für Forschung und Entwicklung bis 2010 auf drei Prozent des Bruttoinlandsprodukts (BIP) zu steigern. Deutschland verfehlt das Ziel wohl, aber nur knapp. Der Anteil der F&E-Ausgaben am BIP erreichte 2009 – das ist die neueste Zahl, veröffentlicht im November, einen Anteil von 2,80 Prozent. Trotz der globalen Wirtschafts- und Finanzkrise sind in Deutschland die Ausgaben für Forschung und Entwicklung im Jahr 2009 von 66,53 Milliarden Euro 2008 auf 67,01 Milliarden Euro gestiegen. EU-weit sieht es schlechter aus: An zweiter Stelle steht Frankreich mit 42,01 Milliarden Euro. Insgesamt sind in der Europäischen Union (EU-27) in den vergangenen zehn Jahren jedoch

nur vergleichsweise mäßige Fortschritte auf dem Weg zum drei Prozent-Ziel gemacht worden. Die Forschungsintensität lag 2000 bei 1,86 Prozent und ist bis 2009 auf 2,01 Prozent gestiegen.

Aber es soll sich gewaltig was tun: Der mittelfristige, strategische F&E-Plan der EU legt gewaltig zu. Mit rund 80 Milliarden Euro will die EU in den Jahren von 2014 bis 2020 Forschung und Innovation in der Gemeinschaft fördern. Das sieht der Entwurf des neuen Rahmenprogramms „Horizon 2020“ vor, den die Kommissarin für Forschung, Innovation und Wissenschaft, Máire Geoghegan-Quinn, Anfang Dezember vorlegte. „Horizon 2020“ bündelt erstmals alle Forschungs- und Innovationsmaßnahmen der EU in einem einzigen Programm. Dem vorangegangenen 7. Forschungsrahmenprogramm für die Jahre 2007 bis 2013 stellte Brüssel insgesamt 54,4 Milliarden Euro zur Verfügung. „Horizon 2020“ muss aber noch beraten werden; die Verabschiedung ist für nächstes Jahr geplant. Bleibt zu hoffen, dass man bei der EU den Mut und die Weitsicht für die Erhöhung der F&E-Gelder behält!

Logische Konsequenz der ganzen Forschungsgelder: Man benötigt Forscher, die damit gut umgehen. Und Forschernachwuchs. Sehr erfreulich ist hier: Die Erstsemester des Jahres 2011 haben die Natur- und Ingenieurwissenschaften für sich entdeckt. Ob Maschinenbau, Informatik oder Elektrotechnik: Die Wachstumsraten liegen zwischen 17 und 23 Prozent. Allerdings darf nicht übersehen werden: Die Rekordzahl der Studienanfänger 2011 allgemein – plus 515 800, eine Studienanfängerquote von 55 Prozent eines Jahrgangs – ist auch den doppelten Abi-Jahrgängen in Bayern und Niedersachsen sowie die Aussetzung der Wehrpflicht geschuldet. Dennoch: Es gibt Hoffnung auf mehr Akzeptanz von Naturwissenschaft und Technik bei den Jugendlichen. Das belegen auch die aktuellen Anmeldezahlen zum Wettbewerb „Jugend forscht“: 10 914 wollen mitmachen (s.S. 553), neuer Rekord!

Es wäre jedoch fatal, jetzt mit den Bemühungen zur Vermittlung von Naturwissenschaften stehen zu bleiben. Ein zartes Pflänzchen braucht gute Pflege.

Ich hoffe, dieses mit der CLB in ihrem Rahmen auch 2012 leisten zu können, und wünsche Ihnen alles Gute für das Neue Jahr,

Ihr

INHALT

Aufsätze

- Das Ende einer Edelmetall-Ära
in Deutschland
Kritische Gedanken über eine Unternehmensgeschichte
in einem komplexen Geschäft _____ 528
- Kennen Sie die Strukturen?
Die Schweizer „Kaffeerahm-Deckeli“ im Jahr der Chemie 2011 _____ 542

Rubriken

- Editorial _____ 521
Impressum _____ 523
F & E im Bild _____ 523
Unternehmen _____ 524
Personalia _____ 526
Förderungen / Preise _____ 527
- Aktuelles Ereignis _____ 536
Edelmetall-Recycling: Conditio sine qua non
Technologieforum bei Heraeus in Hanau –
Bedarf erzwingt auch Substitutionen
- Umschau _____ 544
Hoher Druck macht Wasserstoff metallisch
Möglicherweise ist Wasserstoff dann sogar eine Quantenflüssigkeit
- Forschung & Technik _____ 547, 549
Nachschlageseite _____ 548
Literatur _____ 550
Neue Produkte _____ 551
- Bezugsquellenverzeichnis _____ 567

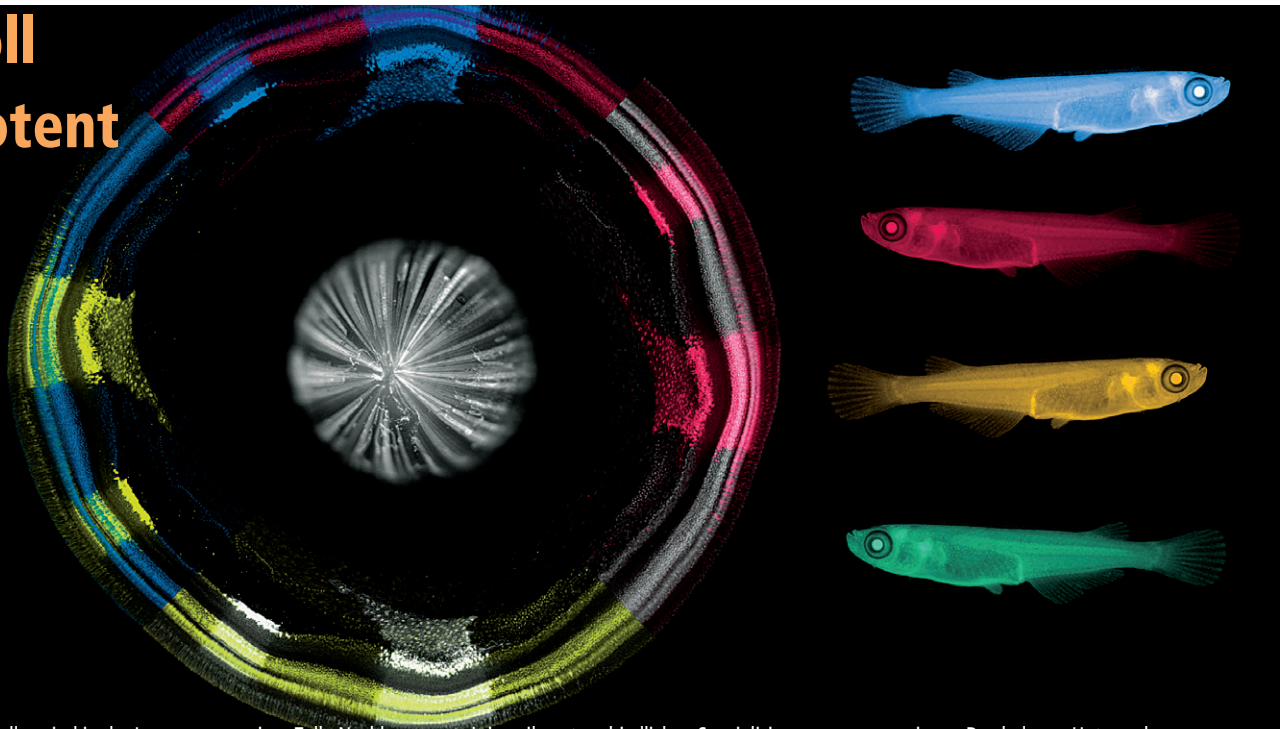


Zum Titelbild: Kaum bekannt: Diese Solarzellen enthalten etwa zwei Kilogramm reines Silber, ein „Silbertopf unterm Regenbogen“ ;-)
(siehe dazu den Artikel ab Seite 536; Foto: Kickuth).

Erreichen & Erhalten

- Kobaltproduktion im Kongo: Stark verbessern
Studie des Öko-Instituts über die
sozialen Auswirkungen der Produktion _____ 552
- Länderübergreifende Ausbildung
Projekt Chemlab II für Chemielaboranten _____ 553
- Gift für den Heimgärtner
Phosphan (Phosphin) –
Historische Experimente mit aktuellen Bezügen _____ 554
- Nanoröhrchen „stehlen“ Grünalgen Platz und Licht
Aber: CNT wirken nicht direkt toxisch auf die Mikro-Wasserpflanzen _ 566
- Länderübergreifende Ausbildung
In Saarbrücken – Karlsruhe und Göttingen Regio-Büros _____ 566

Voll potent



Stammzellen sind in der Lage, aus nur einer Zelle Nachkommen mit jeweils unterschiedlichen Spezialisierungen zu generieren. Das belegen Untersuchungen am Modellorganismus des Medaka-Fisches. Zum Einsatz kam dabei eine dauerhafte genetische Zellmarkierung in der adulten Fischnetzhaute. Dabei konnten die Wissenschaftler um Prof. Joachim Wittbrodt und Dr. Lázaro Centanin von der Uni Heidelberg zeigen, dass alle retinalen Stammzellen Universalisten und Ursprung sämtlicher in der Retina vorkommenden Zelltypen sind. Damit wird eine bislang ungelöste Frage beantwortet: Handelt es sich bei der „Einsatztruppe“ der Stammzellen um eine Gruppe von Spezialisten oder um individuelle Universalisten? Um diese Frage beantworten zu können, haben die Heidelberger Wissenschaftler eine permanente genetische Zellmarkierung mit Einzelzelltransplantationen am Modellorganismus des Medaka-Fisches kombiniert. Es wurden einzelne Stammzellen in der Netzhaut und damit auch alle ihre Nachkommen in einem kompletten Stammbaum markiert. Ergebnis: Die retinalen Stammzellen sind multipotent. Dies zeigt sich experimentell in der Ausbildung von Arched Continuous Stripes (ArCoS). Dabei handelt es sich um Streifen, die die Retina durchziehen, alle Zelltypen umfassen und jeweils von einer Stammzelle ausgehen. Die Forschungsergebnisse legen dabei nahe, dass das Wachstum durch die Kontrolle der Stammzellvermehrung reguliert wird, während die Differenzierung in verschiedene Zelltypen als intrinsisches Programm abläuft. Durch Einzelzelltransplantation aus vier verschiedenen genetisch markierten Fischlinien (rechts) wurde eine Retina mit mehreren, verschieden markierten Arched Continuous Stripes (ArCoS) erzeugt. Die konzentrischen Schichten in jedem einzelnen ArCoS stellen alle verschiedenen Zelltypen der Retina dar (Abb.: Uni Heidelberg/ Centre for Organismal Studies).

Impressum

CLB
Chemie in Labor und Biotechnik

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Bezugspreise:
CLB Chemie in Labor und Biotechnik
Einzelheft – außerhalb des Abonnements
– 15,00 Euro, im persönlichen Abonne-
ment jährlich 115,00 Euro zuzüglich Ver-
sandkosten; ermäßigter Preis für Schüler,
Studenten und Auszubildende (nur ge-
gen Vorlage der Bescheinigung) jährlich
84,00 Euro zuzüglich Versandkosten, in-
kl. 7% MWSt. Ausland sowie Firmenbzw.
Bibliothekabonnements auf Anfrage.
Bezug durch den Buchhandel und den
Verlag. Das Abonnement verlängert sich
jeweils um ein weiteres Jahr, falls nicht 8
Wochen vor Ende des Bezugsjahres Kün-
digung erfolgt.

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

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

Bei Nichterscheinen durch Streiks oder
Störung durch höhere Gewalt besteht kein
Anspruch auf Lieferung.
Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen
einzelnen Beiträge und Abbildungen sind
urheberrechtlich geschützt. Jede Verwer-
tung außerhalb der engen Grenzen des
Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustim-
mung des Verlags unzulässig und straf-
bar.

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

ISSN 0943-6677



NACHRICHTEN & NOTIZEN

Evonik Industries, Essen, hat mit dem Closing die Übernahme des Wasserstoffperoxid-Geschäfts von der Kemira Chemicals Canada Inc. zum 1. Dezember 2011 erfolgreich abgeschlossen. Die Transaktion umfasst die Produktionsstätte in Maitland (Ontario, Kanada) und das Kundenportfolio. Auch die Mitarbeiter wechseln zu Evonik.

Axel Semrau GmbH & Co. KG und CTC Analytics AG (Zwingen, Schweiz), Hersteller von XYZ-Robotern für die chromatographische Analytik, haben einen Vertrag über eine langfristige Entwicklungskooperation geschlossen. Ziel der Zusammenarbeit ist die gemeinsame Entwicklung der nächsten Software-Generation von „Cyclecomposer“ und „Chronos“.

Lanxess, der Spezialchemiekonzern aus Leverkusen, und der südkoreanische Automobil-Zulieferer Hwaseung Corporation haben ihre Geschäftspartnerschaft weiter gefestigt. Lanxess wird langfristig hochwertigen EPDM-Kautschuk an Hwaseung liefern. Finanzielle Einzelheiten wurden nicht mitgeteilt. Außerdem wollen die beiden Konzerne ihre Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten zu Spezialkautschuk-Anwendungen ausbauen.

BASF bezieht Labor- und Büroräume im Australian Minerals Research Centre in Perth. Dies vereinbarte das Unternehmen kürzlich mit CSIRO, der Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation. Ab Januar 2012 beginnt BASF in Perth mit dem Aufbau eines globalen Forschungs- und Technologie-zentrums, in dem bis Ende 2012 sechs Arbeitsplätze in den Bereichen Forschung und Entwicklung entstehen werden.

Air Liquide investiert in Leipzig in ein neues Logistikangebot, um Trockeneis für Kühltransporte eines führenden Logistikunternehmens bereitzustellen. Pro Jahr sollen ab dem Frühjahr 2012 von Leipzig aus 30 000 - 40 000 Pakete mit Trockeneis-Kühlung auf die Reise gehen. Transportiert werden wärmeempfindliche Produkte für Laboratorien und Forschungsinstitute sowie für Unternehmen aus den Bereichen Lebensmittel, Pharma und Biotechnologie.

InfoChem GmbH, München und CAS (Chemical Abstracts Service), Columbus, Ohio, arbeiten ab sofort bei der Entwicklung neuer Software für Chemie-Fachinformationssysteme zusammen. Für ihre gemeinsamen F&E-Arbeiten an der Spitze des Fachgebietes Chemoinformatik sind die beiden Partner eine langfristig angelegte Kooperation eingegangen.

Sartorius hat jetzt die Akquisition des Liquid Handling-Geschäfts des finnischen Laborzulieferers Biotek Oyj erfolgreich abgeschlossen. Durch den Zukauf erweitert Sartorius sein Produktportfolio um Pipetten und folgt damit seiner Strategie, sich im Laborbereich breiter aufzustellen.

Faserkunststoffe: Gutes Recycling AVK: Rücknahmesystem „CompoCycle“ läuft

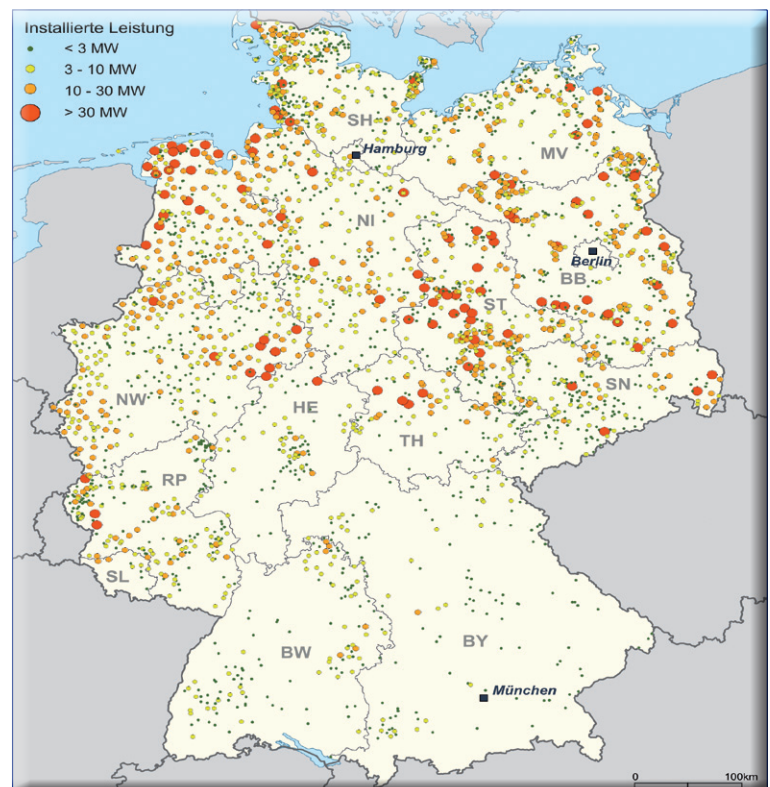
Seit 2010 existiert das weltweit erste Recycling- und Rücknahmesystem für verstärkte Kunststoffe „CompoCycle“. Erfreulich: Die recycelte Menge vervierfachte sich seitdem.

Dieses System, bei dem die AVK – Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e.V. Kooperationspartner ist, wurde von der Zajons Logistik Entsorgungsgesellschaft mbH in Kooperation mit der Holcim Deutschland AG entwickelt. Zajons bietet der GFK-Industrie neben einer hundertprozentigen Verwertungsgarantie auch die Nutzung des Umweltlabels „CompoCycle“. Beim ersten „CompoCycle Day“, zu dem Zajons am 10. November 2011 einlud, gab es neben der Besichtigung der beiden Aufbereitungswerke auch diverse Präsentationen und die Möglichkeit sich untereinander auszutauschen. Mehr als 30 Teilnehmer aus fünf Nationen folgten der Einladung nach Melbeck.

Auf der anschließenden Mitgliederversammlung, zu der Partner und Lizenznehmer des Labels geladen waren, konnte Erfreuliches berichtet werden. So ist die Menge der recycelten und verwerteten FVK-Produktionsabfälle seit Start des Systems im Juni 2010 von 113 000 Kilogramm auf 435 380 Kilogramm im Oktober 2011 gestiegen.

Seit dem Start von „CompoCycle“ konnten über drei Millionen Kilogramm Produktionsabfälle und Rotorblätter recycelt werden. Die zu Stäuben zerkleinerten GFK- und CFK-Teile werden als Rohstoffsubstitut in der Zementindustrie eingesetzt. Ziel der Firma Zajons und Ihrer Partner ist es, die Recyclingmenge zu erhöhen und das Einzugsgebiet von „CompoCycle“ auch europäisch weiter auszubauen. Mittelfristig soll die Anlagenauslastung insgesamt bei etwa 20 Millionen Kilogramm Faserverbundkunststoffe jährlich liegen.

Die Karte der Windkraftanlagen in Deutschland (Stand 2007) ist beeindruckend. Sie macht deutlich, welche Mengen verstärkter Kunststoff-Rotorblätter mittelfristig zum Recycling anfallen (Abb.: Alexander Karnstedt).



Chemieerzeugnisse 2030 fast fünf Billionen Euro

Aber es ergeben sich wohl sinkende Wachstumsraten und Gewinnmargen

Obwohl der Markt für Chemieerzeugnisse bis 2030 auf rund fünf Billionen Euro anwachsen und sich damit mehr als verdoppeln wird, wirkt sich eine Reihe von internen und externen Trends negativ auf die Profitabilität der Branche aus.

Denn der zunehmende Wettbewerb aus Asien, die wichtige Rolle der Nachhaltigkeit, die immer kürzeren Lebenszyklen der Chemieprodukte und das Problem der Rohstoffversorgung beeinflussen den Markt. So werden 2030 Unternehmen aus verschiedenen Chemie-sektoren in hartem Wettstreit um ein zusätzliches Marktvolumen von mehr als einer Billion Euro stehen. Dabei benötigen sie eine Strategie, die ihnen einen Wettbewerbsvorsprung verschafft. Dies sind die Ergebnisse der neuen Studie „A Different World – Chemicals 2030“ von Roland Berger Strategy Consultants.

„Trotz der starken Schwankungen der vergangenen zwei Jahre wird der globale Chemiemarkt weiter wachsen“, sagt Alexander Keller, Partner der Strategieberatung Roland Berger. „Die Märkte in Asien sowie die Spezialchemiemärkte werden überproportional zum Wachstum beitragen und die Zukunft der Chemieindustrie prägen.“

Verlagerung nach Asien

In den kommenden zwanzig Jahren wird sich der Markt für Chemieerzeugnisse von den aktuellen zwei Billionen Euro auf knapp fünf Billionen Euro mehr als verdoppeln. Doch gleichzeitig wird sich die Branche mit wichtigen Trends auseinandersetzen müssen, die Gewinnmargen und Wachstumsraten dämpfen. „Vor allem die NAFTA-Länder und Westeuropa werden nur noch ein jährliches Wachstum von gerade mal zwei Prozent erleben“, so Keller. „Die am stärksten wachsenden Länder bleiben China und Indien.“

Das wird zu einer großen Gewichtsverschiebung in Richtung Asien füh-

ren – ein Trend, der sich schon jetzt deutlich abzeichnet. Denn zurzeit stammen 43 Prozent des weltweiten Marktvolumens der Chemiebranche in Höhe von zwei Billionen Euro aus Asien. „Vor allem Kunststoffherzeugnisse und Spezialderivate bieten hervorragende Wachstumschancen auf dem asiatischen Markt“, erklärt Alexander Keller. Bedingt durch die steigende Nachfrage nach Chemieprodukten in Asien werde sich daher auch die Produktion zunehmend in diese Länder verschieben.

Zudem werden auch andere Entwicklungen eine entscheidende Rolle spielen, zum Beispiel Nachhaltigkeitsaspekte. So werden in fast allen Branchensegmenten gesetzliche Rahmenbedingungen mit besonderer Berücksichtigung der Umweltauflagen zu höheren Produktionskosten führen.

Ebenfalls stellt das Problem der Rohstoffversorgung und der steigenden Preise eine erhebliche Herausforderung für die weltweite Chemieindustrie dar: „Unternehmen, die einen leichten Zugang zu den kritischen Rohstoffen haben, können sich in Zukunft einen sehr großen Wettbewerbsvorteil sichern. Denn sie sind eher in der Lage, ihre Produktionskosten in Grenzen zu halten. Das ist ein wichtiger Aspekt in der Marktstrategie der Hersteller von Grundchemieerzeugnissen“, erläutert Keller.

Unternehmen, die auf Spezialchemiesegmente wie Duft- und Geschmacksstoffe spezialisiert sind, müssen sich eher gegen Mitbewerber mit großen Markennamen, umfassendem Kundenportfolio oder innovativen Produkttechnologien behaupten. „In diesem spezialisierten Marktsegment findet der harte Wettbewerb – bedingt durch die starke Kundenorientierung – vor allem auf lokaler Ebene statt, allen voran in Asien“, erläutert Roland Berger-Partner Keller. „Außerdem beteiligen sich asiatische Investoren immer öfter an Firmenübernahmen

in den westlichen Ländern, um sich einen leichten Zugang sowohl zu ihren Technologien als auch zu ihrer Kundschaft zu sichern.“

Passende Strategien für die neuen Szenarien

Um von der positiven Marktentwicklung der kommenden zwanzig Jahre optimal profitieren zu können, sollten Chemieunternehmen ihre Strategien und Geschäftsmodelle daher an die neuen Trends anpassen. Denn, so die Studienergebnisse, in den nächsten Jahren steht ein Marktvolumen von mindestens 1,1 Billionen Euro auf dem Spiel, das unter verschiedenen Wettbewerbern aufgeteilt werden soll. Um die mögliche Entwicklung der Branche sowie ihre Chancen und Herausforderungen zu analysieren, haben die Roland Berger-Experten drei Szenarien entwickelt:

Globale Prosperität: Im Fall eines weltweit boomendes Marktes gehen die Experten davon aus, dass die Chemieindustrie bis 2030 ein Marktvolumen von fast sechs Billionen Euro generieren wird. Wesentlicher Erfolgsfaktor ist hier die Innovationskraft der einzelnen Unternehmen.

Stabile Lage: Bei diesem Szenario wachsen reife Märkte nur noch moderat, während Schwellenländer stark anziehen. Weltweit erreicht das Marktvolumen der Chemieindustrie im Jahr 2030 rund fünf Billionen Euro. Der Fokus der Unternehmen liegt hier bei der Innovation in den reifen Märkten und bei der Marktentwicklung und Effizienzsteigerung in den Wachstumsregionen.

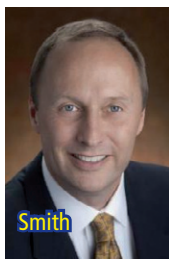
Regionalisierte Welt: In diesem Fall gehen die Experten von einer Stagnation der reifen Märkte und von einem moderaten Wachstum in den Schwellenländern aus. Das würde zu limitierten Investitionen in Forschung und Entwicklung, zu einer starken Fokussierung auf die Kosten und zu einer weiteren Regionalisierung der Produktion führen.

BASF **Wayne T. Smith** (51) wird mit Wirkung zum Ablauf der Hauptversammlung am 27. April 2012 zum Mitglied des Vorstands bestellt. Der Amerikaner leitet zurzeit den Unternehmensbereich Polyurethanes mit Sitz in Brüssel. Nach erfolgreichen 15 Jahren im Vorstand der BASF wird Dr. Stefan Marcinowski (58) mit Ablauf seines Vertrages nach der Hauptversammlung in den Ruhestand treten. Wayne Smith wird das bisher von Andreas Kreimeyer geleitete Ressort VI übernehmen und für Inorganics, Petrochemicals, Intermediates und Process Research & Chemical Engineering zuständig. Andreas Kreimeyer bleibt weiterhin Sprecher der Forschung und wird das bisher von Stefan Marcinowski geleitete Ressort VII übernehmen. Er ist damit zuständig für Crop Protection, Coatings, South America, Biological & Effect Systems Research, Plant Science sowie BASF Future Business.

GI **Prof. Dr. Oliver Günther** ist neuer Präsident der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI). Er tritt die Nachfolge von Prof. Dr. Stefan Jähnichen an, der die GI in den vergangenen vier Jahren geleitet hat, und wird der GI in den kommenden beiden Jahren vorstehen.

ROCHE **Sophie Kornowski-Bonnet**, derzeit General Manager von Roche Pharma in Frankreich, wird am 1. Februar 2012 Leiterin des Roche Partnering in Basel. Sie wird der erweiterten Konzernleitung angehören und an den CEO der Roche Gruppe Severin Schwan berichten. Sie folgt auf Dan Zabrowski, der zum 1. Februar 2012 die Leitung von Roche Applied Science in der Division Diagnostics mit Sitz in Penzberg, Deutschland, übernimmt.

STUDIENSTIFTUNG **Prof. Dr. Reinhard Zimmermann** ist neuer Präsident der Studienstiftung des deutschen Volkes. Der geschäftsführende Direktor des Max-Planck-Instituts für ausländisches und internationales Privatrecht in Hamburg wurde für vier Jahregewählt.



EHRUNGEN

Prof. Dr. Mike Boysen von der Universität Göttingen wird mit einem **Heisenberg-Stipendium der Deutschen Forschungsgemeinschaft** (DFG) ausgezeichnet. Für die nächsten drei Jahre stehen dem Chemiker, der derzeit am Institut für Organische und Biomolekulare Chemie der Universität Göttingen tätig ist, rund 164 000 Euro zur Verfügung. Mit dem Geld wird Prof. Boysen seine wissenschaftlichen Arbeiten im Bereich der organischen Synthese vertiefen.

Der Chemiker Prof. **Dr. Lutz Ackermann** von der Universität Göttingen erhält einen der **„Excellence in Chemistry Awards 2011“ des britischen Unternehmens AstraZeneca**. Ackermann wird damit für seine herausragende Arbeit auf dem Gebiet der Katalysechemie geehrt. Mit dem Preisgeld von 50 000 US-Dollar unterstützt das Unternehmen seine zukünftige Forschung am Institut für Organische und Biomolekulare Chemie der Universität Göttingen.

Die Allianz Industrie Forschung AiF verleiht in diesem Jahr eine ihrer höchsten Auszeichnungen, den **Otto von Guericke-Preis, an PD Dr. Jens Schrader** vom Karl-Winacker-Institut der Dechema. Mit dem von Schrader und seinem Team entwickelten biotechnologischen Verfahren können hochwertige antimikrobielle und konservierende Substanzen aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt werden. So werden Abfallstoffe der Lebensmittelindustrie zu Wertstoffen mit breiter Nutzungsmöglichkeit, wie zum Beispiel in der Kosmetikbranche oder der medizinischen Anwendung. Mit dieser Entwicklung gelingt es nun, Monoterpen-basierte Inhaltsstoffe aus Pflanzen, speziell aus Reststoffen der zitrusverarbeitenden Industrie wie beispielsweise Orangenschalen, biotechnologisch zu veredeln. Sie werden mit Hilfe maßgeschneiderter Biokatalysatoren zu industriell hochwertigen Wirkstoffen umgewandelt. Dazu zählt auch die antimikrobiell wirkende Perillasäure.

Der portugiesische Wissenschaftler **Tiago Branco** M.D., Ph.D., Postdoctoral Fellow am University College London, hat den **Eppendorf & Science Prize for Neurobiology 2011** für seine Forschung an Dendriten gewonnen. Seine Arbeit zeigt, wie Dendriten temporäre Eingangssignale unterscheiden und, je nach Position des Eingangssignales, verschiedene Regeln zur Integration anwenden. Diese Ergebnisse geben einen Einblick, wie das Gehirn Berechnungen durchführt, die dem Verhalten unterliegen, und legt nahe, dass sogar einzelne Neuronen zu komplexen Berechnungen imstande sind. Ausgelobt wird der Preis von der Firma Eppendorf und dem Fachmagazin Science. Dieser mit 25 000 Dollar dotierte, jährlich verliehene, internationale Forschungspreis wendet sich an alle jungen Wissenschaftler, die 35 Jahre alt oder jünger sind und außergewöhnliche Beiträge zur neurobiologischen Forschung geleistet haben. Die nächste Abgabefrist für Bewerbungen ist der 15. Juni 2012.

Für ein interdisziplinäres Forschungsprojekt an der Uni Bochum haben **Dr. Marco Masia** aus Italien und **Dr. Özgür Bırer** aus der Türkei den **„Chemistry in South-East Europe Grant“** erhalten. Das UNESCO-Büro in Venedig (Regional Bureau for Science and Culture in Europe) verleiht die mit 10 000 Euro dotierte Auszeichnung, um die Zusammenarbeit zwischen italienischen und südosteuropäischen Wissenschaftlern zu fördern. In der Theorie und im Experiment untersuchten die Preisträger, wie viele Wassermoleküle man benötigt, um ein einzelnes Salzsäure-Molekül in ein positiv und ein negativ geladenes Ion zu trennen und schließlich zu lösen. dass man genau vier Wassermoleküle benötigt, um ein einzelnes Salzsäure-Molekül (HCl, Chlorwasserstoff) zu ionisieren. Erst bei Zugabe eines vierten Wassermoleküls trennt sich HCl in ein Chloridion (Cl⁻) und ein Proton (H⁺) auf, welches mit einem Wassermolekül ein so genanntes Hydroniumion (H₃O⁺) bildet.

Preis für Automatisierung

Um das Zukunftsfeld zwischen Informatik und Automatisierung weiter zu fördern, vergibt das inIT am 14. November 2012 erneut den Industrial IT Research Award. Mit dem Preis werden Arbeiten ausgezeichnet, die überzeugend darstellen, wie die Automatisierungstechnik durch den Einsatz von Informationstechnologien profitieren kann. Der Award wird alle zwei Jahre ausgeschrieben. Die Bewerbungsfrist endet am **30. Juli 2012**. Es können sich Einzelpersonen oder Arbeitsgruppen aus Wissenschaft und/oder der Industrie bewerben. Der Preis ist mit 10 000 Euro dotiert. Er wird durch einen Nachwuchspreis mit einem Preisgeld von 5000 Euro ergänzt. Sponsoren und Initiatoren des Forschungspreises sind das Institut für Industrielle Informationstechnik (inIT) der Hochschule Ostwestfalen-Lippe sowie die beiden Industrievertreter des wissenschaftlichen Beirats des inIT, Dr. Peter Köhler (Vorstandssprecher Weidmüller) und Roland Bent (Geschäftsführer Phoenix Contact). Weitere Informationen befinden sich unter www.ciit-owl.de.

Deutscher Gefahrstoffschutz-Preis

Viele Beschäftigte sind Gefahrstoffen am Arbeitsplatz ausgesetzt. Trotz der Gefahrstoffverordnung und des Regelwerkes fehlt es in vielen Bereichen von Industrie, Handwerk und Dienstleistung im Umgang mit den oft „unsichtbaren Gefahren“ durch Stoffe häufig noch an praktischen Lösungsmöglichkeiten. Darum schreiben das Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) und der Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) bereits zum neunten Mal den Deutschen Gefahrstoffschutz-Preis aus. Mit dem Preis wollen das BMAS und der AGS neue Ideen und Anregungen zum besseren Erkennen der Gefährdungen, zum Ersatz von und zum sicheren Umgang mit Gefahrstoffen sowie beispielhafte Umsetzungen der Gefahrstoffverordnung einer breiten Öffentlichkeit bekannt machen. Dazu gehören die Entwicklung und Einführung weniger gefährlicher Stoffe, Produkte und Verfahren ebenso wie modellhafte Lösungen für sicherheitstechnische, organisatorische und hygienische Anforderungen beim Umgang mit Gefahrstoffen. Als preiswürdig gelten aber auch Initiativen im Bereich der Schulung, Motivation oder Mitarbeiterbeteiligung. Am Deutschen Gefahrstoffschutz-Preis können Einzelpersonen, Personengruppen, Unternehmen und Organisationen teilnehmen. Nennungen für den Preis können bis zum **31. März 2012** formlos an die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) in Dortmund erfolgen. Die Unterlagen sollten eine Charakterisierung des Teilnehmenden, der Art der durchgeführten Maßnahmen und der erreichten beziehungsweise erwarteten Verbesserung enthalten. Eine Kurzfassung dieser Angaben im Umfang von etwa einer Seite komplettiert die Unterlagen. Die Preisträger werden bis spätestens Ende Juli 2012 benachrichtigt. Die Preisverleihung erfolgt anlässlich der Veranstaltung „AGS im Dialog“ Mitte November 2012 in Berlin (siehe www.baua.de/gefahrstoffe in der Rubrik Aktuelles).

Deutscher Zukunftspreis für Organische Elektronik

Prof. Dr. Karl Leo, Dr. Jan Blochwitz-Nimoth und Dr. Martin Pfeiffer sind die Preisträger 2011 des Deutschen Zukunftspreises. Bundespräsident Christian Wulff überreichte am 14. Dezember in Berlin dem Team für ihr Projekt „Organische Elektronik – mehr Licht und Energie aus hauchdünnen Moleküllschichten“ die begehrte Trophäe; der Deutsche Zukunftspreis ist mit 250 000 Euro dotiert. Die Arbeiten des Teams wurden an der TU Dresden – Prof. Leo ist Leiter des Instituts für Angewandte Photophysik und des Fraunhofer IMPS - als Grundlagenforschung begonnen. Am Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme wurden Fertigungsprozesse und erste Bauelemente entwickelt. Industriell umgesetzt wurde die Forschung dann durch Ausgründungen wie der Novalad AG und der Heliatek GmbH. Dr. Jan Blochwitz-



Nimoth ist heute als CSO bei der Novalad AG tätig, Martin Pfeiffer ist CTO bei der Heliatek GmbH. Das Bild zeigt (v.l.n.r.) Prof. Karl Leo, Dr. Martin Pfeiffer, Dr. Jan Blochwitz-Nimoth, Bundespräsident Christian Wulff.

Innovationspreis Biotechnologie

Bereits zum achten Mal werden beim diesjährigen IQ Innovationspreis Mitteldeutschland innovative Produkte, Verfahren und Dienstleistungen aus dem Cluster Biotechnologie – Life Sciences prämiert. Veranstaltet von der Wirtschaftsinitiative für Mitteldeutschland richtet sich der national ausgelobte Wettbewerb an jeden mit einer möglichst marktnahen Innovation. Diese können bis zum **12. März 2012** einfach und kostenfrei im Internet unter www.iq-mitteldeutschland.de eingereicht werden.

Die Bewerbungen werden in einem mehrstufigen Verfahren von führenden Wirtschaftsprüfern und einer Fachjury unter die Lupe genommen. Dabei werden insbesondere Innovationsgrad, Wirtschaftlichkeit und Markttauglichkeit bewertet.

Der mit 7500 Euro dotierte Clusterpreis Biotechnologie – Life Sciences wird in diesem Jahr von der Serumwerk Bernburg AG ausgelobt. Der Gewinn des Gesamtpreises ist mit weiteren 15 000 Euro verbunden. Außerdem werden die Preisträger für ein Jahr Mitglied in der Wirtschaftsinitiative für Mitteldeutschland.

In der Wirtschaftsinitiative für Mitteldeutschland engagieren sich strukturbestimmende Unternehmen sowie Kammern und Städte aus Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen mit dem gemeinsamen Ziel einer nachhaltigen Entwicklung und Vermarktung der Wirtschaftsregion Mitteldeutschland.

Das Ende einer Edelmetall-Ära in Deutschland

Kritische Gedanken über eine Unternehmensgeschichte in einem komplexen Geschäft

Wolfgang Hasenpusch, Universität Siegen

Sie nannte sich einst das weltweit größte Edelmetall-Unternehmen mit Produktions- und Aufarbeitungskapazitäten in vielen Teilen der Welt. Heute firmiert der Konzern unter anderem Namen ohne seine Edelmetall-Sparte: Deutschland alleine verlor Anfang des 21. Jahrhunderts eine Recycling-Kapazität für Edelmetalle von 2000 t Silber, 200 t Gold und 20 t an Platingruppenmetallen (PGM). Wie konnte eine über 150 Jahre bestehende Edelmetall-Unternehmung zugrunde gehen? Warum hat unser Staat nicht dieser Ressourcen-Abwanderung Einhalt geboten? Wann stellen wir endlich die Weichen für ein nachhaltiges Ressourcen-Management?

Zeit der Paradigmen-Wechsel

Das letzte Jahrzehnt vor dem Millennium hatte es für die Unternehmenssparte Metall nicht einfach gemacht: Auf der Ebene der Vorstandsverantwortlichen glaubte man, auf den Edelmetallbereich verzichten zu können. Personal-Management vollzog sich nach Zuruf und Gutsherrenart in schnellem Wechsel. Auf Tradition, Erfahrungen und Know-how glaubte man nicht bauen zu müssen. Die Komplexität der Edelmetall-Scheiderei sowie ihre strategischen Vorteile wurden unterschätzt, der gesetzliche Hintergrund in seiner gesamten Breite nicht durchschaut, Sicherheitsvorkehrungen missachtet und dem ehrgeizigen fatalen Handeln einzelner Verantwortlicher kein Einhalt geboten. Dann wurde der Edelmetall-Bereich billig verkauft - ausgerechnet zu einer Zeit, da die Edelmetallpreise auf einem Tiefstpunkt angelangt waren.

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.



Personal-Management nach dem Zufallsprinzip

Die Struktur des Edelmetallbereiches bestand im Wesentlichen aus einer Produktionslinie mit Fertigung von Edelmetall-Erzeugnissen und der Wiedergewinnung der acht Edelmetalle Silber, Gold, Platin, Palladium, Rhodium, Iridium, Ruthenium und Osmium sowie einem Ressort für Forschung, Entwicklung und Controlling. Beide Linien waren im Vorstand seit vielen Jahren mit eigenen Verantwortlichen vertreten.

Mit dem Ausscheiden dieser leitenden Herren übernahm zunächst einer die Gesamtverantwortung, die danach in kurzen Zeitabständen an bereichsfremde Personen weitergereicht wurde.

Als die Ebene darunter auch durch Weggang und Ruhestand den traditionellen Zusammenhalt erfahrener Führungspersonen gefährdete, brachen sich ehrgeizige Karrieristen ungebremst ihren Weg. Dabei fehlte es sowohl an spezieller Erfahrung, Scheiderei-Knowhow, an der Kenntnis um gesetzliche Grundlagen, Marktüberblick als auch an sozialer Kompetenz, um die vielschichtig vernetzten Aufgaben im Edelmetall-Geschäft bewältigen zu können. Lange eingearbeitete, junge Mitarbeiter, die darunter leiden mussten, verließen zum Teil den Edelmetall-Bereich oder gar das Unternehmen.

Es kam auch vor, dass ein ehemaliger Mitarbeiter mit viel Geld zurückgekauft werden musste oder Rentner aus ihrem Ruhestand zurückgeholt wurden, weil spezielle Kenntnisse fehlten und ganze Bereiche zum Erliegen gekommen wären.

An einer systematischen Einarbeitung, Erfahrungswertübergabe und Schulung war keiner interessiert. Es musste irgendwie auch so gehen.

Das verantwortliche Vorstandsmitglied nach der fehlenden Personal-Planung gefragt, gab die Antwort:

„Bei den vielen Mitarbeiter-Umschichtungen und -Fluktuationen haben Planungen und Versprechen in der Vergangenheit nur zu Verdruss geführt. Wenn eine Stellen-Besetzung ansteht, schauen wir, wen wir haben.“

Bezeichnend lassen sich die vielen fremden Unternehmensberater nennen, zeitweise über zwanzig (!) Beratungsunternehmen im gesam-

ten Konzern, die an verschiedenen Stellen des Unternehmens flicken sollten, was aus eigener Kraft nicht hinreichend gelang.

Den Metallbereich nahm sich, trotz der eigenen Controlling-Abteilung, ebenfalls eine Beratergruppe in schwarzen Anzügen für Entgelt von mehreren Millionen DM vor. 40 % der beeinflussbaren Kosten galt es einzusparen. Dabei hatte sich der Scheiderei-Bereich gerade einige Jahre lang aus eigenen Kräften mit der „Wert-Analyse“ beschäftigt, einer bewährten, tiefgreifenden Optimierungsmethode. Das erbrachte bereits Einsparungen von über 20 % an Produktionskosten sowie zusätzliche Verfahrenssicherheit.

Naturgemäß kamen Null Vorschläge von den externen Beratern. Sie gaben drei Wochen Zeit, um aus der Belegschaft die entsprechenden Ideen zu sammeln. Ideen-Zirkel, Koordinierungskreise und Beurteilungsgremien mussten in kurzen Zeitabständen tagen. Alte, verworfene Vorschläge fanden wieder Gehör, und Vorgesetzte segneten sie plötzlich ab, nur um der Einsparungsquote von 40 % näher zu rücken. Die schwarz gekleideten, Designer-Krawatten tragenden Beratungsherren, die kontaktlos wie aus einer anderen Welt anmuteten, stellten die Resultate in Hochglanz-Broschüren und Powerpoint-Präsentationen ausschließlich zusammen.

Ein besonders ehrgeiziger Chef bot gar 60 % Einsparung für seinen Bereich. Als die Mitarbeiter davon Wind bekamen, meldeten sich die Besten unter ihnen umgehend in andere Abteilungen ab. Der Schaden und die Unfälle, die der nachfolgende Einsatz unerfahrener Leiharbeiter sowie Fremdarbeiter aus Weißrussland nach sich zog, wogen die vermeintliche Einsparung über die Gebühr auf.

An anderer Stelle des Unternehmens war man „schlauer“: zwei nicht nachbesetzte N.N.-Stellen fielen ohne Konsequenzen für das Abteilungs-Personal zum „Opfer“.

Dass an einem nachfolgenden Controlling der Verbesserungsvorschläge und Investitionen mit angeblich hoher Rendite anschließend keiner mehr Interesse zeigte, war vom Ansatz her schon verständlich.

Ähnliche Erfahrungen brachte das Total Quality Management, TQM. Eine Beratungsfirma aus Hamburg durfte 15 Mio. DM für ihre Dienste zur Einführung des TQM im Unternehmen kassieren. Wieder wurden TQM-Koordinatoren und -Multiplikatoren ausgebildet, die wiederum TQM-Zirkel mit teurem Lehr-Material schulten und nach vorgegebenen Muster nach neuen Ideen suchten. Fischgräten-Muster und Pareto-Diagramme wurden bemüht. Immerhin kam noch eine Reihe von brauchbaren Ideen zustande. Deren Realisation wurde jedoch durch die Fusion mit einem anderen Chemie-Unternehmen jäh unterbrochen und eingestellt.

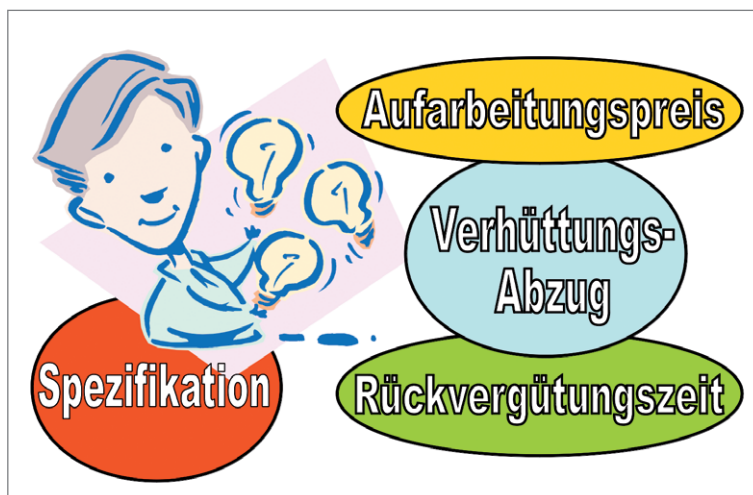


Abbildung 1: Vertrags-Parameter, die bei der Edelmetall-Aufarbeitung eine besonders große Rolle spielen.

Und wieder drehte sich das Personal-Karussell. Diesmal besorgte das die „Unternehmens-Verschmelzung“.

Tradition, Erfahrung, Know-how

Im Laufe der über 150-jährigen Geschichte im Umgang mit Edelmetallen hat sich der Firmenne bei den traditionsbewussten, auf Vertrauen bauenden Kunden und Geschäftspartnern eingepreßt. Jahrzehntlang arbeiteten Menschen aus unterschiedlichen Firmen in bewährt kollegialer Weise zusammen, berieten sich und wussten stets auf Hilfe hoffen zu können, waren die Herausforderungen auch noch so hoch. Wissenschaftliche Beiträge, Referate auf Tagungen, Buch-Publikationen und finanzielle wie auch personelle Unterstützungen in den verschiedenen Gremien machten die Tätigkeiten weltweit bekannt und schätzenswert.

So hatten sich zahlreiche Erfahrungen anhäufen lassen: Erfahrungen auf den Märkten dieser Welt, Erfahrungen mit speziellen Kunden, Erfahrungen mit Edelmetall-Produkten und Scheiderei-Verfahren sowie ein vertrauensvoller Informations-Austausch mit den Behörden (Abbildung 1).

Nur wenigen Technikern ist es vergönnt, mit dem hohen Vernetzungsgrad einer Edelmetall-Scheiderei mit Schmelz- und Hydrometallurgie, sowie an die 1000 Folgeprodukten umzugehen. Es umfasst die Gebiete

- Sachkenntnisse der speziellen Edelmetall- und Koordinations-Chemie
- Kenntnisse der anorganischen, organischen und physikalischen Chemie
- Überblick über die vorhandenen Verfahren und Aufarbeitungs-Möglichkeiten
- Überblick über die Edelmetall-Kreisläufe am Markt

KONDITIONEN [TEuro]	BEISPIELE			
	I	II	III	IV
Aufarbeitungspreis [T€]	5	6	7	8
Hüttenabzug [%= T€]	1%= 5	2%= 10	3%= 15	4%= 20
Rückvergütung [d= T€]	30 = 2	60 = 4	90 = 6	120 = 8
Spezifikation [%]	99 = 5	999 = 0,5	999,5 = 0,25	999,9 = 0,05
SUMME [T€]	17	20,5	28,25	36

Abbildung 2: Konditionen für 10 kg Platin (Pt 9995 = 50 T€kg), 5% Jahreszinsen für vier verschiedene fiktive Fälle.

- Kenntnisse von alternativen Scheiderei-Verfahren anderer Unternehmen, aber auch in der Literatur beschriebene Varianten und Anwendungen in der Analytik
- Betriebskosten, Verfahrensausbeuten und Durchlaufzeiten für bekannte und unbekannte Aufarbeitungsmaterialien mit Edelmetallen
- Marktkenntnisse vom Einsatz und Qualitätsanforderungen der Edelmetalle
- Marktkenntnisse über Beimetalle und wertvolle Elemente in der Edelmetall-Scheiderei, wie Rhenium, Wolfram, Kupfer, Iod, Germanium u. a.
- Betriebliche Organisation und Personal-Management
- Betriebswirtschaft und Controlling
- Projekt-Management und Grundzüge der Verfahrenstechnik
- Prozess-Planungs- und Steuerungs-Systeme
- Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz
- Umwelt- und Ressourcenschutz, Abfall-Wirtschaft, Umwelt-Chemie
- Überblick über die Umwelt-Verfahrenstechnik
- Schulung und Weiterbildung der Mitarbeiter, Grundlagen der Didaktik

Abbildung 3: Eine wenig hilfreiche Antwort zur Platinallergie im Internet (www.cosmiq.de/qa/show/...).

Gibt es eine PLATIN-ALLERGIE ?

1. Ja gibt es, man forscht aber derzeit noch daran, da nur jeder Millionste Mensch diese Allergie hat, wie auch die Goldallergie.
2. Über wieviel Allergien möchtest Du noch informiert werden?
Ich hätte da noch eine Allergie:
„unangemeldete Fragensteller“.

- Scheidertechnische und anwendungstechnische Beratung
- Ideenfindungs-Methoden und Patentwesen
- Argumentations- und Präsentationstechniken
- Mitarbeit in nationalen und internationalen Gremien

Viele dieser Voraussetzungen treffen auch auf Leiter anderer Betriebe und Betriebsgruppen zu. Im Edelmetall-Bereich darf jedoch nicht vergessen werden, dass mit jedem neuen technischen Erzeugnis, das Edelmetalle enthält, auch neue Aufarbeitungs-Voraussetzungen vorliegen und zu berücksichtigen sind.

Alleine den Markt-Anforderungen zu begegnen, im Voraus für ein unbekanntes Scheidegut die Aufarbeitungskosten, die Rückvergütung des Edelmetalls und den Edelmetall-Verlust während der gesamten Aufarbeitung hinreichend genug abschätzen zu können, reichen mitunter zehn Jahre Erfahrung und umfangreiche Material-Kenntnisse sowie der Überblick über die gegenwärtige freie Scheiderei-Kapazität nicht aus (Abbildung 1).

Hat man sich zu Ungunsten des Unternehmens verschätzt, bekommt man zwar den Auftrag, er verläuft jedoch unrentabel. Geht man dagegen zu stark auf die sichere Seite, bleibt das Geschäft aus. Denn es gibt auf der Welt noch andere Edelmetall-Scheidereien, die den Auftrag nötiger haben, über gezielte Erfahrung oder über die besseren Techniker verfügen.

Abbildung 2 zeigt an dem Beispiel der Aufarbeitung von 10 kg Platin-Scheidgut, wie unterschiedlich sich die betriebswirtschaftlichen Parameter zu Gesamtaufarbeitungs-Preise zusammensetzen können.

Ein weiteres Damokles-Schwert hängt über Edelmetall-Scheidereien: die Gefahr der Platin-salz-Allergie. Wie vielseitig vom Nickel bekannt, verursachen bei ca. 50% der Beschäftigten auch Platin-salze, vor allem die Platinchloride, eine Allergie. Sie stellt sich in der Regel bereits nach ein bis zwei Monaten bei direktem Umgang mit Platin-Chlor-Verbindungen ein. Als Symptome erscheinen zunächst Rötungen an den dünnen Hautpartien an Hals und Unterarm-Rückseiten, später verstärkt sich der Juckreiz und ein unaufhörliches „Naselaufen“ gesellt sich dazu. Mit umfangreichen technischen, organisatorischen und personenbezogenen Maßnahmen (Abbildungen 3 und 4) ließen sich die daraus resultierenden personellen Erschwernisse auf ein erträgliches Maß reduzieren.

Eine umfangreiche Erfahrung ist auch mit dem Zusammentreffen von Wasserstoff und Platinmetall notwendig. Denn wie schon der Chemie-Professor Johann-Wolfgang Döbereiner (1780 – 1849) feststellte, reicht der bloße Kon-

takt des Wasserstoffs in einer Konzentration von über vier Volumen-Prozent in Luft zu einer heftigen Explosion aus. Zahlreiche Explosionen an unterschiedlichen Stellen und Gegebenheiten belegen die Notwendigkeit eines eingehenden Erfahrungsaustausches.

Sich diese umfangreiche Fachkompetenz in der Aufarbeitung von edelmetallhaltigen Rückständen für alleine mehr als 200 Standard-Materialien anzueignen, bedarf es schon einige Jahre kompetenter Begleitung von erfahrenen Kollegen, bis man diese Aufgaben, wenn auch im Team, souverän bewältigen kann und auch vor den Kunden glaubhaft und einvernehmlich vertreten kann.

Komplexität der Edelmetall-Scheiderei

Wie aufwendig und langwierig ein Trennungsgang von chemischen Elementen sein kann, lernen Chemiker bereits im ersten Semester. Aber wenn sie beispielsweise Kalzium und Magnesium voneinander trennen sollen, schreibt das Standard-Lehrbuch von G. Jander und E. Blasius das Kochen mit Quecksilber(II)oxid, HgO , vor. Der sich bildende Magnesiumhydroxid-Niederschlag enthält noch Reste des Fällungsmittels und muss daher unter dem Abzug durch Erhitzen von dem flüchtigen HgO befreit werden. Das im Tiegel verbliebene Magnesium kann nach dem Lösen in verdünnter Salzsäure als $(\text{NH}_4)\text{MgPO}_4 \times 6 \text{H}_2\text{O}$ gefällt und ausgewogen werden.

Dieser Ammonium-Magnesium-Phosphat-Niederschlag fällt quantitativ an, denn diese Verbindung zeigt sich im Wasser sehr schwer löslich. Selbst in heißem Wasser bei 80°C lösen sich nur 0,02 %.

Anders sieht es bei den Platingruppenmetallen aus: bestenfalls verbleiben 1 bis 2 % noch in der Mutterlauge, und die Reinheit der Niederschläge gelingt auch nicht im ersten Anlauf. Das bedeutet ein mehrfaches Aufarbeiten und Reinigen der Niederschläge und Mutterlauge. Sonderverfahren befassen sich mit Fehlchargen und verschütteten Lösungen. Feinreinigungen müssen aufwendig wiederholt oder variiert werden, um die Marktbedingungen zu erfüllen.

Den rein betriebswirtschaftlich orientierten Controllern wurde ein einfaches, schematisches und verständliches Trennungsgeschehen aufgezeigt. Als sie einmal mit einem realen, meterlangen Scheiderei-Ablaufplan konfrontiert wurden, der die wirklichen Kreisläufe, Wiederholungen und Verfahrens-Varianten enthielt, warfen sie bereits das Handtuch, nachdem man ihnen die ersten Zeilen nahe bringen wollte.

Auch der gesamte Scheiderei-Prozess, der den Hüttenablauf in Schacht- und Treiböfen beinhaltet, weist derart viele interne Kreisläufe auf, dass



Abbildung 4: Warnung vor der Platinchlorid-Allergie als eine der organisatorischen Maßnahmen.

eine reine lineare Betrachtung zwar einleuchtender ist, aber dem wahren Ablauf nicht entspricht. Der ist eher als ein mehrfaches dreidimensionales Netzwerk zu verstehen. Es wäre nahezu verhängnisvoll einen dieser komplexen Schritte herauszunehmen oder gar einzustellen, nur weil er sich als Kostenstelle alleine als unwirtschaftlich zeigt.

Aber vor genau diesen verhängnisvollen Schritten schreckten die unbedarften Führungskräfte nicht zurück. Nach drei bis fünf Jahren zeigte sich, wie überfordert sie mit dieser leichtsinnig als Karrieresprung gewählten Aufgabe umgingen. Dem Technischen Leiter wollte die Gewerbeaufsicht schließlich ein Verfahren vor Gericht anhängen, da er die Behördenvertreter jahrelang mit seinem schrägen Charme über den Tisch gezogen hatte und sie mit unwahren Versprechungen unbotmäßig hinhielt.

Aber da hatte er bereits seine Sachen gepackt, um Aufgaben in Brasilien zu übernehmen. Auch die anderen Führungskräfte wurden in kurzer Zeit mehrmals ausgewechselt. Dem überschaubaren Edelmetall-Markt bleibt so etwas nicht verborgen.

So entschied man schließlich im Vorstand, sich von der angestammten, jedoch viele Jahre stiefmütterlich behandelten Spezialchemie der Edelmetalle zu trennen. Heute belegt die belgische Käuferfirma jedes Jahr aufs Neue mit riesigen Gewinnen und dem immer wichtiger werdenden Zugriff auf Edelmetall-Ressourcen, wie groß die Eselei war, diesem Gebiet der Spezialchemie den Rücken zu kehren.

Ressourcen-Wirtschaft

Wer sich der Einschätzung hingibt, Edelmetalle könnten in den kommenden Dekaden durch andere, weniger wertvolle Metalle oder Verfahren ersetzt werden, wird sich früher oder später seinen Irrtum eingestehen müssen.

Denn die Anwendungspalette für diese Metalle wächst unaufhörlich weiter. Dabei sehen auch



Abbildung 5:
Auch Edelmetalle werden verbraucht.

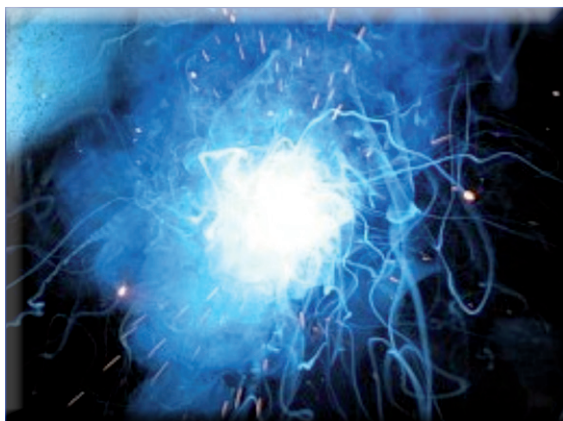
die Ignoranten gegenüber den Berichten des Club of Rome zu den Grenzen des Wachstums allmählich ein, dass die Bodenschätze zur Neige gehen, vertraglich an andere Länder oder an Konzerne gebunden sind und selbst bei höheren Wiedergewinnungsraten aus Sekundär-Materialien nur noch sehr begrenzt zur Verfügung stehen.

Leider blieben die Edelmetall-Gehalte in Manganknollen bisher äußerst bescheiden, die Iso-



Abbildung 6: Guldisch-Barren in der Edelmetall-Aufarbeitung.

Abbildung 7: Metall-Verluste beim Löten und Schweißen.



lierung aus dem Meerwasser äußerst kostspielig und die Hoffnung auf außerirdische Edelmetallfunde äußerst illusorisch.

Der große Edelmetallschwund

Auch wenn die Technik der Aufarbeitungs-Verfahren auf einige Fortschritte zurückblicken kann, sie alleine bestimmt nicht die hohen kostbaren und unwiederbringlichen Metallverluste.

Da sind die fein verteilten Platinmetalle aus den Autoabgaskatalysatoren, die sich am Straßenrand wiederfinden, aber nicht aufarbeiten lassen. Da verteilen sich Edelmetall-Katalysatoren in den Kunststoffen, zu deren Synthese sie eingesetzt werden, ja selbst der goldene Ehering am Ringfinger büßt zum Teil mehr als 50% seines Gewichtes im Laufe eines Trägerlebens ein.

Wieviele Flüchtlinge auf der Welt haben ihren Schmuck vergraben?! Silberarme Lotlegierungen und Steckerleisten landen auf Abfallhalden. Das Blattgold der russischen Zwiebeltürme verteilt der Wind. Die goldenen Verzierungen am Glanzgold-Geschirr landen im Spülwasser. Vergoldete Uhren und Feuerzeuge sind bestenfalls in Restmüll-Tonnen zu finden, wo sie noch als Futter der Stahlhochöfen zu gebrauchen sind (Abbildung 5).

Schlacken, die noch 50 Gramm je Tonne an Edelmetallen enthalten, wären in den Minen Südafrikas und Russlands brauchbare Primär-Materialien erster Güte. Aus einer Sekundär-Scheiderei jedoch landen sie im Straßenbau und zur Deichbefestigung. Für eine Sekundär-Hütte sind diese Gehalte unrentabel und der Transport zu den Primär-Lagerstätten zu weit.

Fotolösungen von Hobby-Laborbesitzern landen oft in den Gullys der Haushalte. Kleine Spiegelglas-Produzenten und Christbaumschmuck-Hersteller lassen die Abwässer nachlässig über längst erschöpfte Gefäße mit Eisenwolle laufen.

Private Schwarz-Weiß-Fotografien enden im Papier-Abfall oder Restmüll-Container.

Wenn auch nur 20 % eines Edelmetalls bei einer „Nutzungsreise“ von zwei Jahren abhanden kommen, dann sind das nach vier Jahren schon nur noch 64 % und nach sechs Jahren nur noch etwa die Hälfte der ursprünglichen Menge an Edelmetall.

Dem Recycling kommt sicherlich eine wichtige Rolle in der Ressourcen-Wirtschaft zu, als alleinigen großen Retter in der Begrenztheit seltener Ressourcen kann man das Recycling jedoch nicht sehen (Abbildungen 6 und 7).

Dabei exportieren wir derzeit viele wertvolle Metalle zur Aufarbeitung ins Ausland: als ausgeiente oder schrottreife PKW, als elektronische Bausteine (Abbildung 8) und Geräte, als Kabel und Gussreste.

Erweiterte Geschäftsideen um der Ressourcen willen

In eine Edelmetall-Scheiderei kommen keineswegs nur Edelmetalle! Allerdings schauen die meisten Kaufleute und Techniker nur auf ihre Ziel-Elemente, Ziel-Produkte und angestammten Dienstleistungen.

Dass mit dem Edelmetall auch der Rest des Periodensystems verknüpft ist, wird oft vernachlässigt. Da wird die Abtrennung des Nickels, Kupfers, Kobalts, Wolfram und anderer Metalle als Reinigungskosten auf die Edelmetalle geschlagen, anstatt vernünftige Preise mit den Buntmetallhütten abzustimmen (Abbildung 9).

Da fließt eher die Hälfte in den Abwasserkanal, Rhenium und Germanium verbleiben in den Aluminatlaugen, die kostenfrei an Betreiber von Bauxit-Aufschlüssen oder Wasseraufbereitungs-Unternehmen abgetreten werden und dort „verschwinden“.

Fotolösungen aus Filmbeschichtungen sowie Film-Emulsionen und Foto-Abfälle aus der Produktion (Abbildung 10) enthalten keineswegs nur Silber als wertvolle Ressource: auch das Brom und Iod ist in größeren Mengen enthalten. Man will sich als Edelmetall-Scheiderei nicht verzetteln. So gelangen die Halogenide ins Abwasser und schließlich in die Flüsse und deren Sedimente.

Wenn Edelmetall-Scheidereien mit Seltenen Erden, Lithium, Barium, Magnesium und vielen anderen Elementen als Legierungsbestandteil mit Edelmetallen oder Basiswerkstoffen beglückt werden, lohnen sich in der Regel keine gesonderten Aufarbeitungswege für diese seltenen Begleitmetalle.

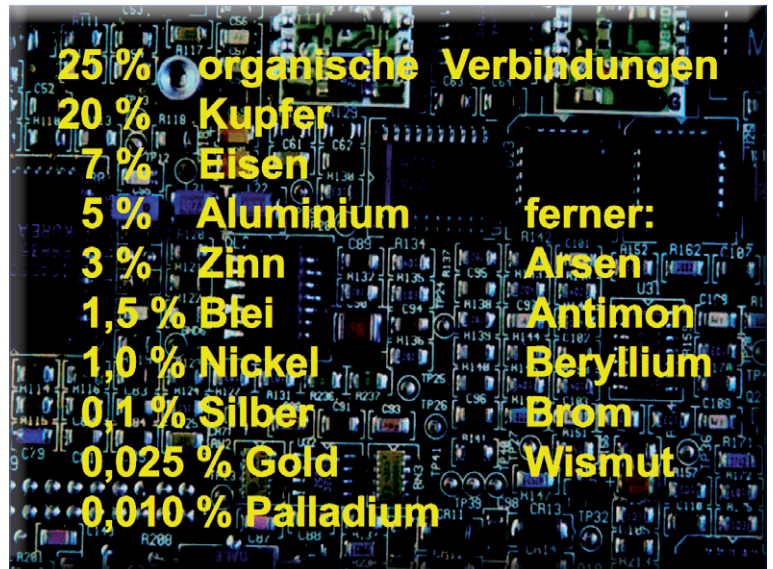


Abbildung 8: Übliche Gehalte von PC-Leiterplatten.

Anders sieht es heute beim Quecksilber aus: Schlämme aus der Primärgewinnung und Materialien aus industriellen Rückständen enthalten das Öfteren höhere Quecksilber-Konzentrationen. An diesem Metall ist in Europa jedoch keiner mehr interessiert, ja es darf ab 2011 nicht einmal mehr in die außereuropäischen Märkte exportiert werden. Mit den Tausenden von Kilogramm an Quecksilber, die mit den Gekräzten und Scheidgütern jährlich in die Edelmetall-Aufarbeitungen gelangen, bleibt der Scheiderei-Technik nichts anderes übrig, als für eine entsprechende Quecksilber-Dekontaminierung zu sorgen.

Abbildung 9: Silber-Wolfram-Legierungen und -Rückstände.



Abbildung 10: Fotoemulsion mit Silber und Halogeniden auf Leinwand



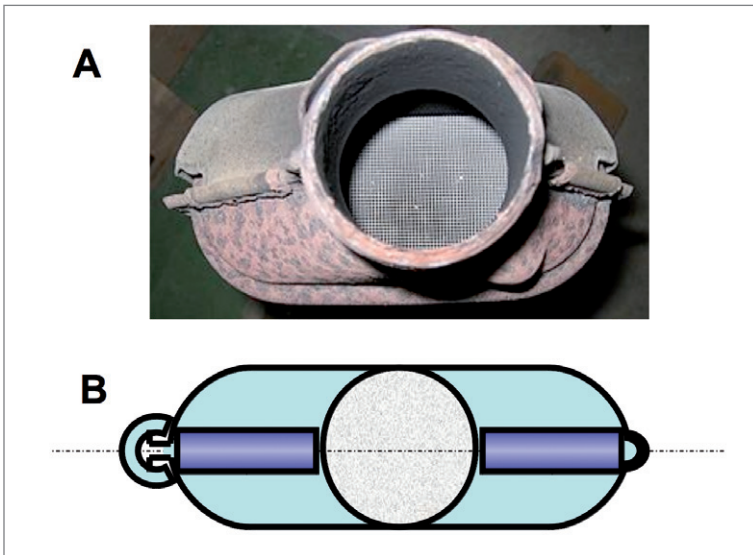


Abbildung 11: Verschweißter Autoabgaskatalysator (A) und mit Bajonett- oder Keil-Verschluss recyclingfreundlicher Autokatalysator (B).

Schlussfolgerungen

Gesetzliche Regelungen haben in Europa, besonders aber in Deutschland zu einem Exodus der Schwerindustrie sowie energieintensiver Produktionen geführt. Kupferhütten schlossen und verlagerten sich ins Ausland, Aluminium- und Bauxithütten hinterließen verwaiste Industrie-Areale. Phosphat-Drehrohre wurden demontiert und Stahlkocher sowie Hochöfen reduzierten sich nach und nach. Für die heimische Steinkohle befindet sich das Ende in greifbarer Nähe, und für die Braunkohle liegen die Schwefelgehalte vieler Tagebau-Hütten zu hoch.

Deutschland zählt nicht nur zu den Export-Weltmeistern, sondern ist auch bei den Importen groß im Geschäft.

Der Basis an Rohstoffen haben wir uns in Deutschland weitgehend entledigt.

Recyclingmaßnahmen von Ressourcen verlaufen extensiv, und um die Beachtung der Recyclingfähigkeit machten sich Produktlieferanten bisher wenig Gedanken. Wenn man sich nur einmal die umständliche Wiedergewinnung der Edelmetalle aus verbrauchten Autoabgas-Katalysatoren anschaut, wundern man sich, dass auf diesem Sektor nicht schon das Recycling erleichternde Produkte auf dem Markt sind, wie beispielsweise leicht demontierbare Katalysator-Töpfe (Abbildung 11).

Um über die Platin-Allergie und die Freisetzung explosiver Stickstoff-Verbindungen Herr zu werden, haben sich bereits Extraktions-Verfahren in geschlossenen Systemen etabliert. Diese auch auf die Endkonfektionierung von Platin-Moor und Platin-Schwamm (Abbildung 12) zu erweitern, steht noch aus.

Missmanagement zerstörte vieles an bewährtem Know-how. Verbotene Kartelle und mafia-ähnliche Führungs-Strukturen vor allem im Umgang mit Patenten und in industriellen Forschungs-Einrichtungen mit verbissenem Festhalten an Lieblings-Themen haben vieles der alten erfolgreichen Forschungskulturen zerstört.

Schnell aufeinander folgende Umstrukturierungen verteuern Projekte und verhindern langfristige Bemühungen um Forschungserfolge. Dazu „passt“ eine vernachlässigte Personal-Betreuung sowie schnell aufeinander folgende Struktur-Irritationen in den Unternehmen.

Bei einem wirklich umgesetzten nachhaltigen Personal-Management von erfahrenen Personal-Fachleuten brauchen wir auch nicht hilfesu- chend nach Führungskräften aus dem Ausland zu schauen. An abgeschobenen und gemobbten Führungskräften, die sich leicht „reaktivieren“ lassen, verfügen einige Unternehmen noch in reichlichem Maße.

CLB

Abbildung 12: Gewinnung von Platin als Pulver und als „Schwamm“.





... ach nee, alles nur recycletes Zeug ...

Ist ja irre teuer, Dein Schmuck!

Diamant aus Omas Asche*

Goldreifen aus Chemie-Prozessabfällen

Platinringe aus alten Autokats

*solche Angebote gibt es wirklich

Edelmetall-Recycling: Conditio sine qua non Technologieforum bei Heraeus in Hanau – Bedarf erzwingt auch Substitutionen

Die herausragende Rolle des Recyclings bei Edelmetallen hat schon der vorhergehende Artikel angesprochen. Konsequenter verfolgt man diese Aufgabe bei Heraeus in Hanau. Das in Familienhand befindliche Unternehmen lud Medienvertreter am 30. November zu einem Technologieforum dieses Themas ein.

Prof. Dr. Gerhard Sextl brachte es auf den Punkt: „Es gibt nicht nur ein Peak Oil, sondern auch ein Peak Metal.“ Der Leiter des Fraunhofer Instituts für Silicatiforschung (ISC) in Würzburg zeigte damit auf, dass auch Metalle verbraucht werden. Rund zehn Prozent der Edelmetalle, die sich in einem neuen Autokatalysator befinden, werden beispielsweise im Laufe der Zeit in die Luft verblasen – auf Nimmerwiedersehen. Derartige Beispiele gibt es etliche. Zwar beträgt die Menge an ausgegangenem Metall eines Autokats nur einige Nanogramm pro gefahrenem Kilometer, jedoch sind an Autobahnen mit sehr hohem Verkehrsaufkommen bis zu 31,7 Nanogramm Platin pro Gramm

Straßenstaub nachgewiesen worden.

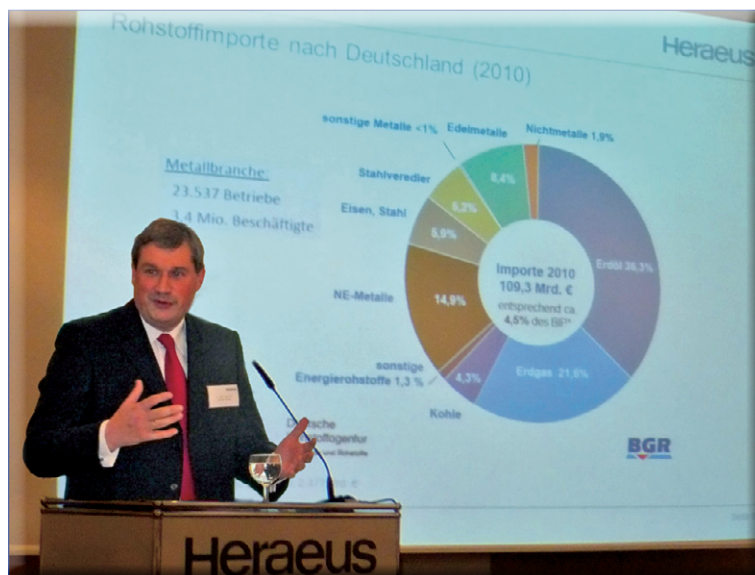
Umso wichtiger ist es, immer ausgefeiltere Recycling-Strategien zu entwickeln, eine „conditio sine qua non“ im alten Latein, aber verständlich sollte es sein: Eine Bedingung, ohne die sonst nichts geht. Konsequente Überlegung: Es gibt keinen Müll mehr, denn Müll ist Rohstoff. Helfen sollen dabei auch interdisziplinär angelegte Forschungsk Kooperationen. Genau so eine wurde gerade gegründet, die Fraunhofer-Projektgruppe IWKS in Alzenau – und bald mit einem Teilbereich in Hanau – für Werkstoffkreisläufe und Ressourcenstrategien. Die Aufspaltung der IWKS-Projektgruppe, aus der eventuell ein neues Fraunhofer-Institut entsteht, ist übrigens laut Sextl einem Bürokratismus geschuldet: Die Länder Bayern und Hessen wollen die Einrichtung fördern. Für ein Institut in nur einem der Länder benötigte man jedoch einen Staatsvertrag – und so etwas könne schon mal fünf Jahre dauern, zu lange für den Tatendrang der Beteiligten – und die Notwendigkeit des Recyclings.

Mit beeindruckenden Grafiken belegt Sextl auch, dass teure Elemente als Rohstoffe nicht nur durch Feinstverteilung quasi verschwinden, sondern dass mehr und mehr unterschiedliche Elemente für die moderne Technik benötigt werden. So stieg Studien zufolge die Anzahl von in elektronischen Geräten eingesetzten Elementen von zwölf in den 80er Jahren auf das Fünffache in heutigen Geräten. Diese gilt es natürlich zu recyceln, zumal einige davon monopolartig von China geliefert werden – oder auch nicht. Erschwerend kommt hinzu: auch die zeitliche Reichweite einiger Elemente ist sehr begrenzt.

Als Ausweg aus dieser Situation bleibt nicht nur das Recycling, sondern auch die Substitution. Mit viel Forschungseinsatz versucht man, durch andere technische Lösungen seltene Elemente durch „Allerweltselemente“ zu ersetzen. Ein Beispiel, bei dem dies bald gelingen könnte, mag dies verdeutlichen: Jeder Flachbildschirm enthält Indium-Zinnoxid-Schichten (ITO) als durchsichtige Elektroden. Indium ist aber nur noch sehr beschränkt verfügbar. Jetzt gelingt es wohl, derartige Elektrodenschichten durch Graphen zu ersetzen. Samsung will einen derartig ausgestatteten Bildschirm im nächsten Jahr präsentieren.

An all diesen Anforderungen arbeitet man auch bei Heraeus, wie Dr. Frank Heinrich berichtete, Geschäftsführer der Heraeus Holding GmbH. Recycling sei eine große Aufgabe, aber auch die Suche nach Materialsubstitutionen – und natürlich auch die Erweiterung der Einsatzmöglichkeiten der bei Heraeus hergestellten Materialien. Seit den 1990er Jahren hat Heraeus das Recycling stärker global positioniert und ist seitdem auch mit Anlagen in den USA, Hongkong, China, Südafrika und Indien im Markt aktiv. In dieser

Die Bedeutung des Recyclings machte der Geschäftsführer der Heraeus-Holding, Dr. Frank Heinrich, u.a. am Rohstoffimport von fast 110 Milliarden Euro im Jahre 2010 deutlich (Fotos diese Doppelseite: Kickuth).

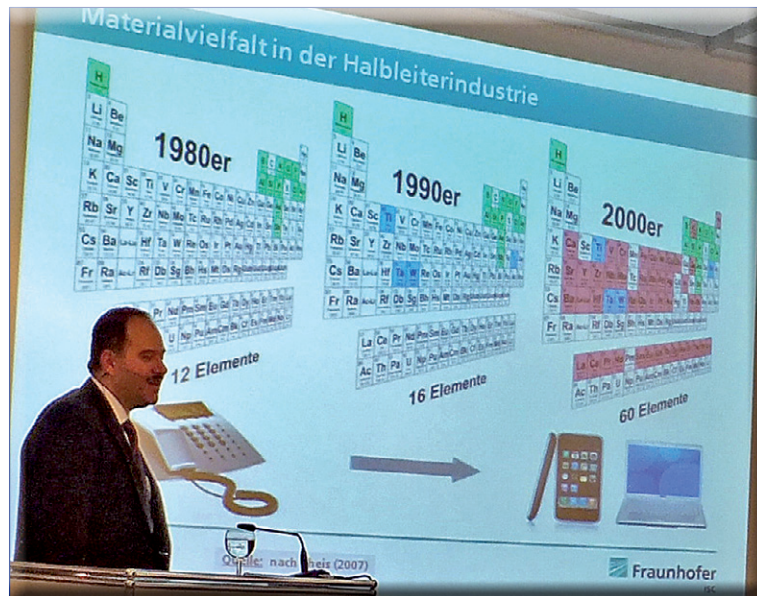


Zeit wurden die Edelmetallmengen im Recycling um ein Vielfaches gesteigert. Das Unternehmen ist spezialisiert auf Edelmetallkonzentrate aus der Minenindustrie und auf verbrauchte Industriekatalysatoren (Reforming-, Schüttgut- und Trägerkatalysatoren, organische Katalysatoren).

Mit „HeraCYCLE“ hat das Unternehmen zudem eine patentrechtlich geschützte thermische Behandlungsmethode zur thermischen Konditionierung („Veraschen“) von edelmetallhaltigen Rückständen entwickelt. In der Anlage werden gebrauchte Katalysatoren auf Kohleträger oder sonstige kohlenstoffhaltige Materialien wie zum Beispiel Rückstände aus der homogenen Katalyse durch Veraschen der brennbaren Inhaltsstoffe präpariert. „Die während des Abbrands entstehenden Rauchgase werden in einem aufwändigen Prozess mittels Nachverbrennung, Wäscher und Abgaskatalysator von Schadstoffen gereinigt“, beschreibt Jan Schapp, Fertigungsleiter Recycling, das Verfahren. Die Edelmetall angereicherte Asche wird durch Vermahlen und Mischen homogenisiert, analysiert und im Scheidebetrieb dann nasschemisch (hydrometallurgisch) aufbereitet. Für 2012 ist eine Kapazitätserweiterung der thermischen Behandlung vorgesehen, die den Standort Hanau weiter stärken wird.

PGM-Abbau energieintensiv

Rückstände von Produkten wie Sputtertargets, die beispielsweise zum Beschichten von Computer-Festplatten zur magnetischen Datenspeicherung genutzt werden, werden von Heraeus ebenfalls aufbereitet. Bei Festplattenherstellern verbrauchte Sputtertargets kommen in relativ kurzen Zeitzyklen (binnen 20 Tagen) wieder zu Heraeus zurück und werden umgehend verwertet. Schapp machte auch darauf aufmerksam, auf diese Weise könne nachhaltig Energie eingespart werden. Denn der Abbau von Platingruppenmetallen (PGM; Platin, Palladium, Rhodium, Ruthenium, Iridium und



Nicht nur, dass wir immer mehr Rohstoffe verbrauchen: Auch die Vielfalt der eingesetzten Elemente vergrößerte sich in den letzten Jahrzehnten erheblich, so Prof. Gerhard Sextl, Leiter des ISC in Würzburg.

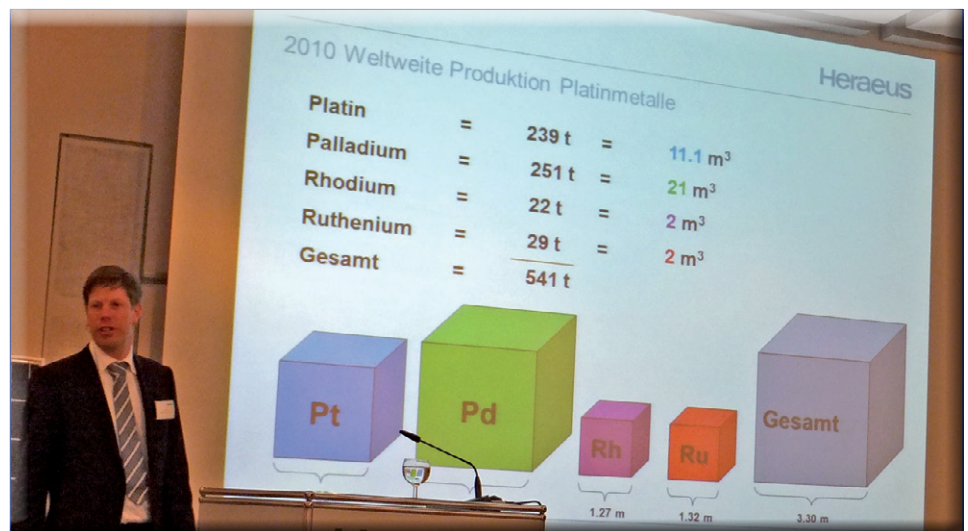
Osmium) aus Minen ist nicht nur schwierig und aufwändig – lediglich zwei bis sechs Gramm Edelmetall finden sich in einer Tonne Gestein – sondern auch sehr energieintensiv. Zum Vergleich: Der Energieverbrauch bei der gleichen Menge Platin ist beim Recycling um den Faktor 70 bis 100 geringer und die Kohlendioxid-Emissionen sogar um den Faktor 200 bis 300 geringer.

Scavenger: Die Aufsammler-Technologie

Auch bei sehr gering konzentrierten Edelmetallrückständen tut sich etwas: In der chemischen

Industrie fallen bei zahlreichen katalytischen Prozessen große Mengen flüssiger Rückstände an, die Edelmetallkatalysatoren in sehr geringer Konzentration gelöst enthalten, oft deutlich weniger als 100 ppm. Bislang konnten diese kaum oder nicht wirtschaftlich recycelt werden. Ein neues Adsorptionsverfahren (Scavenger-Technologie, von engl. scavenger = Plünderer, Straßenkehrer, Fänger), das in Kooperation mit der englischen Firma PhosphonicS angeboten wird, ermöglicht es Heraeus, diese gering konzentrierten, edelmetallhaltigen Abfalllösungen effizient aufzuarbeiten.

Die globale Produktion der Platinmetalle passt in eine Garage, verdeutlichte Jan Schapp.



Beim Scavenger-Verfahren erfolgt der erste Aufbereitungsschritt direkt vor Ort auf Kundenseite. Dies spart vor allem hohe Transportkosten großer, verdünnter Flüssigkeitsmengen ein. Bei dem Verfahren ziehen die Scavenger-Substanzen, spezielle Adsorptionsmittel, die fein verteilten edelmetallhaltigen Rückstände aus der Lösung. Dabei wird das Edelmetall auf der Oberfläche des Adsorptionsmittels gebunden. Die vorher stark verdünnten Rückstände können auf diese Weise um den Faktor 100 bis 10000 konzentriert werden. Anschließend wird das beladene Material mit dem wertvollen Inhalt zur Aufbereitung zu Heraeus transportiert und durch nasschemische Prozesse so aufbereitet, dass am Ende wieder reines Edelmetall vorliegt.

Die Welt-Rohstoffvorkommen sind ungleich verteilt, deutlich gemacht in dieser Karte (Abb.: ISC; Quelle: New Scientist).

Mittlerweile, so Schapp, stammen 25 bis 30 Prozent des globalen Angebots an PGM-Metallen aus dem Recycling. Bei Heraeus sei die PGM- und Feinsilber-Produktion um den Faktor 7 innerhalb von 20 Jahren angestiegen,



Kaum zu glauben: Die 2008 montierten Solarpanels dieses Dachs, die 13 Kilowatt Peak elektrischer Leistung erzeugen können, enthalten etwa zwei Kilogramm reines Silber (siehe auch Titelbild). Insofern könnte an der Regenbogensage, nach der am Ende des Regenbogens ein Topf voller Gold steht, ja doch was Wahres dran sein ;-)

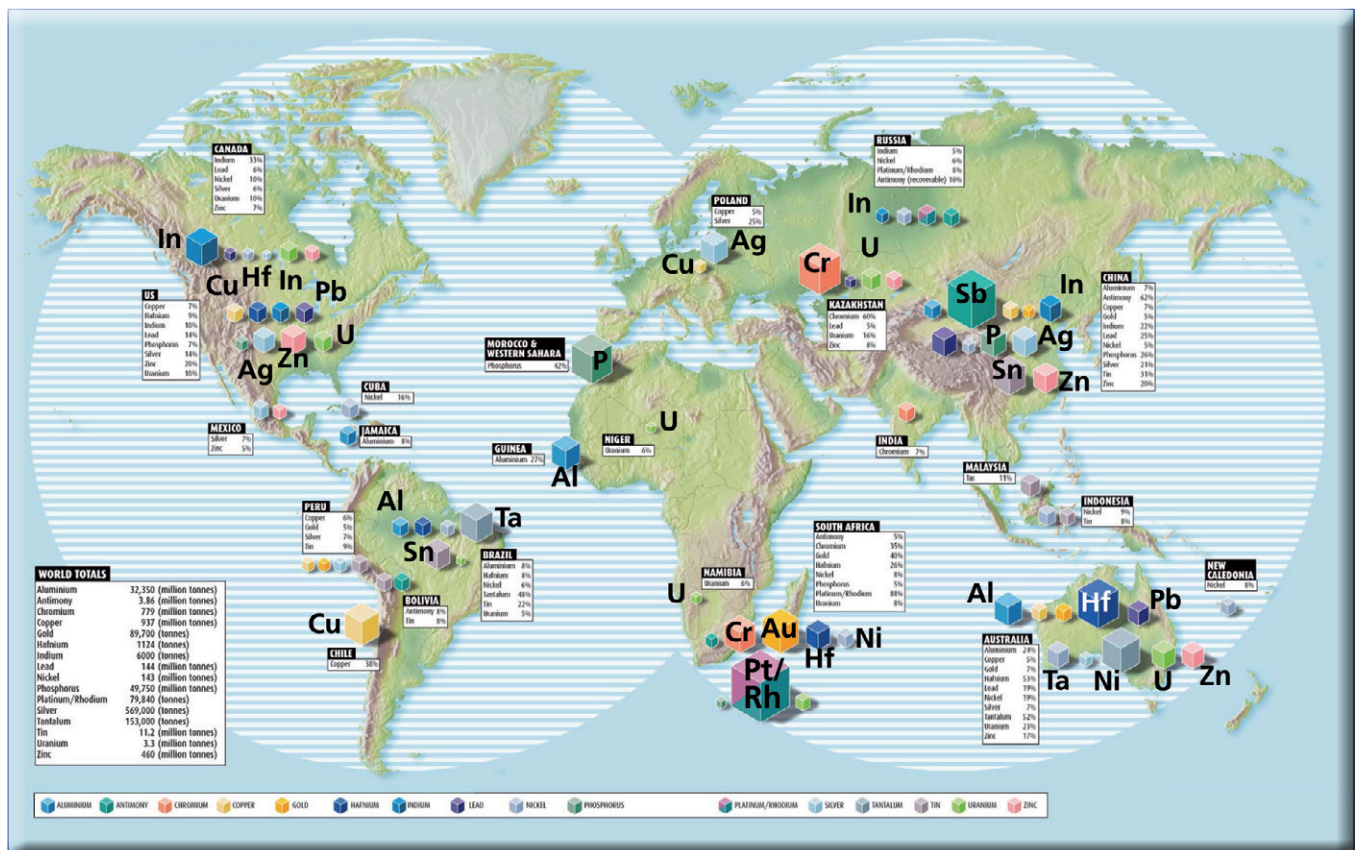
die Feingold-Produktion im selben Zeitraum sogar um den Faktor 40!

Kiloweise Silber auf dem Dach

Sicherlich denken fast alle Besitzer von Photovoltaikanlagen nur an Siliciumscheiben, die sie auf dem Dach montiert haben – sofern es nicht Dünnschicht-Solarzellen mit Cadmiumtellurid oder Kupfer-Indium-Gallium-Schwefel-Selen-Verbindungen sind. Die einzelnen Siliciumstreifen auf den Solarzellen jedes Moduls müssen

jedoch mit einem Leiter verbunden werden, und dafür nimmt man Silberpaste. Kupfer stört den photovoltaischen Prozess; andererseits gilt es, die Antireflexionsschicht auf einer Solarzelle zu durchdringen, ohne die Zelle zu zerstören.

Damit möglichst viel der eintreffenden Sonnenstrahlung für die Ladungsträgergenerierung genutzt werden kann, wird eine Antireflexionsschicht typischerweise aus Siliziumnitrid aufgebracht, die den Solarzellen ihre charakteristische tiefblaue Farbe verleiht.



Um den in den einzelnen Streifen einer Solarzelle generierten Photostrom an einen Verbraucher abzuleiten, werden die Zellvorder- und Zellrückseite mit einer Metallisierung kontaktiert. Die Herstellung der Kontaktierung wird bei circa 90 Prozent der industriell produzierten Solarzellen im Siebdruckverfahren bewerkstelligt. Im Standardfall besteht die Metallstruktur aus zwei „Busbars“, die den generierten Strom von den orthogonal dazu liegenden Leitfingern einsammeln und an den Verbraucher ableiten. In der industriellen Fertigung werden gewöhnlich Leitfingerbreiten von etwa 120 Mikrometer mit einer mittleren Höhe von zehn Mikrometern gedruckt.

Und hier liegt etliches Potenzial für Optimierungen. Silbersolarpasten leisten einen wichtigen Beitrag zur Effizienzsteigerung von Siliziumsolarzellen. Dies zeigte Carsten Mohr, Leiter der Business Unit Photovoltaics bei Heraeus, auf dem Technologieforum auf. Um die Bedeutung des Marktes herauszustellen hier einige aktuelle Zahlen zum Bestand und zum Wachstum der Photovoltaik. Ende des Jahres 2009 waren in Deutschland rund zehn Gigawatt Peak – also Spitzenleistung bei bester Sonneneinstrahlung – an Photovoltaikanlagen installiert. Nach Angaben des Fach-

Recycling wie auch Substitutionsbemühungen sind *Conditio sine qua non* – absolut notwendig, betrachtet man, wie lange manche Metalle bei bisherigem Verbrauch verfügbar sind (Quelle: Heraeus).

Kritische Elemente mit geringer Reichweite:

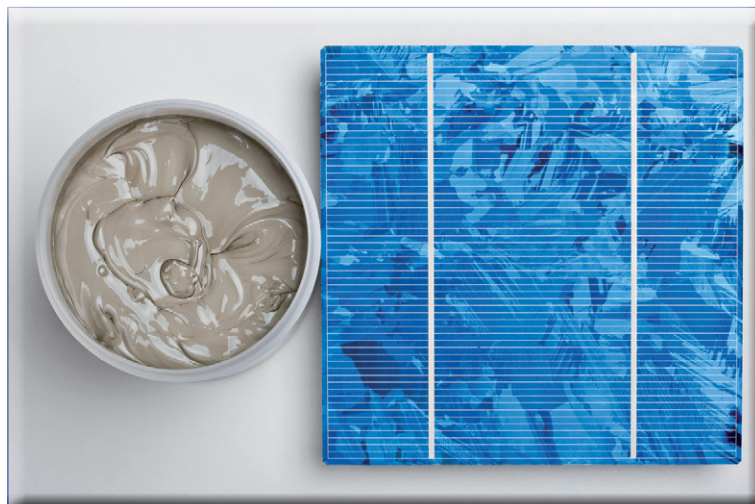
Antimon	15 – 20 Jahre
Hafnium	≈ 10 Jahre
Indium	5 – 10 Jahre
Platin	≈ 15 Jahre
Silber	15 – 20 Jahre
Tantal	20 – 30 Jahre
(Uran	30 – 40 Jahre)
Zink	20 – 30 Jahre



Die thermische Anlage des neuen „HeraCYCLE“-Prozesses bei Heraeus (Foto: Heraeus).

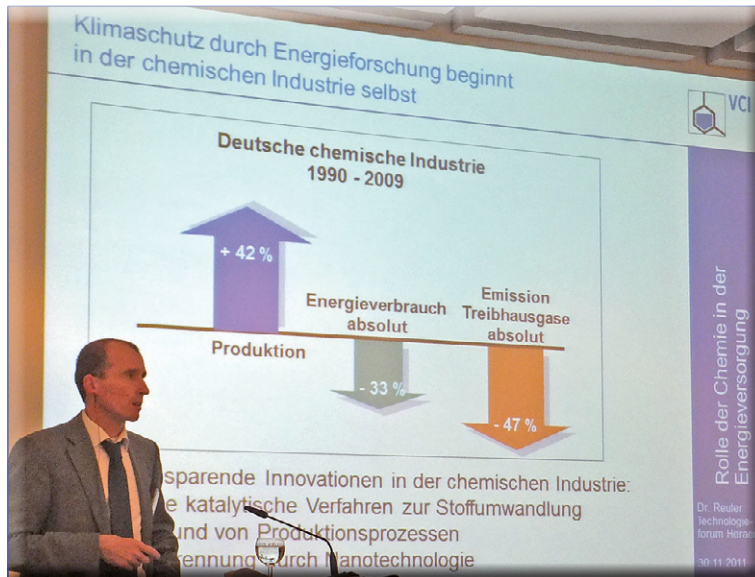
magazins „Photon“ kamen allein 2010 rund 7,5 Gigawatt hinzu, in diesem Jahr sollen es rund zehn Gigawatt Zuwachs sein, weltweit 20 bis 30 Gigawatt. Die Produktion der Zellenhersteller wird um die 50 Gigawatt liegen. Das sind Wachstumsraten hoch im Zweistelligen bis hin zu Verdoppelungen. Photon-Chefredakteurin Anne Kreutzmann sieht da auch noch kein Ende der Fahnenstange. Selbst wenn sich die weltweit installierte Photovoltaikleistung 2012 auf rund 50 Gigawatt nochmals verdoppeln würde stiege der Anteil des Solarstroms an der globalen Stromversorgung insgesamt nur um etwa ein halbes Prozent. Soviel zur Bedeutung der Solarbranche...

Mit diesem Hintergrund führen auch kleine Verbesserungen des Wirkungsgrades jeder Solarzelle zu einer absolut hohen Menge an mehr gewonnenem Strom. Bei Heraeus entwickelt man daher neue Rezepturen, um die Kontaktierung der Solarzellen und damit deren Effizienz zu steigern. Die Anforderungen an neue Pastengenerationen sind hohe Effizienz bei geringem Verbrauch und reduziertem Silbergehalt – wobei dieses Element trotz hoher Kosten doch bislang das Element der Wahl ist: Das Edelmetall ist besonders korrosionsbeständig, langzeitstabil und gut lötbar. Um dem Kostenfaktor Silber zu begegnen, gilt es, Einsparungspotenziale in der Herstellung



Silberpaste für die Leiterfinger von Solarzellen. Heraeus produziert davon im Durchschnitt 80 Tonnen im Monat (Foto: Heraeus).

Die chemische Industrie verbesserte in den letzten 20 Jahren ihre Energieeffizienz erheblich, verdeutlichte Dr. Martin Reuter, VCI (Foto: RK).



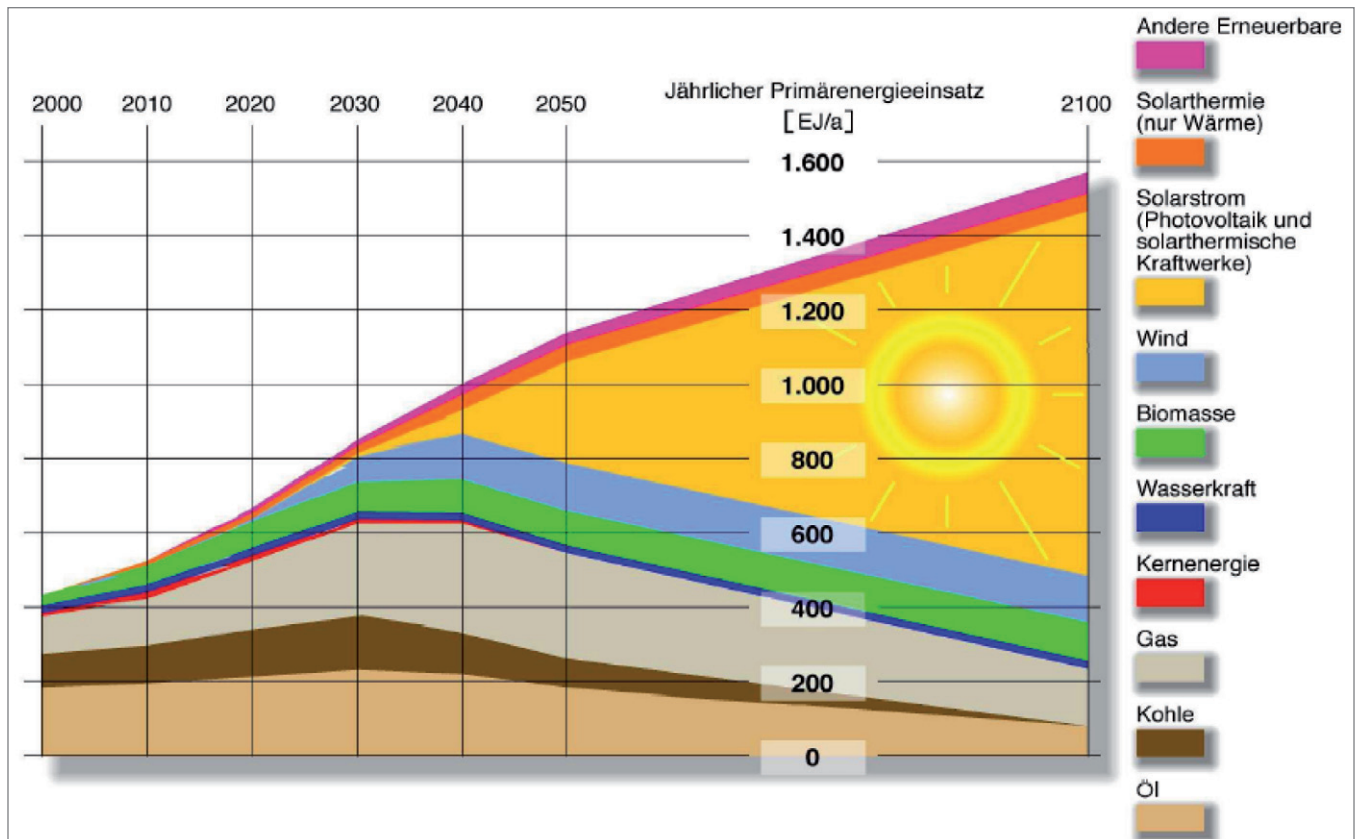
von Photovoltaikzellen zu nutzen. Diese liegen vor allem in folgenden Bereichen: neue Solarzellen-Konzepte, optimierter Siebdruck bzw. andere neue Drucktechniken sowie in neuen Materialsystemen. Die Pasten bestehen aus Silberpulver, organischen Trägersubstanzen, weiteren Zuschlagstoffen und metallischen Gläsern. Derartige

Bestandteile, oft Borsilikatglaspartikel, helfen dabei, in einem Hochtemperaturschritt, dem Sintern der Silberpaste auf den Solarzellen, die Antireflexionsbeschichtung durchzuzüaten und den Kontakt zwischen dem gedruckten Leiter und dem Silizium herzustellen. Es gilt, elektrische Verluste an der Grenzschicht zwischen Silicium

und Metallisierung zu vermindern; das kann eine verbesserte Pastenrezeptur zusammen optimierten Prozessparametern beim Aufbringen der Pasten leisten. Verbesserte Druckmöglichkeiten können dann zudem den Leitungswiderstand der Leitfinger selbst verringern. Verbessert sich nämlich ihr Höhen-Breiten-Verhältnis – kurz gesagt: werden sie dicker – verringert sich ihr Widerstand. Dabei macht man laut Carsten Mohr deutliche Fortschritte. Mittlerweile betrage die Strukturbreite der Leiterfinger auf Solarzellen statt 120 Mikrometer wie vor zwei Jahren nur noch bei 30 Mikrometer. Trotzdem: Auf die Vorderseite jeder Solarzelle findet man noch rund 0,2 Gramm reines Silber, auf der Rückseite zwischen 0,04 und 0,1 Gramm. Heraeus liefert laut Mohr rund 80 Tonnen Silberpasten pro Monat weltweit aus; die Spitzenmenge hätte bislang bei 120 Tonnen im Monat gelegen.

Noch existiert übrigens kein Recyclingsystem für das Silber auf

Photovoltaik wird erheblich am Energiemix zunehmen. Das zeigt die Prognose des wissenschaftlichen Beirats der deutschen Bundesregierung zu globalen Klimaveränderungen (Quelle: Solarwirtschaft.de).



Solarzellen – wohl von dem Silicium. Allerdings gibt es Sammelstellen. Da die Lebensdauer der Solarzellen in Jahrzehnten zählt wird sich ein solches Recyclingsystem aber installieren, ist man bei Heraeus überzeugt.

Zudem gibt es Ausstiegsvarianten aus dem Silber als Leitungsvormittler, etwa hin zum Aluminium. Mohr stellte sechs Szenarien zwischen 2009 und 2014 hinsichtlich des Silberverbrauchs vor. 2009 betrug dieser knapp 1000 Tonnen. Sollten dies 2014 nach einer Voraussage von 2010 noch fast 5000 sein, geht man jetzt pessimistisch für 2014 eher von 4000 Tonnen aus, realistisch von knapp 3000 Tonnen. Selbst ein Rückgang auf 1000 Tonnen erscheint aufgrund der Substitutionsmöglichkeiten erreichbar, aber weniger wahrscheinlich.

Bei allen Recycling- und Substitutionsbemühungen gilt natürlich zu beachten: Was kostet es, insbesondere auch: Welchen Energieeinsatz muss man dafür leisten. Heraeus-Holding-Geschäftsführer machte dazu die interessante Angabe, dass man



Medienvertreter im Edelmetall-Kontakt: Der Palladium-Barren in den Händen des Autors dieses Artikels (rechts) war etwa mit seinen 3,8 Kilogramm 62 000 Euro wert, und zum Vergleich gab es dann auch noch einen 4,6-Kilogramm schweren, aber kleineren Platinbarren aufzuheben, Wert 170 000 Euro. Gefühlt war es wie ein Klotz Blei, aber nicht nur der Geldwert zählt: Diese Metalle haben etwa in der Katalyse unvergleichliche Eigenschaften (Foto: Heraeus).

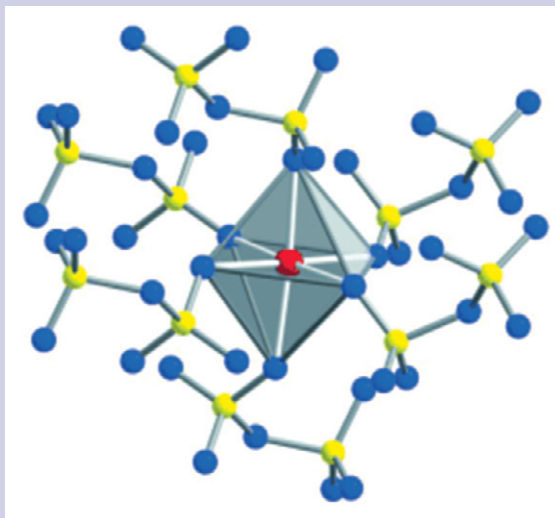
in den vergangenen vier Jahren im Unternehmen acht Prozent Energieeinsparungen erreicht habe. Dr. Martin Reuter, Abteilung Wissenschaft, Technik und Umwelt beim VCI, machte deutlich, dass ohne Chemie keine Energiewende zu erreichen sei, dass aber auch die chemische

Industrie selbst sehr effizient arbeitet. So sei die Produktion zwischen 1990 um 42 Prozent gesteigert worden, der Energieverbrauch der Chemiebranche selbst jedoch gleichzeitig um ein Drittel gesunken, der Ausstoß von Treibhausgasen sogar um 47 Prozent. *RK*

Erstmals ferromagnetische Eigenschaften einer Palladiumverbindung nachgewiesen

Chemiker der Unis Oldenburg und Münster konnten zum ersten Mal eine Palladiumverbindung darstellen, die unter bestimmten Bedingungen ein starkes Magnetfeld erzeugen kann. Dieses Forschungsergebnis haben Gutachter der Fachzeitschrift „Angewandte Chemie“ als „besonders wichtig“ eingestuft – nur zehn Prozent aller Manuskripte erreichen diese Bewertung. Bislang war bekannt, dass die überwältigende Mehrheit von Palladiumverbindungen einen Aufbau zeigt, bei dem die Palladiumatome quadratisch von den Nachbaratomen umgeben sind. Prof. Mathias Wickleder und Jörn Bruns, Uni Oldenburg, sowie Prof. Rainer Pöttgen und Matthias Eul von der Uni Münster haben sich nun mit einer Palladiumverbindung beschäftigt, die nicht den typischen strukturellen Aufbau aufweist.

In Oldenburg gelang es, die Disulfat-Palladiumverbindung Pd(S₂O₇) zu synthetisieren, in der Palladiumatome sechsfach in Form eines Oktaeders koordiniert sind. Das Disulfat wurde durch Umsetzung des Edelmetalls mit Schwefeltrioxid bei hoher Temperatur erhalten. Die Münsteraner Chemiker konnten in Messungen nachweisen, dass sich das Disulfat bei sehr tiefer Temperatur ferromagnetisch verhält. Die Substanz erzeugt dann ein Magnetfeld. Diese Form des Magnetismus wurde bei Palladiumverbindungen noch nie beobachtet. Das Bild zeigt die Struktur von Pd(S₂O₇) (Pd rot, O blau, S gelb), das eine oktaedrische Sauerstoffkoordination des Pd²⁺-Ions aufweist. Dies führt zum Paramagnetismus der Verbindung, die darüber hinaus bei 11,7 Kelvin die genannte ferromagnetische Ordnung zeigt.



Kennen Sie die Strukturen?

Die Schweizer „Kaffeerahm-Deckeli“ im Jahr der Chemie 2011

Veronika R. Meyer, St. Gallen

Das Jahr 2011 wurde von den Vereinten Nationen zum Internationale Jahr der Chemie ausgerufen. Eine gute Gelegenheit, sich wieder einmal bewusst zu werden, dass alle Dinge und Lebewesen um uns herum „Chemie“ sind. Im Alltag machen wir auf Schritt und Tritt mit interessanten Molekülen Bekanntschaft, auch wenn sie oft nicht in reiner Form auftreten, sondern sich beispielsweise in Pflanzen verstecken. Mit einem kleinen Quiz können Sie ihr Wissen darüber testen und vielleicht auch Ihre Familie und Freunde für die Schönheit ihrer Strukturen begeistern.



Zwei von 20 Kaffeerahmdeckeli, unter die Leute gebracht von der Schweizerischen Chemischen Gesellschaft aus Anlass des Internationalen Jahrs der Chemie.

Zum Ende des Jahres der Chemie 2011

Die Schweizerische Chemische Gesellschaft hat sich überlegt, wie man die breite Bevölkerung auf die Wissenschaft Chemie und ihre Errungenschaften hinweisen könnte. Das Jahr der Chemie sollte dazu spielerische Gelegenheiten bieten. Nebst anderen Aktionen wurde eine Serie Kaffeesahnen-Deckel mit Molekülstrukturen gestaltet. In der Schweiz heißen die kleinen Aluminiumfolien „Kaffeerahm-Deckeli“ (siehe Foto oben). Manche Leute sammeln sie, aber auch wer das nicht tut, guckt sich zuweilen die Deckeli an, während man den Kaffee genießt. Dieses Jahr waren darauf nicht nur die beliebten Blumen, Landschaften, Berge oder Schlösser zu finden, sondern auch Moleküle! Jedes der 20 Sujets zeigte eine Struktur, ihren Namen und im Hintergrund das Vorkommen des betreffenden Stoffs. Idee und Gestaltung kamen von

Barbara Winter.

Viele der Strukturen gehören zum Lehrstoff in Chemie. Erinnern Sie sich noch? Mit dem nachfolgenden Quiz können Sie Ihr Wissen testen, in schönen Strukturen schwelgen, sich Düfte in Erinnerung rufen und vielleicht wieder ein Lehrbuch zur Hand nehmen. Es sind keine Preise zu gewinnen, bloß eine vergnügliche Stunde.

Finden Sie heraus, wie die Moleküle heißen und wo sie (unter anderem) vorkommen. Die Lösungen finden Sie auf folgender Webseite, die von der Schweizerischen Chemischen Gesellschaft betreut wird: www.chemistry2011.ch/produkte/kaffeerahmdeckeli/.

Die Aufgabe

Nebenstehend finden Sie Strukturen bekannter Chemikalien. Im Gegensatz zu den originalen Kaffeerahmdeckeli wurde bei den hier gezeigten Strukturen der Einfachheit halber die Chiralität nicht berücksichtigt. Wie heißen diese Chemikalien? Hier in ungeordneter Form eine Aufzählung:

Thymol – Wasser – Campher – Cumarin – Koffein – Lactose – Menthol – Geraniol – Vanillin – α -Bisabolol – Colchicin – cis-Rosenoxid – Saccharose – Theobromin – Zimtaldehyd – Abietinsäure – Ascorbinsäure – Linalylacetat – Zitronensäure – Siliziumdioxid.

Wo sind diese Moleküle zu finden?

Jeder dieser Stoffe ist in einem der nachstehend genannten Materialien sozusagen zu Hause. Wissen Sie wo?

Heu – Rose – Sand – Milch – Kaffee – Wasser – Geranie – Kamille – Lorbeer – Thymian – Zitrone – Baumharz – Lavendel – Zimtrinde – Schokolade – Pfefferminze – Würfelzucker – Gewürzvanille – Brausetablette – Herbstzeitlose. Viel Vergnügen!



Die Autorin

Dr. Veronika R. Meyer, Jahrgang 1951: Chemikerin mit Promotion in analytischer Chemie an der Universität Bern. Habilitation 1996 und Lehrtätigkeit ebenda. Autorin von Lehrbüchern zur HPLC. Interessensgebiete sind analytische Chemie, insbesondere Chromatographie, Qualitätssicherung, Messunsicherheit (und Bergsteigen). Sie ist Projektleiterin an der EMPA St. Gallen.

Hoher Druck macht Wasserstoff metallisch

Möglicherweise ist Wasserstoff dann sogar eine Quantenflüssigkeit

Forschern des Max-Planck-Instituts für Chemie in Mainz haben Wasserstoff bei 25 Grad Celsius unter Druck gesetzt, solange bis auf ihrer Probe mehr als drei Megabar lasteten – das entspricht dem Dreimillionenfachen des Atmosphärendrucks. Dabei entdeckten sie zunächst einen bislang unbekanntem Zustand des Wasserstoffs: Oberhalb von 2,2 Megabar verhielt sich der Wasserstoff wie ein Halbleiter. Bei etwa 2,7 Megabar nahm das Element metallische Eigenschaften an, und damit bei deutlich niedrigerem Druck als theoretisch vorhergesagt. Diese Beobachtungen helfen

Physikern, die fundamentalen Eigenschaften der Materie zu ergründen und könnten eine Spur zu Materialien mit neuen Eigenschaften legen.

Metallischer Wasserstoff dürfte selbst den meisten Chemikern kaum bekannt sein, aber Wasserstoff ist mit Metallen chemisch recht verwandt. Denn Wasserstoff gehört zur selben Gruppe chemischer Elemente wie die Alkalimetalle Lithium, Natrium und Kalium. Allerdings existiert er auf der Erde normalerweise nur in Form zweiatomiger Moleküle. An manchen Orten im Weltall ist das anders. So dürfte er im Inneren des Jupiters als Metall vorliegen. Das vermuten

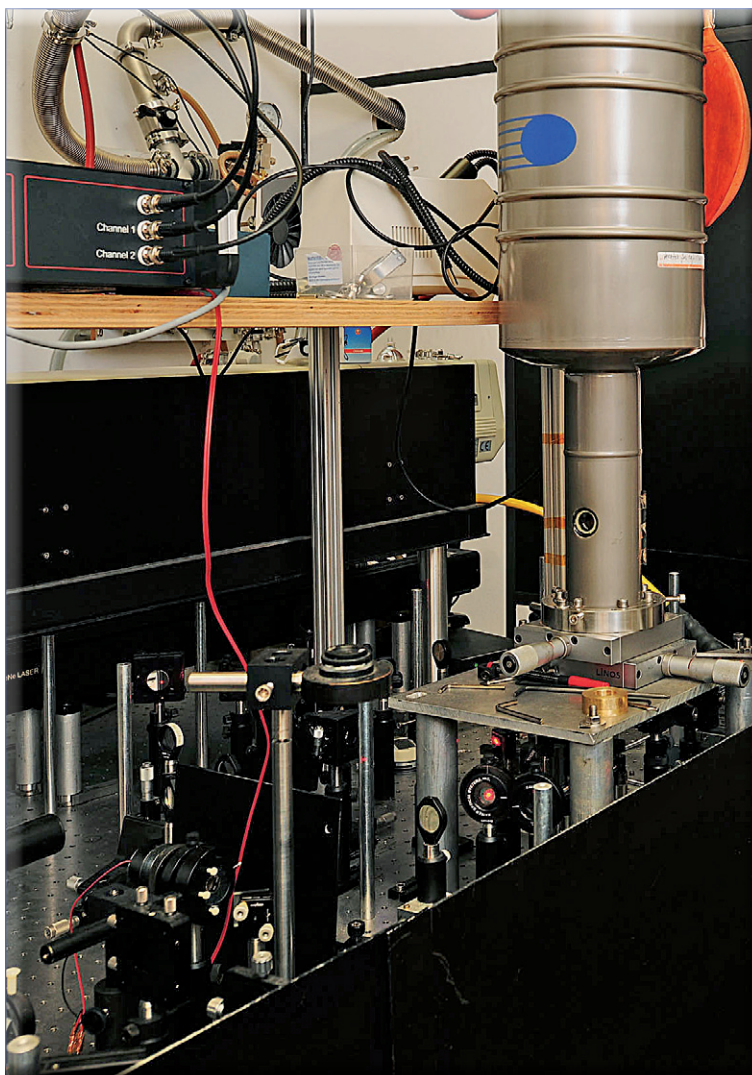
Astrophysiker jedenfalls und führen darauf das starke Magnetfeld des Planeten zurück.

„Die Eigenschaften des Wasserstoffs, so wie er etwa im Jupiter existieren könnte, ist ein Grund für unsere Hochdruck-Experimente“, sagt Mikhail Eremets. Gemeinsam mit Ivan Troyan hat er das Element in einem Labor am Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz in die metallische Form gezwungen. Zu diesem Zweck haben sie den Wasserstoff einem extrem hohen Druck ausgesetzt, wie er etwa im Inneren von Planeten und Sternen herrscht. Sie füllten den Wasserstoff in eine Mulde in einer Dichtung, die sich zwischen zwei Miniatur-Ambossen aus Diamant befand. Nun pressten die Forscher die Diamantambosse zusammen. Dabei beobachteten sie das Element mit einem Raman-Spektrometer, das ihnen durch die Streuung von Licht Informationen über die räumliche Anordnung der Wasserstoffmoleküle liefert.

Bei einem Druck von rund 230 000 Bar erstarrte der Wasserstoff zu einem Festkörper, seine Moleküle blieben dabei jedoch erhalten. Sobald 2,2 Megabar auf der Probe lasteten, registrierte man mit Hilfe der Spektren, dass sich die Struktur des Elementes änderte. Gleichzeitig wurde der Wasserstoff zum Halbleiter, wie die Forscher in Messungen der Leitfähigkeit feststellten. Dieser Halbleiter-Zustand war bislang unbekannt. Auch in Berechnungen, wie sich Wasserstoff bei hohen Drücken verhält, haben Theoretiker dafür bislang keine Anzeichen gefunden.

Wasserstoff als Supraleiter?

Als die Forscher den Druck auf die Probe weiter erhöhten, stieg die Leitfähigkeit des Wasserstoffs allmählich, bis sie bei 2,7 Megabar auf das Tausendfache sprang. Diesen Sprung hatten Rechnungen erst bei fast vier Megabar vorhergesagt. „Der genaue Leitfähigkeitswert



In dieser Apparatur hat man Wasserstoff mit dem 2,7 millionenfachen des Atmosphärendrucks in eine Form gezwungen, in der er wie ein Metall Strom leitet (Fotos: MPI für Chemie).

liegt aber möglicherweise noch höher“, so Ivan Troyan. Unter diesem Druck könnten in der Probe auch Protonen entstehen, die an den Messelektroden der Apparatur eine Art elektrische Sperrschicht aufbauen. Diese bewirkt, dass die Messungen zu niedrige Werte ergeben. „Dieses Problem wollen wir in weiteren Untersuchungen umgehen, indem wir die Leitfähigkeit mit einer Wechselspannung von sehr hoher Frequenz messen.“

Mit den präziseren Messungen möchten die Forscher noch mehr darüber herausfinden, was genau in ihrer Probe bei 2,7 Megabar passiert. Derzeit gehen die Mainzer Wissenschaftler davon aus, dass Wasserstoff bei diesem Druck zu einem metallischen Leiter wird. Möglicherweise leitet Wasserstoff unter diesen Bedingungen aber sogar wie ein Supraleiter, transportiert einen elektrischen Strom also völlig ohne Widerstand. Und dass bereits bei Raumtemperatur – anders als alle bekannten Supraleiter, die mehr oder weniger stark gekühlt werden müssen.

Kann Wasserstoff gleichzeitig suprafluid und supraleitend sein?

„Es könnte auch sein, dass Wasserstoff bei mehr als 2,7 Megabar nicht als metallischer Festkörper vorliegt, sondern als metallische Flüssigkeit wie Quecksilber“, sagt Mikhail Eremets. Und dabei liegt eventuell eine besondere Flüssigkeit vor: eine Quantenflüssigkeit. Eine Quantenflüssigkeit ist eine Flüssigkeit, in der Quanteneffekte auftreten und die nicht mehr mit der klassischen statistischen Mechanik beschrieben werden kann. Nach der klassischen Mechanik müssten alle Substanzen in der Nähe des absoluten Nullpunkts der Temperatur kristallisieren, da keine kinetische Energie mehr vorhanden ist und Atome wegen der Forderung nach minimaler potentieller Energie stets in einer regulären Gitterstruktur angeordnet sein sollten. Die Nullpunktenergie ist bei Quantenflüssigkeiten jedoch so groß, dass kein Übergang des Systems in die feste Phase erlaubt ist.



Der Diamantamboss – das Herzstück der Anlage, in der in einer kleinen Kammer extrem hohe Drücke zwischen zwei Diamantenspitzen entstehen.

Quantenflüssigkeiten können Suprafluidität aufweisen. Dabei handelt es sich um einen makroskopischen Quanteneffekt. Das ist der Zustand einer Flüssigkeit, bei dem sie jede innere Reibung verliert. Zudem besitzen suprafluide Stoffe keine Entropie und eine unendlich hohe Wärmeleitfähigkeit; es ist also nicht möglich, innerhalb eines suprafluiden Stoffes einen Wärmegradienten zu erzeugen. Das Phänomen der Suprafluidität wurde bislang nur bei den Helium-Isotopen ^4He und ^3He sowie bei dem Lithium-Isotop ^6Li beobachtet (siehe auch den Kasten auf der folgenden Seite). In der suprafluiden Phase kann man ungewöhnliche Phänomene beobachten. So dringt die Flüssigkeit reibungsfrei durch engste Kapillaren. Zudem können suprafluide Flüssigkeiten über höher gelegene Hindernisse hinwegfließen. Bedingt ist der Effekt dadurch, dass die innere Reibung in der Supraflüssigkeit verschwindet und die Kapillarkräfte an der Gefäßwand stärker sind als die Gravitationskräfte und der adhäsive Widerstand.

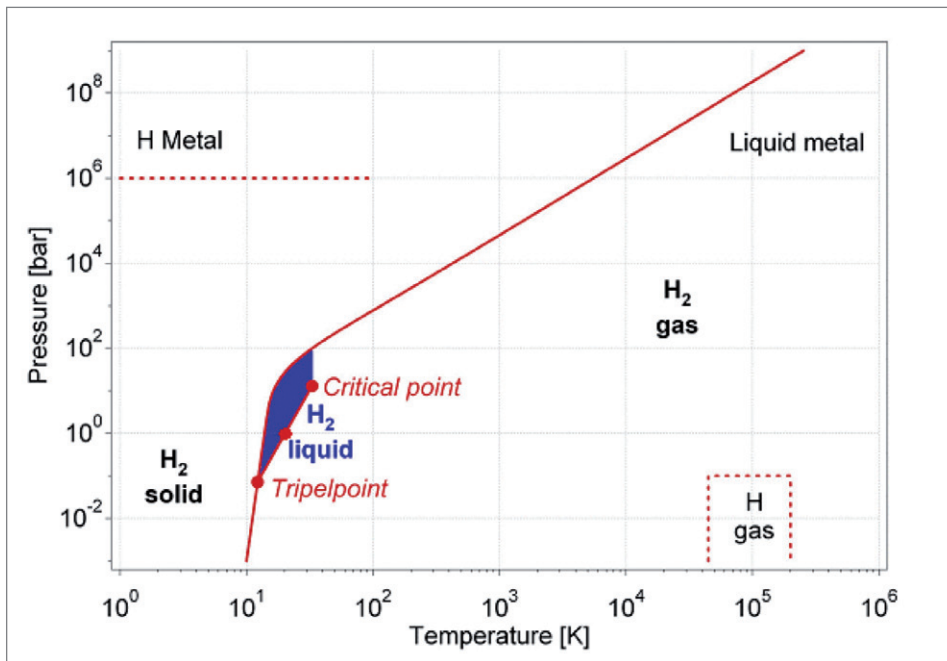
Nach den neuen experimentellen Daten zu Wasserstoff unter höchsten Drücken meint Mikhail Eremets jetzt: „Es könnte sogar sein, dass Wasserstoff unter bestimmten Bedingungen gleichzeitig supraleitend und suprafluid wird.“ Bislang ist noch kein Stoff bekannt, der die beiden erstaunlichen Quanteneffekte gleichzeitig zeigt und sowohl ohne Widerstand Strom leitet als

auch ohne Reibung fließt. Die Entdeckung, dass Wasserstoff bei hohem Druck elektrisch leitend wird, stellt also einen ersten Schritt auf einem längeren Weg dar. Auf dem könnten die Forscher noch einige Eigenschaften des Elementes entdecken, die noch exotischer sind als seine elektrische Leitfähigkeit.

Phasendiagramme unter hohem Druck

Ein Phasendiagramm gibt Aufschluss, welche Eigenschaften eine Substanz wie etwa elementarer Wasserstoff bei einer bestimmten Temperatur und einem bestimmten Druck annimmt – es gleicht einer Karte der Stoffeigenschaften. Diese Karte zeichnen Forscher, indem sie die Merkmale eines Stoffs unter verschiedenen Bedingungen bestimmen. Zu diesem Zweck messen sie die Stoffeigenschaften im Labor, stellen dazu aber auch Rechnungen an. Bei moderaten Drücken ist das mehr oder weniger problemlos möglich, bei extrem hohen Drücken stoßen jedoch sowohl Experimentatoren als auch Theoretiker an die Grenzen des Machbaren. Daher weist etwa das Phasendiagramm des Wasserstoffs bei hohen Drücken viele Lücken und Mehrdeutigkeiten auf.

Immerhin haben die Forscher des Max-Planck-Instituts für Chemie nun einen Teil der experimentellen Herausforderungen gemeistert. Dazu gehört, dass Wasserstoff in Studien bei sehr hohem Druck bisher



bis zu 3,3 Megabar aussetzen – das ist der höchste Druck, dem Wasserstoff bislang in einem Labor ausgesetzt wurde.

Um ihre Messergebnisse besser interpretieren zu können, brauchen die Experimentatoren die Hilfe von Theoretikern. Bisher lieferten deren Rechnungen für Drücke oberhalb von zwei Megabar allerdings kaum sinnvolle Ergebnisse. Daher extrapolieren Theoretiker die berechneten Kurven aus dem Bereich gemäßigten Drucks in den Bereich extrem hoher Drücke. Bei den Daten, die sie so erhielten, handelt es sich jedoch allenfalls um gut begründete Schätzungen. Im Fall von Wasserstoff gibt es eine Ausnahme: Ein Forscherteam aus Frankreich, Spanien und Italien berechnete für 3,3 Megabar und 100 Grad Celsius ein zuverlässiges Ergebnis. Demnach befindet sich Wasserstoff unter diesen Bedingungen in einem flüssigen Zustand. Die Rechnung für diesen einzelnen Punkt dauerte allerdings zwei Jahre.

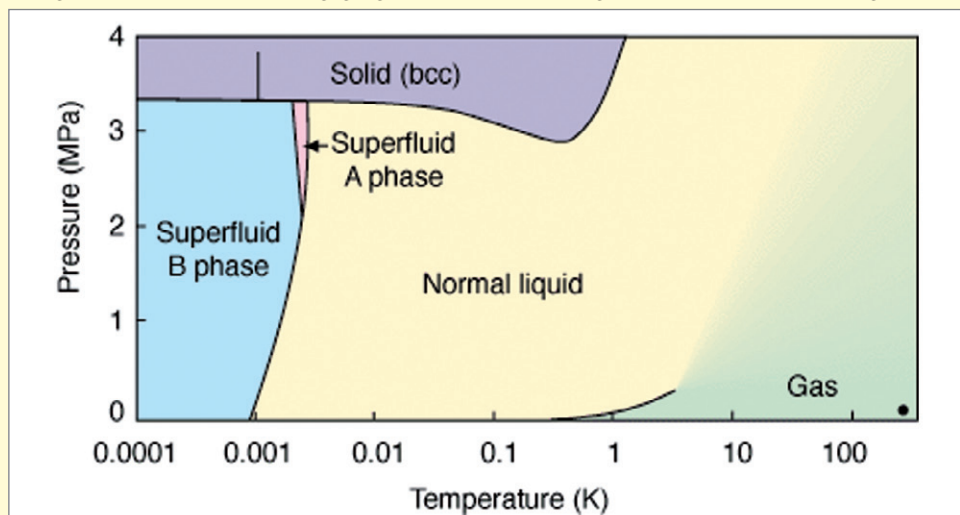
Phasendiagramm von Wasserstoff nach bisherigen Annahmen (Abb.: W. B. Leung and N. H. March H. Motz, "Primitive Phase Diagram for Hydrogen", Physics Letters 56A, 6 (1976), pp. 425-426).

in die Diamant-Ambosse gepresst wurde. Das haben die Mainzer Wissenschaftler verhindert, indem sie die Diamantoberfläche mit einer sehr dünnen, durchscheinenden Metallschicht überzogen. So konnten sie ihre Probe einem Druck von

Unterschiede in der Suprafluidität von Helium-3 und Helium-4

Phasendiagramm von Helium-3. Suprafluidität beobachtete man zunächst bei dem Helium-Isotop ^4He . Dessen Suprafluidität entdeckte der russische Physiker Pjotr Leonidowitsch Kapiza im Jahre 1937. Helium-4 wird „bereits“ unterhalb 2,17 Kelvin suprafluid. Erst 1971 gelang David M. Lee, Douglas D. Osheroff und Robert C. Richardson, das Helium-Isotop ^3He ebenfalls in einen suprafluiden Zustand zu versetzen, indem sie das Isotop unter die Temperatur von 2,491 Millikelvin abkühlten. Die beiden Suprafluiditäten sind mit unterschiedlichen quantenmechanischen Statistiken beschreiben. Grund dafür ist, dass es sich bei Helium-4 um ein Bosonen-Modell handelt, bei Helium-3 jedoch um ein Fermionen-Modell. Bosonen – die der Bose-Einstein-Statistik genügen – sind Teilchen mit einem ganzzahligen Spin, Fermionen solche mit einem halbzahligen Spin; sie genügen der Fermi-Dirac-Statistik; bei Helium-3 ergibt sich dies aus der ungeraden Anzahl – ein Proton und zwei Neutronen – von Nukleonen mit dem Spin 1/2. Die Suprafluidität von ^3He geht nicht von isolierten Atomen, sondern von der Kopplung zweier Atome aus, sodass man analog zur Cooper-Paar-Bildung bei der Elektronen-Supraleitung hier bosonische ^3He -Paare mit Spin 1 erhält. Aufgrund der Schwäche dieser Kopplung kann man verstehen, dass die Sprungtemperatur zur Suprafluidität nur etwa ein Tausendstel der von ^4He beträgt. Zwei ^3He -Atome können hierbei einen energetisch etwas niedrigeren (und deshalb etwas wahrscheinlicheren) Zustand einnehmen, wenn sich ihre magnetischen Kernmomente (Kernspins) gleichrichten (magnetische Zustände) oder entgegengesetzt richten (nichtmagnetischer Zustand). Ohne Magnetfeld

gibt es zwei suprafluide Phasen von ^3He , die A- und die B-Phase. Darin drücken sich Symmetriebrechungen aus: Teilchen können nach ihrem Spin (z. B. Ferromagnet) oder ihrer örtlichen Ausrichtung (z. B. nematischer Flüssigkristall) geordnet sein. Sind Spin- und Ortsfreiheitsgrad unabhängig voneinander geordnet liegt ein System vor, wie man es in der suprafluiden A-Phase von Helium-3 vorfindet. Sind darüber hinaus beide Freiheitsgrade in einer relativen Ordnung zueinander geordnet, liegt Phase B vor. Die A-Phase wird aber durch ein angelegtes Magnetfeld weiter stabilisiert (Abb.: Peter Berglund).



Bau der zweiundzwanzigsten Aminosäure

Struktur eines wichtigen Enzyms im Herstellungsprozess von Pyrrolysin geklärt

Bis auf wenige Ausnahmen setzen sich alle bekannten Proteine aus nur zwanzig Aminosäuren zusammen. Vor 25 Jahren wurde eine einundzwanzigste Aminosäure entdeckt und vor zehn Jahren eine zweiundzwanzigste, das Pyrrolysin. Wie die Zelle den ungewöhnlichen Baustein jedoch herstellt, blieb ein Rätsel. Nun gelang es Wissenschaftlern der TU München, die Struktur eines wichtigen Enzyms im Herstellungsprozess von Pyrrolysin aufzuklären.

Die Komplexität und Vielzahl an Proteinen ist groß, allein im menschlichen Körper gibt es mehr als 100 000 verschiedene. Sie alle jedoch setzen sich aus nur zwanzig verschiedenen Aminosäuren zusammen. Nur sehr wenige, hochspezialisierte Proteine enthalten zusätzlich noch Selenocystein, die 1986 entdeckte und sehr selten vorkommende 21. Aminosäure.

Umso verwunderlicher war es, als 2002 in Methanproduzierenden Archaeobakterien der Familie Methanosarcinaceae noch eine 22. Aminosäure entdeckt wurde, das Pyrrolysin. Es wird, ebenso wie Selenocystein und die anderen zwanzig Aminosäuren, von den Basen der DNA direkt kodiert. Die Archaeobakterien nutzen die ungewöhnliche Aminosäure in Proteinen, die sie zur Energiegewinnung brauchen. Pyrrolysin befindet sich hierbei im katalytischen Zentrum der bakteriellen Proteine und ist für deren Funktion essentiell. Ohne das Pyrrolysin würde der Energiegewinnungsprozess der Archaeobakterien nicht funktionieren.

Im März diesen Jahres gelang es Wissenschaftlern der Ohio State University, Teile des Pyrrolysin-Herstellungsprozesses zu entschlüsseln. Sie schlugen einen Reaktionsmechanismus vor, nach dem das Enzym PylB den ersten Schritt der Pyrrolysin-Biosynthese katalysiert, indem es die Aminosäure Lysin zum Zwischenprodukt Methylornithin umwandelt. Wissenschaftlern um Professor Michael Groll von der TU München gelang es

nun erstmals, die Kristallstruktur von PylB durch Röntgenstrukturanalyse zu bestimmen.

Zu ihrer großen Überraschung „erwischten“ sie dabei das Enzym quasi „auf frischer Tat“: Das Produkt der Reaktion, Methylornithin, befand sich zum Zeitpunkt der Kristallisation noch im Enzym. Es lag dort in einem abgeschlossenen Raum, einer Art Reaktionskessel vor, verbunden mit jenen Zentren des Enzyms, die für seine Entstehung verantwortlich sind. So konnte man das Methylornithin nicht nur direkt nachweisen, sondern auch rekonstruieren wie es aus der Ausgangsaminosäure Lysin entstanden ist.

Diese Reaktion war nicht nur bislang unbekannt, sie ist auch nur sehr schwer zu katalysieren. Im Enzym gelingt dies einem Cluster aus vier Eisen- und vier Schwefel-Atomen im aktiven Zentrum. Es handelt sich hier um eine außergewöhnlich elegante enzymatische Reaktion. Kein Chemiker im Labor kann Methylornithin bisher in einer Einstufenreaktion synthetisch aus Lysin herstellen.

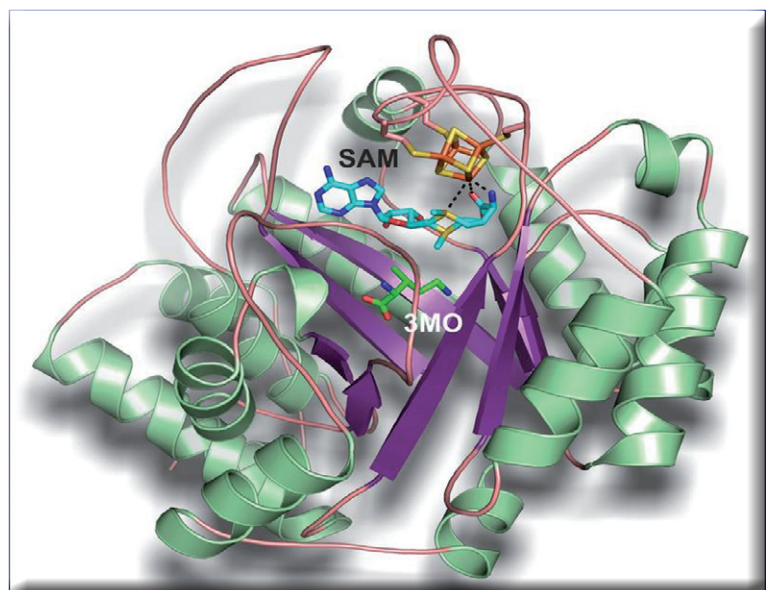
Die Umwandlung von Lysin zu Methylornithin hilft Wissenschaftlern zu verstehen, wie die Archaeobakterien es schaffen, ein bestehendes System so zu modifizieren, dass eine neue Aminosäure entsteht, die, eingebaut in das richtige Protein, hinterher auch eine ganz spezielle Reaktion ausführt. Diese Kenntnisse wollen Forscher nutzen, um in Zukunft künstliche Aminosäuren nach eigenen Vorstellungen zu kreieren. Eingebaut in die richtigen Proteine ließen sich so „maßgeschneiderte“ En-

zyme mit speziellen Eigenschaften herstellen, die etwa in der industriellen Biotechnologie oder der Medizin Anwendung finden könnten.

Die Synthese des Pyrrolysin ist jedoch noch aus einem weiteren Grund interessant: Wissenschaftler erhoffen sich hieraus Hinweise auf die evolutionäre Entwicklung des Aminosäure-Kanons. Warum ist die gesamte Komplexität der Proteine der Lebewesen aus nur wenigen natürlichen Aminosäuren aufgebaut, obwohl der genetische Code in der Lage wäre, weitaus mehr zu kodieren? Eine Antwort auf diese grundlegende Frage nach den Minimalanforderungen für Leben gibt es heute noch nicht.

Die Arbeiten wurden unterstützt aus Mitteln der Hans-Fischer-Gesellschaft und der King Abdullah University of Science and Technology sowie des Center for Integrated Protein Science Munich. Die Messungen wurden an der PXI-Beamline des PSI (Villigen) durchgeführt. Originalpublikation: Crystal structure of methylornithine synthase (PylB): Insights into the pyrrolysine biosynthesis. Felix Quitterer, Anja List, Wolfgang Eisenreich, Adelbert Bacher und Michael Groll, *Angewandte Chemie*, Early View, 16. Nov. 2011 – DOI: 10.1002/ange.201106765.

PylB mit Methylornithin (3MO) und dem Cofaktor S-Adenosylmethionin (SAM; Bild: Quitterer / TUM).



SI-Einheiten				
Physikalische Basisgröße	Basiseinheit Name	Symbol	SI-Einheiten	andere bzw. USA-Einheiten
Länge l	Meter Millimeter Mikrometer	m	SI-Basiseinheit mm μm	100 cm; 1,09361 yd; 3,2808 ft 0,1 cm; 0,03937 in 10,000 Å
Fläche A	Quadratmeter Quadratmillimeter		m^2 mm^2	0,01 ar; 10,764 sq ft 0,01 cm^2 ; 0,00155 sq in
Volumen V	Kubikmeter Liter	l	m^3 dm^3	35,3145 cu ft 0,2642 gal
Zeit t	Sekunde	s	SI-Basiseinheit	day = $8,64 \cdot 10^4$ sec.
Masse m	Kilogramm	kg	SI-Basiseinheit	2,2046 lb
Kraft F	Newton	N	kg m s^{-2}	0,102 kp; 10 dyn; 0,2247
Druck p	Pascal Megapascal	Pa MPa	N/m^2 $\text{N/mm}^2 = 10 \text{ Bar}$	0,0075 Torr; 2,05 lb/sq ft 10,2 at; 142,23 lb/sq in (Psi)
Energie E	Joule	J	$\text{kg m}^2 \text{s}^{-2} (= \text{Nm}^2)$	0,2388 cal; 0,9476 BTU
Leistung P	Watt	W	$\text{kg m}^2 \text{s}^{-3} (= \text{J s}^{-1})$	$1,36 \cdot 10^{-3}$ PS
Stoffmenge n	Mol	mol	SI-Basiseinheit	val; äq; eq
Massenkonzentration ρ_B			kg m^{-3} ; g/l^{-1} ; mg/l	[% w/v; ppm] obsolete
Massenverhältnis ω_B			kg/kg; g/kg; mg/kg	[% w/v; ppm] obsolete
Volumenverhältnis φ_B			$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$; 1; ml/l; $\mu\text{l/l}$	[vol%; %v/v; ppm] obsolete
Molarität C_B			mol m^{-3} ; mol/l; mmol/l	[M; N; m; n; äq/l] obsolete
Molalität m_B			mol kg^{-1} ; mmol/kg	
Katalytische Aktivität	Katal Microkatal Nanokatal	kat μkat nkat	mol s^{-1} $\mu\text{mol s}^{-1}$ nmol s^{-1}	$6 \cdot 10^7 \mu\text{mol/min} = 6 \cdot 10^7 \text{ U}$ 1 $\mu\text{kat} = 60 \text{ U}$; 1 U = 0,0167 μkat 16,67 nkat = 1 U = 1 $\mu\text{mol/min}$
Viskosität		η	$\text{Pa} \cdot \text{s} = \text{N m}^{-2} \text{s}$	1000 cP
Lichtabsorption		A	$-\log I/I_0$	E; OD; %A = $100 (1 - 10^{-A}) = 100\% T$



FAX: 06223-9707-41

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

Für nur 115 Euro pro Jahr erhalten Sie als persönlicher Abonnent monatlich die CLB mit dem Ausbildungs- und Umweltbezogenen Teil Erreichen&Erhalten.

Abo-Bestellcoupon

- JA, ich möchte die CLB abonnieren. Ich erhalte als persönlicher Abonnent die CLB zunächst für ein Jahr (=12 Ausgaben) zum Preis von 115 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

Bald ein Mittel gegen Rizin-Vergiftung? Zielmolekül des Giftstoffes mit neuer Technik identifiziert

Rizin als biologischer Kampfstoff hat seit dem ersten Weltkrieg grausame Tradition. Es gilt als eines der stärksten Pflanzengifte der Welt, bereits kleinste Mengen sind tödlich. Gelangt das Gift ins Blut des Opfers, führt es nach zwei bis drei Tagen zum Tod. Jetzt sind Proteine identifiziert worden, durch die ein Gegengift entwickelt werden könnte. Zur Anwendung kam eine vielversprechende neue Technik.

Bisher war bekannt: Die Samen der Ricinuspflanze (auch Wunderbaum, Christuspalme; englisch: castor plant) sind sehr giftig. Schon vier bis acht können nach Verzehr einen Menschen töten. Verantwortlich für diese Wirkung ist der Inhaltsstoff Ricin. Das Eiweiß besteht aus zwei Ketten: der A-Kette mit der Molmasse 30 000, auch Effektor genannt, und der B-Kette (Haptomer). Das Effektor ist über eine Disulfidbrücke mit dem Haptomer mit der Molmasse 35 000 verbunden. Das Haptomer kann sich an galaktoseartige Glucosidreste von Zelloberflächen anlagern; dadurch ist es dem Effektor möglich, in die Zelle einzudringen und dort die Proteinsynthese zu hemmen.

Noch gibt es kein Gegengift. Jetzt aber konnte Ulrich Elling, Wissenschaftler in der Gruppe von Josef Penninger am Wiener Institut für Molekulare Biotechnologie der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (ÖAW), das Eiweißmolekül „Gpr107“ identifizieren. Dieses Protein in den Zellen des Opfers ist essenziell für die tödliche Wirkung von Rizin – oder anders gesagt: Zellen, die Gpr107 nicht besitzen, sind immun gegen das Gift. Elling ist optimistisch: „Nach unseren Erkenntnissen könnte man rasch ein Gegengift entwickeln, indem man etwa ein „small molecu-

le“ bastelt, welches das Protein Gpr107 gezielt blockiert.“

Neu: Screening des gesamten Säuger-genoms auf Mutationen

Gpr107 fand man in wenigen Wochen. Diesen raschen Erfolg ermöglichte eine neue Methode in der Genetik, die die IMBA-Forscher maßgeblich mitentwickelt hatten. Sie erlaubt erstmals, das komplette Säugetiergenom in einem sinnvollen Zeitrahmen auf Mutationen zu durchsuchen. Bisher konzentrierte man sich bei Säugetieren, wie Mäusen, auf eine einzelne Mutation. Man verwendete RNA-Interferenz, einen Mechanismus in Zellen, mit dem Gene zielgerichtet stillgelegt werden können. Oder man züchtete die passende Knock-out-Maus, in deren Erbgut also gezielt ein oder mehrere Gene deaktiviert wurden, um die Auswirkungen zu studieren. Die genetische Veränderung zeigt sich oft im Verhalten oder Erscheinungsbild. Während RNA-Interferenz nicht in allen Fällen funktioniert, dauert die Züchtung einer Knock-out Maus zwei Jahre und ist sehr arbeitsaufwändig.

Der Trick der jetzt angewandten neuen Methode: Man hat es geschafft, Hefegenetik, bei der aufgrund des einfachen Chromosomensatzes sofort eine Gen-Mutation möglich ist, mit Stammzellbiologie zu verbinden. Millionen Gen-Mutationen können die Wissenschaftler nun gleichzeitig in kurzer Zeit nachstellen und ihre Auswirkungen erforschen. Genau das erfolgte jetzt in Wien, als man die Giftwirkung von Rizin entschlüsselte: Die Forscher testeten das Gift an vielen tausend verschiedenen Mutationen in Maus-Stammzellen und stellten fest, dass alleine 49 verschiedene genetischen Mutationen in einem einzigen Protein vorhanden waren: Gpr107. Eine



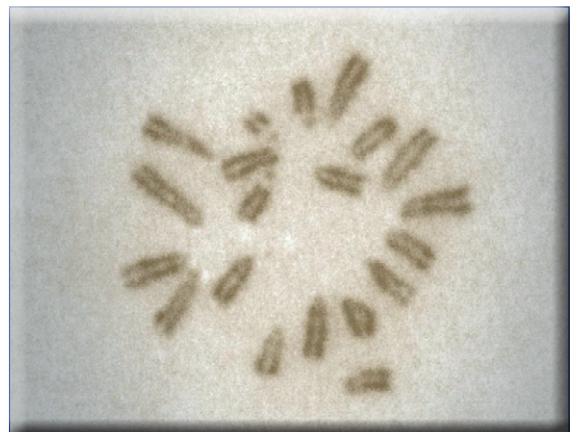
Schon diese wenigen Ricinus-Samen sind tödlich (Foto: RK).

Mutation in diesem Protein sicherte offensichtlich den Zellen das Überleben.

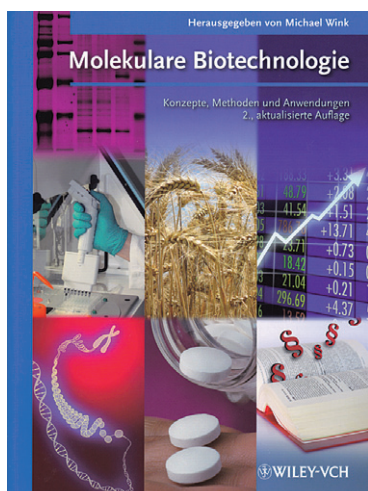
Breites Anwendungsspektrum

Das Potenzial der neuen Methode wird noch deutlicher, wenn man sich vor Augen hält, dass Stammzellen die Fähigkeit haben, sich in jede beliebige Körperzelle zu verwandeln (siehe dazu auch „F & E im Bild: Voll potent“ auf Seite 523). Josef Penninger ist begeistert: „Es gibt sehr viele mögliche Anwendungen! Das beginnt bei grundlegenden Fragen, zum Beispiel ‚welche Gene sind für die Funktion einer Herzmuskelzelle überhaupt notwendig?‘ Oder man stellt angewandte Fragen, wie wir im Fall der Giftwirkung von Rizin.“ RK

Ein einfacher (haploider) Chromosomensatz aus einer der Maus-Stammzelle, gewonnen mit der neuen Methode (Foto: IMBA).



Viele Bereiche unter dem Dach von „Molekular“ und „Biotechnologie“



Michael Wink (Herausgeber): *Molekulare Biotechnologie: Konzepte, Methoden und Anwendungen*; 688 Seiten; Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 2. Auflage 2011; ISBN 978-3-527-32655-6; 79,00 Euro.

Der Herausgeber und 42 Co-Autoren legen nach der guten Akzeptanz der 1. Auflage ihres Lehrbuches „Molekulare Biotechnologie“ (CLB Heft 03/2005) nun in großem Seitenformat eine aktualisierte, in 4 Teile gegliederte Neuauflage vor, die aus 39 Kapiteln sowie Zusammenstellungen von Abkürzungen und von weiterführender Literatur, einem umfangreichen Glossar (40 Seiten mit ca. 800 Begriffserklärungen) und einem ausführlichen Sachverzeichnis besteht.

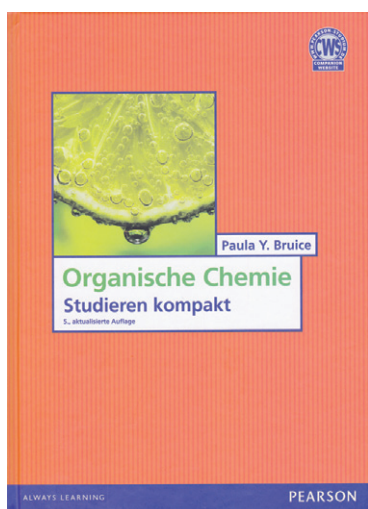
Teil I „Grundlagen der Zell- und Molekularbiologie“ umfasst 6 Kapitel mit den Lehrinhalten: Die Zelle als Grundeinheit des Lebens, Aufbau und Funktion der zellulären Makromoleküle, Verteilung der Proteine in der Zelle sowie Evolution und Diversität der Organismen. Teil II mit den Kapiteln 7 bis 20 enthält Standardmethoden zur Isolierung und Reinigung von Proteinen, zur Peptid- und Protein-Analytik sowie zur Aufreinigung, Charakterisierung und Reaktivität von Nucleinsäuren. Hinzu kommen Verfahren zur Sequenzierung von DNA und zur Klonierung, wie auch zur Expression rekombinanter Proteine; ferner über Mikroskopie-Techniken und Laser-Anwendungen.

Als „Buch im Buch“ umfasst Teil III „Schwerpunktthemen der Molekularen Biotechnologie“ auf 282 Seiten die Kapitel 21 bis 33, beginnend mit Genomik, Bioinformatik, Zelluläre System-Biologie und Wechselwirkungen zwischen Proteinen und DNA. Die folgenden Kapitel beinhalten Wirkstoff-Forschung (25 und 26), Molekulare Diagnostik in der Medizin (27), Rekombinante Antikörper (28), die Bedeutung genetisch veränderter Mäuse für die Biomedizin (29), Gen-Therapie (30), Modifizierte DNA wie auch Peptid-Nucleinsäuren und ihre Anwendungen (31) bis hin zu „Pflanzliche Biotechnologie“ (32) und Biokatalyse in der Chemischen Industrie (33). Schließlich beschäftigt sich Teil IV „Wirtschaftliche Perspektiven der Molekularen Biotechnologie“ mit der Industriel- Umsetzung (34), dem Bereich des Patentschutzes (35), der Zulassung von Arzneimitteln (36), Firmen-Strukturen (37 und 38) sowie Marketing (39).

Wie im Vorwort ausgeführt ist, wird hierbei der als „Weiße Biotechnologie“ bezeichnete Bereich der Biotechnologie in diesem Lehrbuch cursorisch nur in Kapitel 34 behandelt. Die im Lehrbuch enthaltenen Abbildungen (einschl. der 136 Farbabbildungen) sind als „kostenloses Bonusmaterial“ auch unter www.wiley-vch.de/home/molekbiotech verfügbar.

Dieses empfehlenswerte Werk bietet Jedem, der sich anhand eines einzelnen, deutschsprachigen Lehrbuchs mit den Grundlagen der Molekularbiologie, ebenso wie mit der rekombinanten DNA-Technologie und deren weit reichenden Anwendungen beschäftigen will, ein großes „Spektrum“ an aktuellen Lehrinhalten. *Dr. Dieter Holzner*

Materialien zur Organischen Chemie als Lehrbuch mit CWS und als Übungsbuch



Paula Y. Bruice: *Organische Chemie: Studieren kompakt*; 1200 Seiten; Verlag Pearson Studium, München, 2011; ISBN 978-3-8689-4102-9; 89,95 Euro. Paula Y. Bruice: *Organische Chemie: Prüfungstraining*; 502 Seiten; Verlag Pearson Studium, München 2011; ISBN 978-3-8689-4071-8; 29,95 Euro. VP (Value Pack) *Organische Chemie: Studieren kompakt + Prüfungstraining*; ISBN 978-3-8689-4103-6; 109,90 Euro.

Vier Jahre nach dem Erscheinen der ersten deutschsprachigen Ausgabe des Lehrbuches „Organic Chemistry“ (5. Aufl.) von Paula Y. Bruice (CLB Heft 03/2009) liegen nun zwei Neuerscheinungen vor:

- Das Lehrbuch *Organische Chemie/Studieren kompakt* mit der Ergänzung der gedruckten Ausgabe durch die vielfältigen Inhalte der unter www.pearson-studium.de frei zugänglichen *Companion Website* (CWS).
- Das Übungsbuch *Organische Chemie/Prüfungstraining* mit 772 zusätzlichen Aufgaben und ausführlichen Lösungen für die Zielgruppe im Rahmen eines Bachelor-Studiums der Chemie.

Das Lehrbuch umfasst 27 Kapitel. Es vermittelt weitgehende Kenntnisse der Organischen Chemie und erschließt dann auf 265 Seiten einen gut verständlichen Zugang zur Biochemie mit den Kapiteln über Kohlenhydrate, Aminosäuren, Peptide und Proteine, Lipide sowie Nucleoside, Nucleotide und Nucleinsäuren (Kap. 21, 22, 26 und 27) und den Kapiteln über Katalyse (23) und Stoffwechselfvorgänge (24 und 25). Eigene Kapitel beschreiben auf 109 Seiten Grundlagen und Anwendungen der

Massenspektrometrie, IR-Spektroskopie sowie UV/VIS-Spektroskopie (12), wie auch der NMR-Spektroskopie (13). Zu den Vorzügen des Lehrbuches gehören die jeweils farbig unterlegten Abschnitte mit den *Überschriften*: Chemie und Leben (insgesamt 79), Übungen (im gesamten jeweiligen Kapitel angeordnet), Strategien zur Problemlösung, Hintergrund, Merksätze und Biographie. Hinzu kommen durchgehend mehrfarbige Abbildungen, viele Tabellen, ferner Zusammenfassungen und Zuordnungen von Schlüsselbegriffen in allen Kapiteln, wie auch ggfalls. Zusammenstellungen von in den jeweiligen Kapiteln beschriebenen Reaktionen.

Das Symbol „CWS“ weist auf alle Stellen hin, an denen animierte 3D-Molekülstrukturen und/oder zusätzliche Lehrinhalte als CWS verfügbar sind. Außerdem

enthält der CWS-Bereich auf 114 Seiten die Kapitel 28 bis 30, die kostenlos heruntergeladen werden können: Synthetische Polymere, Perizyklische Reaktionen und Organische Wirkstoffchemie mit Lehrinhalten der Pharmazeutischen Chemie. Der *CWS-Anhang* umfasst eine Reihe übersichtlicher Tabellen wie Physikalische Eigenschaften organischer Verbindungen, pK-Werte und Tabellen zur Spektroskopie. Hinzu kommen die Zusammenfassung von Methoden der organischen Synthese-Chemie, wie auch Lösungen zu ausgewählten Übungsaufgaben, ein umfangreiches Glossar und ein Verzeichnis mit weiterführender Literatur.

Während Studierende den Nutzen des „Prüfungstrainings“ unterschiedlich bewerten werden, ist dem empfehlenswerten Lehrbuch mit *Companion Website* weite Verbreitung zu wünschen. *Dr. Dieter Holzner*

Mikrowellenbeschleunigte Lösemittel-Extraktion (MASE)

Mikrowellenunterstützte Analyseverfahren gewinnen sowohl in der Forschung wie auch in der Routineanalytik zunehmend an Bedeutung. Während „Mikrowellenaufschlüsse“ für die Elementbestimmung mittlerweile etabliert sind, wird nun die mikrowellenbeschleunigte Lösungsmittel-Extraktion vermehrt eingesetzt.

Hauptsächlich findet diese vielseitige Extraktionstechnik im Mikrowellen-Extraktions-System Explorer der Firma CEM als Ersatzmethode für die Soxhletextraktion Verwendung. Dabei können bestehende Extraktionsbedingungen wie z. B. die Wahl des Lösungsmittels einfach auf die Mikrowellenextraktion hin übertragen werden.

Erhebliche Vorteile dieser neuen Mikrowellentechnologie ergeben sich einerseits durch die drastische Zeitverkürzung infolge der Erhöhung der Extraktionstemperatur oberhalb des atmosphärischen Siedepunktes. Andererseits ermöglicht die Mikrowellenextraktion eine enorme Steigerung des Probandurchsatzes durch die automatische Extraktion mit einem Autosampler.

Kein anderes auf dem Markt befindliches Extraktionssystem kann in kurzer Zeit derart viele Proben extrahieren – und das auch noch über Nacht! Neben dem Zeitgewinn erfolgt ferner eine Kosten-

reduktion durch eine deutliche Minimierung des Lösungsmittels um den Faktor 10 - 20, was wiederum niedrigere Anschaffungs- und Entsorgungskosten zur Folge hat.

Durch die Verwendung von wesentlich weniger Lösungsmittel kommt neben dem Aspekt des Arbeitsschutzes noch der Umweltschutzgedanke zum Tragen, da die Lösungsmittel-Exposition auf ein Minimum begrenzt wird. Hier kann beispielsweise auf Lösemittel mit dem R-Satz 40 verzichtet werden!

Typische Einsatzgebiete

Typische Einsatzgebiete der mikrowellenbeschleunigten Lösemittel-Extraktion:

- Herbizide, Pestizide, PCB, PAK, THP usw. gemäß US EPA 3546 aus Böden, Schlämmen, Sedimenten, Pflanzen, tierischem Gewebe
- PCDD und PCDF aus Schlamm, Flugaschen, Böden und Sedimenten
- Pflanzenschutzformulierungen sowie Rückstandsanalytik
- Extraktion von CKW's in tierischem Gewebe
- Extraktion von Fett aus Lebensmitteln
- Radioaktiv markierte Metabolite
- Extraktion von Kunststoffadditiven (Anti-Oxidantien, Weichmacher, Stabilisatoren) aus

Kunststoff-Bauteilen

- Lösen von Wirkstoffen aus Pflastern und Dragees
- Lösen von Polymeren zur Molekulargewichtsbestimmung
- Spezieskomponenten und vieles mehr...

CEM GmbH
 Carl-Friedrich-Gauß-Str. 9
 47475 Kamp-Lintfort
 Tel. + 49 28 42 - 96 44 0
 Fax + 49 28 42 - 96 44 11
 web: www.cem.de



ERREICHEN HALTEN

Die CLB-Rubrik für Ausbildung und Weiterbildung
in Chemie, Labortechnik, Biologie, Biotechnik und verwandte Bereiche
sowie für praxisorientierte Themen aus der Umwelt

Dezember 2011

Kobaltproduktion im Kongo: Stark verbessern Studie des Öko-Instituts über die sozialen Auswirkungen der Produktion

Zwischen 67000 und 108000 Arbeiter fördern im Kongo in zumeist nicht registrierten Minen Kobalt. Sie arbeiten häufig unter gefährlichen Bedingungen; tödliche Arbeitsunfälle sind an der Tagesordnung. Jährlich sterben mehr als einhundert Menschen durch Hangrutschungen, Schachteinstürze oder Wassereinbrüche. Auch Kinderarbeit ist weit verbreitet: 19000 bis 30000 Kinder unter 15 Jahren bauen das Erz ab oder waschen und sortieren die geförderten Mineralien. Dies sind zentrale Ergebnisse einer Studie des Öko-Instituts über die sozialen Auswirkungen der Kobaltproduktion in der Demokratischen Republik Kongo.

Hersteller benötigen weltweit große Mengen Kobalt für die Produktion von Batterien für Elektroautos und mobilen elektronischen Geräten. Die Demokratische Republik Kongo liefert jährlich 45.000 Tonnen des Metalls und deckt damit etwas mehr als die Hälfte der weltweiten Kobaltförderung ab. Mindestens 60 Prozent dieser Menge wird von Arbeitern des Kleinstbergbaus mit einfachsten Mitteln abgebaut, gewaschen, sortiert und über Zwischenhändler an den Weltmarkt verkauft. Rechnet man diese Arbeitsleistung in Produkte um, so stecken in jedem Notebook etwa zehn Arbeitsminuten von Bergarbeitern im Südkongo. Bei modernen Hybridautos sind es mehr als sechs Stunden.

„Die Arbeitsbedingungen in der Kobaltproduktion im Kongo müssen verbessert werden“, fordert deshalb Andreas Manhart, Wissenschaftler am Öko-Institut. „Dafür sind sowohl die kongolesische Regierung, die Ende November neu gewählt wurde, als auch die großen Abnehmer des wertvollen Metalls in Europa mitverantwortlich.“

Doch der Kleinstbergbau ist gleichzeitig eine wichtige wirtschaftliche Stütze in dem krisengeschüttelten und verarmten Land. Er schafft deutlich mehr Arbeitsplätze als mechanisierte Abbaumethoden und ernährt zahlreiche Familien. „Die Regierung im Kongo hat dieses Potenzial bereits erkannt und erste Reformen angestoßen“, berichtet Manhart. Doch trotz erster Unterstützungsangebote für die Arbeiter, beispielsweise mit der Einrichtung einer eigenen Stelle zur Förderung des Kleinbergbaus, ist der Weg zu einem nachhaltigen Kobaltabbau im Kongo noch weit.

Das Öko-Institut empfiehlt eine sukzessive Verbesserung der Arbeitsbedingungen vor Ort: So sollten unter anderem die Bildung von Kooperativen von Bergarbeitern unterstützt werden. Dabei geht es einerseits um einfache technische Unterstützung zur Verbesserung der Arbeitssicherheit, als auch um allgemeine Aspekte der Rohstoffhandels. Das bedeutet, dass die Arbeiter einen besseren Zugang zu den jeweils aktuellen Marktinformationen wie Preise der Erze erhal-

ten. Denn heute sind sie häufig in den Preisverhandlungen systematisch benachteiligt, da sie oft den wahren Wert der von ihnen geförderten Erze nicht kennen.

Für solche Maßnahmen sind neben der Regierung im Kongo auch die europäischen Abnehmer von Kobalt oder kobalthaltigen Produkten gefragt. Denn einerseits müssen sich Unternehmen immer mehr an den Nachhaltigkeitsauswirkungen ihrer Produkte messen lassen. Andererseits geht es auch um die Versorgungssicherheit mit so genannten „kritischen Rohstoffen“. Letztendlich werden die Konditionen des Handels – einschließlich der Arbeitsbedingungen und Umweltauswirkungen – darüber entscheiden, wer im Wettbewerb um die Rohstoffe den Zuschlag erhält.

Ein Boykott hingegen wäre trotz der schlechten Arbeitsbedingungen der falsche Weg: „Ein solcher genereller Boykott wäre einerseits logistisch sehr aufwändig, da viele Glieder der Verarbeitungs- und Handelskette zertifiziert und regelmäßig überprüft werden müssten“, erklärt Manhart. „Letztendlich würde ein Handelsverbot nur dazu führen, dass sich Großabnehmer von den schlechten Bedingungen distanzieren könnten. Den Bergleuten vor Ort hingegen würde ein wichtiger Absatzmarkt wegfallen, sodass sie entweder noch abhängiger von anderen Teilmärkten wären, oder ihr Einkommen ganz verlieren würden.“

Länderübergreifende Ausbildung Projekt Chemlab II für Chemielaboranten

Mitte November fiel in Freising bei München der Startschuss für Chemlab II: Das Projekt „European Apprenticeship Training for Chemical Laboratory Technicians“ möchte eine europaweit gültige, international vergleichbare und praxisnahe Ausbildung für Chemielaboranten entsprechend dem deutschen dualen Ausbildungssystem einführen.

Die Europäische Union beteiligt sich am Gesamtbudget von 377 000 Euro über 24 Monate im Rahmen des „Leonardo da Vinci“-Programms „Innovationstransfer“ zu 75 Prozent. Der Competence Pool Weihenstephan (CPW) entwickelte Chemlab II, wie seinen Vorgänger Chemlab I, gemeinsam mit der Bayerischen Forschungsallianz (BayFOR) und anderen Partnern. Die BayFOR begleitete die Projekte erfolgreich durch die Antragsphase für die EU-Förderung. Zudem unterstützt sie die Koordinatoren am CPW, die Projektergebnisse in die Öffentlichkeit und Politik zu tragen.

Das Koppeln von Betrieb und Berufsschule in einer Ausbildung hat sich in Deutschland seit langem bewährt. Europaweit gibt es sehr unterschiedliche Ausbildungsstandards: Manche Länder bilden sehr theorielastig aus, Berufe wie der des Chemielaboranten setzen teilweise sogar ein Studium voraus. Die klassische Berufsausbildung in Deutschland bietet wiederum kaum Gelegenheit, Erfahrungen im Ausland zu sammeln. Das Forschungsprojekt Chemlab II will daher in den teilnehmenden Ländern Deutschland, Griechenland, Polen und Türkei ein praxisnahes, duales System etablieren, das den Auszubildenden auch einen grenzüberschreitenden Austausch während der Ausbildung ermöglicht und mit einem international vergleichbaren Abschluss endet.

Im Chemlab-II-Konsortium haben sich Ausbildungsinstitute und

berufsständische Vertretungen aus vier Ländern zusammengeschlossen. Auf deutscher Seite beteiligen sich zudem die IHK für München und Oberbayern, die Städtische Berufsschule für Zahntechnik, Chemie-, Biologie- und Drogerieberufe und das Ausbildungszentrum für die nichtakademische Berufsausbildung der TU München. Der CPW übernimmt die Projektkoordination. Ziel aller Projektpartner ist es, binnen zwei Jahren ein duales Ausbildungssystem zu etablieren und das deutsche System fit für Europa zu machen. Langfristiges Ziel ist ein EU-zertifiziertes Ausbildungsprogramm für Chemielaboranten. Dafür möchte Chemlab II das Kreditpunktesystem ECVET-System (European Credit system for Vocational Education and Training) nutzen, welches das Sammeln von Punkten für standardisierte Module europaweit ermöglicht. Dank der intensiven Vorarbeit durch das Vorgänger-Projekt Chemlab I, das in den vergangenen zwei Jahren in den beteiligten Ländern für Unterstützung warb, und dank einer erfolgreichen Partnersuche im Rahmen des Enterprise Europe Network (EEN), gibt es bereits zum Projektstart von Chemlab II Unternehmen in allen vier Ländern, die Auszubildende nach dem neuen System einstellen. Die Chancen, weitere Länder einzubinden, stehen gut – unter anderem wird derzeit die Teilnahme von Georgien vorbereitet, und die Tschechische Republik hat ebenfalls Interesse signalisiert.

Der Competence Pool Weihenstephan (CPW) der Technischen Universität München wurde im Jahre 2007 auf Initiative der Hochschulleitung gegründet und versteht sich als eine zielführende Institution, die Vernetzung von Forschung und Wissenschaft mit der Wasser-, Getränke- und Lebensmittelindustrie zu intensivieren.

Aus der Bildungslandschaft

- Im Masterstudiengang „**Medizin-Ethik-Recht**“ (MER) an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (MLU) werden u.a. die drei Fachgebiete Sterbehilfe, Stammzellforschung oder Transplantationsgesetz interdisziplinär gelehrt. Für den Studienstart zum Sommersemester 2012 können sich Interessenten noch bis zum 15. Januar bewerben.
- Ab dem nächsten Sommersemester, also ab März 2012, starten an der Fachhochschule Kaiserslautern im Fachbereich Angewandte Ingenieurwissenschaften am Campus Kaiserslautern die drei berufsbegleitenden **Bachelorstudiengänge Automatisierungstechnik, Prozessingenieurwesen und Industrial Engineering**, die mit dem Bachelor of Engineering (B. Eng.) abschließen. Bewerbungen werden bis zum 15. Januar 2012 entgegengenommen.
- Der Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik der FH Aachen bietet ab dem kommenden Sommersemester den **Masterstudiengang Automatisierungs- und Antriebstechnik (AAT)** an, der dem großen Bedarf an hochqualifizierten Ingenieuren in diesem Sektor Rechnung trägt. Auch hier sollte man sich bis zum 15. Januar bewerben.
- Die Hochschulen München und Weihenstephan-Triesdorf reagieren auf das Wachstum der Biotechnik-Branche mit einem neuen Studienangebot: Der interdisziplinäre **Masterstudiengang Biotechnologie/Bioingenieurwesen** ist an der Schnittstelle zwischen Naturwissenschaft und Technik angesiedelt. Das Studium vermittelt neben einem vertieften Verständnis biologischer Prozesse und deren technischer Anwendung ein breites Spektrum an ingenieurwissenschaftlichen Werkzeugen und Methoden. Durch eine große Anzahl an Wahlpflichtfächern können individuelle Schwerpunkte gesetzt werden, z. B. in verschiedenen Bereichen der Biotechnologie oder auch in Biomedizintechnik, Bioinformatik und Biophysik. Bewerbung und Zulassung sind möglich zum Winter- und Sommersemester.
- **Jugend forscht** kann sich erneut über einen Anmelderekord freuen: Insgesamt 10 914 Jungforscher wollen sich 2012 an Deutschlands bekanntestem Nachwuchswettbewerb beteiligen. Das sind die höchsten Anmeldezahlen in der 47-jährigen Jugend forscht Geschichte. Gegenüber dem Vorjahr bedeutet das Ergebnis eine Steigerungsrate von über zwei Prozent. Mit Ausnahme der Physik verzeichnet der Wettbewerb in allen sieben Fachgebieten eine Zunahme der Anmeldezahlen. Favorit unter den Fächern ist wie in den Vorjahren Biologie mit deutlich über 24 Prozent aller angemeldeten Teilnehmer. Es folgen die Fachgebiete Technik mit rund 19 Prozent und Chemie mit knapp 17 Prozent. Der Anteil der Mädchen liegt in der 47. Wettbewerbsrunde bei knapp 38 Prozent. Ab Februar starten bundesweit 78 Regionalwettbewerbe.

Gift für den Heimgärtner

Phosphan (Phosphin) – Historische Experimente mit aktuellen Bezügen

Viktor Obendrauf, Graz*

Monophosphan, umgangssprachlich als Phosphorwasserstoff, Phosphan oder veraltet als Phosphin bezeichnet, ist eine Verbindung von Phosphor mit Wasserstoff mit der Summenformel PH_3 . Es ist ein brennbares, äußerst giftiges, im reinen Zustand geruchloses Gas. Reines Monophosphan ist erst bei 150 °C selbstentzündlich. Durch die Anwesenheit von Diphosphan P_2H_4 brennt kommerziell erhältliches und im Labor zubereitetes Gas jedoch auch bei Raumtemperatur beim Zutritt von Luft. Der französische Chemiker Philippe-Joachim Gengembre (1764-1838) hat im Alter von 19 Jahren in [1] erstmals dieses selbstentzündliche Gas beschrieben.

Das Gas brachte mehr als 200 Jahre später das baden-württembergische Krautheim in die Schlagzeilen – wobei offensichtlich einige Journalisten wieder einmal total überfordert waren, als es darum ging, naturwissenschaftliches Vokabular und Handelsnamen so einzusetzen, dass chemische Stilblüten in erträglichen Grenzen bleiben:

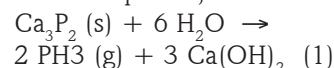
127 Menschen durch Ratengift verletzt Krautheim (AP). Mit einem phosphathaltigem Gift gegen Wühlmäuse sind im baden-württembergischen Krautheim insgesamt 127 Menschen verletzt worden. Sie litten unter Übelkeit und Halskratzen, wie die Polizei am Samstag berichtete. 57 Betroffene, vor allem Kinder, wurden in Krankenhäuser gebracht, darunter auch die drei 15jährigen, die

das Gift am Freitagabend freigesetzt hatten.

Sie fanden eine Dose Calciumphosphit mit dem Produktnamen „Prolytanol“ in einem Sperrmüllcontainer vor einem ausgeräumten Haus. Aus Neugier öffneten sie den Behälter und leerten ihn auf der nassen Straße aus. Phosphat reagiert in Kontakt mit Wasser mit Verpuffung und starker Qualmbildung. Ein unangenehmer, beißender und ätzender Geruch verbreitete sich in der Straße. Bewohner versuchten, den Qualm mit Wasser zu bekämpfen, und verschlimmerten das Ganze noch damit unwissentlich. „Phosphat kann man nicht löschen“, erklärte der Polizeisprecher in Künzelsau. Der Feuerwehr sei es aber gelungen, das Gift mit einer großen Menge Wasser zu verteilen....Das Mittel gegen Wühlmäuse könne eigentlich nur in kleineren Mengen von zehn bis 15 Gramm erworben werden. Deshalb gehe man davon aus, dass die Dose eine größere Menge enthalten habe und schon lange im Haushalt gelagert worden sei. (RP Online, erstellt am 03. 02. 2001) [2].

Nach diesen „fundierten“ Schlagzeilen sollten gutgläubige Landwirte beim Ausbringen von Phosphat-Dünger eigentlich ein flaes Gefühl haben: Vergiften oder gar in Brand setzen kann man sich dabei. Wer klärt die journalistisch Verunsicherten tatsächlich auf, dass das gegenständliche Wühlmausgift etwas korrekter recherchiert „Polytanol“ [3] hieß und nicht Calciumphosphit, auch nicht Phosphat sondern Calciumphosphid enthielt, das in Gegenwart von Wasser den sehr giftigen

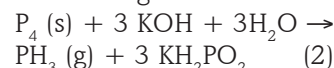
Phosphorwasserstoff (siehe Gl. 1 bzw. exp. Teil) liefert?



Ähnliche Namen für völlig verschiedene Stoffe müssen ja zu Irritationen führen solange findige Chemiker umgekehrt völlig verschiedene Namen für den in erster Näherung gleichen Stoff verwenden: Berzelius bezeichnet das Giftgas in seinem berühmten Lehrbuch als „Phosphorwasserstoffgas“ [4]. Bis heute hält sich auch der technisch gebräuchliche Name „Phosphin“. Nach den Richtlinien der IUPAC müsste man „Phosphan“ dazu sagen; gemäß der DIN hat man es mit „Phosphorhydrid“ zu tun.

Selbstentzündlich oder nicht

Dass die globale Bezeichnung „Phosphorwasserstoffgas“ doch unzureichend ist, hat schon Berzelius erkannt, denn nach der Entdeckung von Gengembre im Jahr 1783 fanden Davy und Dumas, das es ein nicht selbst entzündliches und ein (an der Luft!) selbstentzündliches Phosphorwasserstoffgas gibt. Den selbstentzündlichen Phosphorwasserstoff konnte man gemäß dem französischen Entdecker ganz einfach durch Kochen von weißem Phosphor mit Basen gewinnen:



Die Selbstentzündlichkeit des aus Phosphor und Kalilauge erzeugten Gases lässt sich mit Gl. 2 eigentlich nicht begründen, weil reines PH_3 Monophosphin (Monophosphan) eben genau der „nicht selbst entzündliche“ Phosphorwasserstoff ist.

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

Bei der Reaktion nach Gl. 2 bildet sich in geringer Menge auch das in der Tat selbstentzündliche Diphosphan (Diphosphin, nach DIN: Diphosphortetrahydrid) gemäß Gl. 3:

$$3 P_4 + 16 H_2O \rightarrow 2 P_2H_4 + 8 H_3PO_2 \quad (3)$$

Das (an der Luft) selbstentzündliche Gemisch wurde als Phosphorwasserstoff natürlich in sämtlichen bekannten Experimentierbüchern des 19. und 20. Jahrhunderts sehr ausführlich thematisiert, wobei ein größeres Totvolumen der Apparatur meist mit Wasserstoff oder Kohlendioxid entschärft wurde, um Explosionen zu vermeiden (siehe z.B. [5, 6, 7, 8] Abbildungen 1 und 2). Die Autoren in [9] verwenden Stickstoff aus der Stahlflasche zum Spülen ihrer Apparatur (500 mL-Dreihalskolben mit einer vorgeschalteten Waschflasche als Blasenähler zum Dosieren von Inertgas und einer nachgeschalteten Sicherheitswaschflasche mit Schlauch und Glasrohr in eine Wasserwanne).

Auch in manchen klassischen Experimentierbüchern der neueren Zeit [10] ist die historische Synthese von Rohphosphan bzw. die Gewinnung von gereinigtem (nicht selbstentzündlichem) Phosphan zu finden. Wobei z.B. die Experimentiervorschrift und auch die Interpretation aus [11] in [12] (ohne zu zitieren...) wortident übernommen wurde.

Reines (nicht selbstentzündliches) Phosphan erhält man demnach, wenn dem Kaliumhydroxid eine entsprechende Menge an Ethanol zugefügt wird. Selbstentzündliches Diphosphan ist offensichtlich in Ethanol so gut löslich, dass aus dem Reaktionsgemisch nur Monophosphan freigesetzt wird.

Spuren von Phosphan bilden sich aus weißem Phosphor selbst in kaltem (leicht alkalischen) Wasser durch

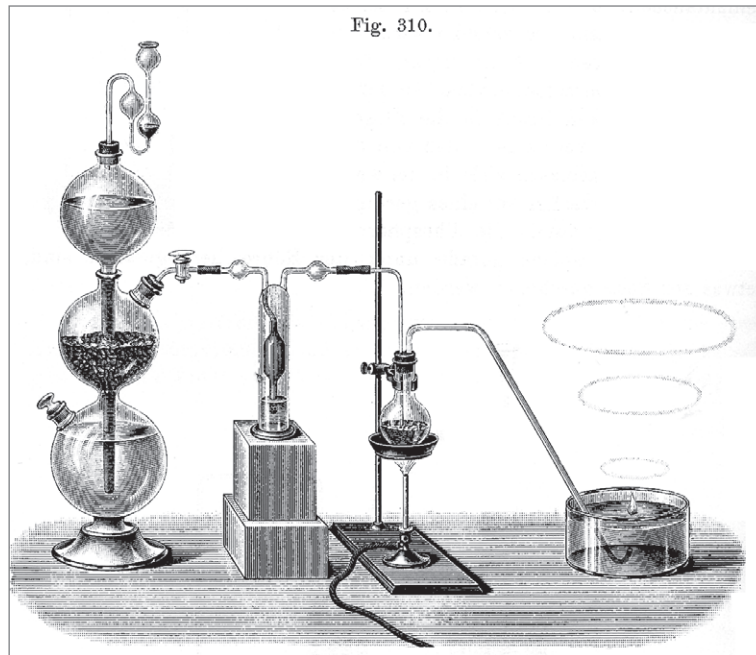


Abbildung 1: Darstellung von Phosphorwasserstoff (Phosphin mit Spuren von Diphosphin) mit Wasserstoff als Schutzgas [5].

Disproportionierung von P_4 zu Phosphan und Phosphinsäure:

$$P_4 + 6 H_2O \rightarrow PH_3 + 3 H_3PO_2 \quad (4)$$

Die hübsche Redoxgleichung (4), in der das Element Phosphor mit der Oxidationszahl 0 zu -3 bzw. $+1$ reagiert, ist auch verantwortlich für den charakteristischen knoblauchartigen Geruch des Sperrwassers, das bei der Aufbewahrung von weißem Phosphor denselben vor einem Sauerstoffzutritt schützt (vgl. auch Gl. 2). Wenn die freie Phosphinsäure mit Spuren von Hydroxid (z.B. aus einem minderwertigem Glasbehältnis) zum (Mono)-Anion der Phosphinsäure abreagieren kann, wird die Reaktion (4) genauso etwas nach rechts getrieben wie durch das Ausgasen von Phosphin selbst.

Wie aus den Abbildungen 1 und 2 ersichtlich, reagiert Rohphosphan in Kontakt mit Luft explosionsartig sofort entsprechend den Gleichungen 5 und 6, wobei das selbstentzündliche Diphosphan als „Initialzündung“ fungiert. Die sehr oft in den Holzschnitten alter Experimentierbücher verewigten weißen

Rauchringe bestehen aus Phosphoroxid.

$$2 P_2H_4 + 7 O_2 \rightarrow P_4O_{10} + 4 H_2O \quad (5)$$

$$4 PH_3 + 8 O_2 \rightarrow P_4O_{10} + 6 H_2O \quad (6)$$

Wenn man Rohphosphan in präparativen Mengen erzeugt, ist die Apparatur deshalb mit einem geeigneten Gas zu spülen. Wie bereits skizziert, wird

Abbildung 2: Apparatur zur Erzeugung von PH_3 mit Kohlendioxid als Schutzgas (Abb. Aus [7]).

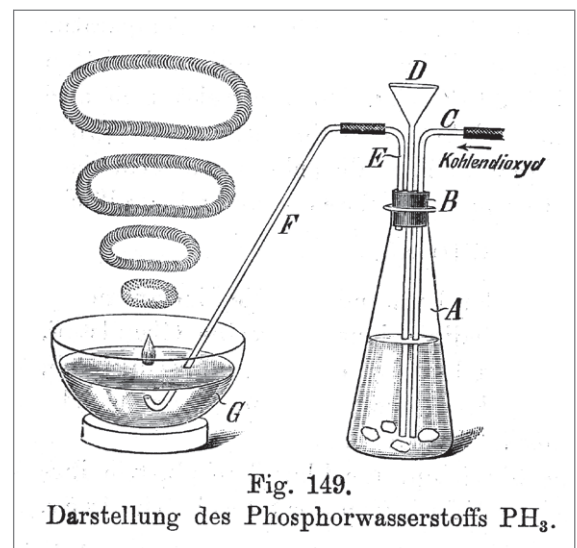


Fig. 149. Darstellung des Phosphorwasserstoffs PH_3 .

dazu häufig Wasserstoff, Kohlenstoffdioxid oder Stickstoff verwendet.

Bei entsprechend geschickter Handhabung kann man aber auch einfach einen kleinen Analysentrichter mit dem Trichterhals nach oben ganz in einer pneumatischen Wanne versenken und dann rasch kleine Stücke Ca-Phosphid unter den vollständig mit Wasser gefüllten Trichter schieben. Das entwickelte Phosphin entweicht durch den Trichterhals und entzündet sich sobald die gesammelten Blasen die Wasseroberfläche erreichen [13].

Eine „Feuerflasche“ gefüllt mit Rohphosphin, gegen Luft durch einen feinen Siphon abgeschlossen, kann Feuer speien, wenn man durch Einfüllen von Wasser das selbstentzündliche Gas in Portionen durch den Siphon an die Luft befördert [14]. Ca-Phosphid liefert zum Unterschied zu etlichen anderen Metall-Phosphiden selbstentzündliches (weil Diphosphinhaltiges) Rohphosphin.

Vom Giftgas zur Leuchtdiode

Die technische Darstellung von Phosphan läuft z. T. heute noch nach Gl. (2). Analog dem Ammoniak kann Phosphan auch aus den Elementen hergestellt werden. In der Tat wird das sehr giftige Gas selbst seit 1936 in der gewerblichen Schädlingsbekämpfung eingesetzt. Nach dem Verbot von Brommethan seit dem Jahr 2005 (Montrealer Protokoll) ist es das einzige gut wirksame und kostengünstige Mittel zum Schutz von Lebensmittelvorräten und Betrieben, das in den zu schützenden Materialien keine Rückstände hinterlässt. [15, 16].

Die Firma Air Liquide verkauft Phosphin mit der Molmasse 33,997 g/mol in drei verschiedenen Reinheitsgraden bis zu 99,999 % [17]. Als Begasungsmittel wird man es in dieser Reinheit wohl nicht brauchen. Reinstes Monophosphan ist

eigentlich bis in hochtoxische Konzentrationen geruchlos und dient heute auch als Phosphorquelle (Dotierung) in der Halbleiterindustrie (Stichwort: Chemical Vapor Deposition, Ionimplementation, Epitaxie). Unter anderem dient Phosphin zur Herstellung von Leuchtdioden [16].

Das farblose Gas hat entsprechend der Molmasse eine etwas höhere Dichte als Luft. Es friert bei $-134\text{ }^{\circ}\text{C}$, siedet bei $-87,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, riecht bei geringster Verunreinigung mit Diphosphan knoblauchartig („carbidentig“) und entfaltet seine extreme Giftwirkung ähnlich wie Cyanid durch Blockade der Cytochromoxidase in den Mitochondrien.

Eingeatmetes Phosphan bewirkt Blutdruckabfall, Erbrechen, Krämpfe, Lungenödeme, Koma und Tod. Das Gas wirkt ätzend auf Augen, Atmungssystem und Haut (Resorption!). Die Gesundheitsschäden können zeitlich verzögert (mitunter eine Woche nach der Vergiftung) massiv auftreten und einen tödlichen Verlauf nehmen. (Leicht verunreinigtes) Phosphin ist erst ab Konzentrationen von 2 ppm wahrnehmbar. (MAK-Wert $0,15\text{ mg/m}^3$ bzw. $0,1\text{ ppm}$). Konzentrationen von ca. 1000 ppm (1400 mg/m^3) führen nach ca. 30 Minuten zum Erstickungstod.

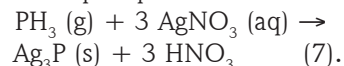
Monophosphan ist zwar nicht selbstentzündlich, es ist aber hochentzündlich. Es entzündet sich an der Luft ab etwa $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ mit Explosionsgrenzen zwischen 1 und 100 % (!). Als geeignete Löschmittel werden Wasser, Kohlendioxid, und Löschpulver genannt. Aus Gasflaschen ausströmendes Gas kann unter Umständen nur sehr schwer gelöscht werden [17].

Die Wasserlöslichkeit von Phosphan ist im Unterschied zum analogen Ammoniak NH_3 relativ gering: $0,22\text{ mL}$ pro mL Wasser. ($31,2\text{ mg/100 mL}$ Wasser bei $17\text{ }^{\circ}\text{C}$). Die trigo-

nal pyramidale Struktur der Phosphanmoleküle ist gemäß der VSEPR-Theorie auch etwas anders als bei Ammoniakmolekülen angelegt. Der Bindungswinkel zwischen H-P-H ist wesentlich kleiner als der Winkel H-N-H beim Ammoniak. Er beträgt nur $93,5\text{ }^{\circ}$ (Zum Vergleich NH_3 : rund 107 °). Erklärbar wird diese gemessene Tatsache dadurch, dass die Bindungslänge zwischen P-H mit 141 pm wesentlich größer ist als beim Ammoniak (N-H-Abstand: $101,7\text{ pm}$). Deshalb hat das freie Elektronenpaar am Phosphoratom deutlich mehr Möglichkeiten, den erhöhten Raumbedarf auszuspielen. Das Elektronenpaar am Phosphor trägt auch nur wenig zur Substanz der Molekülorbitale bei und besetzt nahe dem P-Atom das 3s-Orbital, wodurch die geringere Polarität nicht nur durch geringere Elektronegativitätsunterschiede erklärbar wird [17, 18],

Chemisch unterscheidet sich Phosphan von Ammoniak vor allem durch sein stärkeres Reduktionsvermögen und durch die geringere Basizität. Entsprechend der Brönstedtschen SB-Theorie sind demnach Phosphid-Ionen extrem starke Brönsted-Basen.

Phosphin lässt sich mit Silbernitrat leicht nachweisen. Es bildet sich gemäß Gl. 7 braunes Silberphosphid:



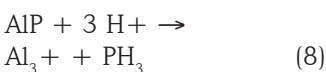
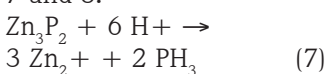
Phosphide könnte man quasi als Salze der hypothetischen Säure Phosphin bezeichnen. Darüber hinaus wirkt Phosphan reduzierend. Es wird elementares (scharzes) bzw. unter bestimmten Voraussetzungen sogar metallisches Silber gebildet (siehe experimenteller Teil Abschn. 5).

Phosphan (Phosphin)
aus Phosphid

Noch vor wenigen Jahren mussten Ersthelfer und Ärzte vor Selbstmördern gewarnt werden, die nach der Einnahme von Metallphosphid-hältigem Mäusegift größere Mengen an hochgiftigen Phosphorwasserstoff emittierten. In der Tat wurde ein erstversorgender Arzt medizinisch betreut, weil er toxische Mengen Phosphan (Phosphin) eingeatmet hatte [19].

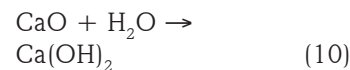
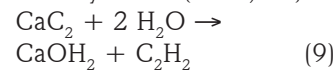
Aluminium-oder Zinkphosphidhaltiges Mäusegift war vor etwas mehr als einem halben Jahrzehnt für den Konsumenten offensichtlich noch genauso leicht zugänglich wie das bekannte Begasungsmittel Polytanol (18 Massen-% Calciumphosphid, T, F) [20]. Heutzutage kann man Polytanol P mit einem Gehalt von 25 Massen-% Calciumphosphid nur noch gegen Giftschein kaufen. Im Streit um Grund und Boden wird pro Quadratmeter ein Bedarf von 5 - 10 g Granulat angegeben, wenn die Feld- und Wühlmäuse den kürzeren ziehen sollen.

Giftweizen mit 2,4 Massen-% (wasserunlöslichem!) Zinkphosphid bzw. das bekannte Anti-Wühlmauspräparat Arrex (gefriergetrocknetes Möhrensubstrat, ebenfalls mit 2,4 Massen-% Zinkphosphid, Abbildung 3) ist als Köder und nicht als Begasungsmittel mit der toxikologischen Einstufung Xn bislang frei erhältlich. Auch Al-Phosphid-Präparate sind bekannt. Aus den jeweiligen Phosphiden im Köder entsteht, weniger mit Wasser, sondern nach Ingestion im sauren Milieu, das giftige Phosphin entsprechend den Gl. 7 und 8:



Das Wühlmaus-„gas“ Prontox [22] sowie das Wühlmaus-„gas“ Arrex der Fa. Celaflo [23] wird als Granulat in Dosen verkauft (Abbildung 4). Aus dem Granulat muss das Gas in feuchten Böden erst gebildet werden. Es besteht hauptsächlich

aus toxikologisch nicht relevantem Ethin (Acetylen), das wie üblich mit „carbidgeähnlich“ riechenden Spuren an Phosphinen verunreinigt ist. Das Sicherheitsdatenblatt [22] gibt für die Körner in der Dose einen Gehalt von 80 % Ca-Carbid und 15 % CaO an. In Kombination mit Wasser entsteht in gewohnter Weise das schulisch gut verwertbare Ethin bzw. Calciumhydroxid (Gl. 9, 10).



Ein Wühlmaus-„gas“ dieser Art kann natürlich nicht der effizienten Tötung von unerwünschten Mäusen, sondern höchstens der Vertreibung (auf das Nachbargrundstück?) dienen. Die LD50 von Ca(OH)₂ liegt bei 7340 mg/kg (oral, Ratte). Das aus dem Granulat erzeugte Ethin mit seiner Molmasse von ca. 26 g/mol wird sich in den luftigen Wühlmausgängen vermutlich auch nicht wirklich lästig lange halten. Deshalb darf man mit diesem Präparat auch ganz offiziell versuchen, den an sich artengeschützten Maulwurf zu vergrämen (siehe Abbildung auf Etikette in Abbildung 3). An das Entzünden des Ethin-Luft-

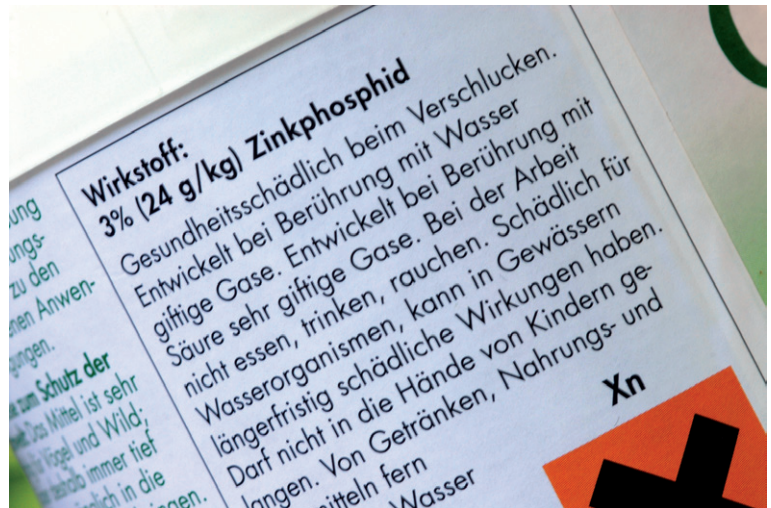


Abbildung 3: Wühlmausköder mit 2,4 % Zinkphosphid: Das PH₃ entsteht nach Ingestion des Präparates.

Gemisches in den Gängen innerhalb der Explosionsgrenzen darf man in diesem Zusammenhang schon nicht mehr denken (Explosionsgrenzen von Ethin: UEG: 2,5 %, OEG: 82 %).

Wie so mancher „Greenkeeper“ (sprich: Golfplatzwart) mitunter inoffiziell auch gegen gesetzlich geschützte Maulwürfe vorgehen muss, damit die naturverbundenen Golfer bei ihren sportlichen Aktivitäten nicht stolpern, kann man offiziell auch nur erahnen.

Wie auch immer. Das feinkörnige und somit auch für Microscale-Experimente bestens dosierbare Granulat aus der

Abbildung 4: Ethin ist auch gegen Maulwürfe zugelassen. Die praktische Dose enthält für die Schule ausreichend reines CaC₂. Der schulerelevante Kontext zum Alltag ist besser gegeben als bei den nur mehr historisch bedeutsamen Carbid-Lampen.

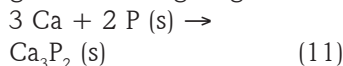


Dose hat einen schulisch nutzbaren Vorteil: Es ist in vielen Fachmärkten und Gartencentern jederzeit erhältlich, sollte das Ca-Carbid in der Chemikaliensammlung überraschend an „Frische“ verloren haben. Die Carbidlampen der Bergleute als Kontext zum ungesättigten KW Ethin haben in Zeiten der ausgebeuteten Bergwerks-Lagerstätten ohnehin dramatisch an Bedeutung verloren.

Herstellung von Phosphiden

Während Köder-Präparate mit geringem Phosphid-Gehalt frei erhältlich sind, gibt es heute für Begasungsmittel auf Basis Ca-Phosphid entsprechende Zugangsbeschränkungen. In der experimentellen Schulchemie existiert jedoch eine Reihe von Vorschlägen, wie man unter Einhaltung der entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen diverse Phosphide im Reagenzglas rasch herstellen kann.

In [12] hält man sich an die in [11] vorgeschlagene Rezeptur, in der zwei Teile Calciumspäne (bzw. gekörntes Calcium) mit einem Teil roten Phosphor in einem schwer schmelzbaren Reagenzglas gemischt und erhitzt werden, bis die Reaktion unter Lichterscheinung eintritt. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass der Phosphor zuvor im Exsikkator über Schwefelsäure getrocknet werden muss, damit die Synthese gemäß Gl. 11 gelingt:



Tricalciumdiphosphid reagiert mit überschüssigem Phosphor zu Calciummonophosphid (CaP; Ca_2P_2), das eigentlich für die Bildung des selbstentzündlichen Diphosphin verantwortlich ist: $2 \text{ CaP} + 4 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ Ca(OH)}_2 + \text{P}_2\text{H}_4$ (12)

Reines braunrotes Calciumphosphid (Ca_3P_2 ; T+, F) erhält man durch Überleiten von Phosphordämpfen über erhitztes

Calcium im Vakuum, was allerdings einen beträchtlichen apparativen Aufwand erforderlich macht.

In [5] (Seite 630) wird vorgeschlagen, weißen Phosphor in einer einseitig zugeschmolzenen Glasröhre zu positionieren, die Röhre mit bohngroßen Stücken Calciumoxid aufzufüllen und in horizontaler Lage zuerst das Calciumoxid zum Glühen zu bringen, bevor man den Phosphor mittels Bunsenbrenner zum Reaktionspartner treibt.

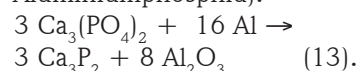
Die potentielle Möglichkeit, aus phosphathaltigen Knochen bzw. Urin in Kombination mit Branntkalk und glühender (reduzierender) Kohle, aktives Calciumphosphid zu erzeugen, haben auch eine Zeitlang Spekulationen genährt, dass das „Griechische Feuer“ der Byzantiner mit Calciumphosphid bzw. selbstentzündlichem Rohphosphin funktioniert hat. Das mit großen strategischen Erfolgen verbundene, weil mit Wasser nicht löschbare und von den Kriegsgegnern deshalb so gefürchtete Feuer ist angeblich um 673 n. Chr. von Callinicus erfunden worden. Die Rezeptur ist bis heute verschollen. Heute neigt man eher zur Ansicht, dass das mit Wasser entzündliche Ca-Phosphid dabei wohl nicht im Spiel war [24].

Die Reduktion von Calciumphosphat zu Calciumphosphid mit schulischen Mitteln ist in [9] (S. 162) beschrieben. Dabei wird vorgeschlagen, fein gepulvertes Ca-Phosphat bzw. Knochenasche mit Magnesiumpulver zwischen zwei Glaswollepropfen in einem Verbrennungrohr zu erhitzen. Dabei entsteht neben Ca-Phosphid und Magnesiumphosphid auch elementarer Phosphor, der bei Zufuhr von Luftsauerstoff im Dunkeln leuchtet, was als Nachweis von Phosphor in der Knochenasche angesehen wird.

Ganz allgemein kann die Reaktion von Magnesium mit

Phosphaten (zu Mg-Phosphid Mg_3P_2) als Vorprobe auf Phosphate angesehen werden. Nach dem Anfeuchten des Reaktionsrückstandes bildet sich Phosphorwasserstoff mit den charakteristischen Eigenschaften.

In der Ullmanns Encyclopädie [25] findet man den Hinweis, dass sich Calciumphosphat nach Initialzündung auch mit Al-Pulver zu Ca-Phosphid reduzieren lässt. Dabei entsteht Aluminiumoxid (bzw. u.U. auch Aluminiumphosphid):



Phosphide sind von beinahe sämtlichen Metallen bekannt und meist auch durch direkte Vereinigung der Elemente analog Gl. 11 herstellbar. Für das als Rodentizid verwendete Zinkphosphid Zn_3P_2 z.B. findet sich in [7] (s. 199) eine einfache Vorschrift: 22 g Zinkstaub werden mit 7 g rotem Phosphor (trocken!) in einer Porzellantasche erhitzt, bis beim Gemisch eine exotherme Reaktion (Aufglühen) zu beobachten ist. Da im Zuge der Reaktion der rote Phosphor auch depolymerisieren und sehr giftiger weißer (flüchtiger) Phosphor entstehen kann, ist immer im Abzug zu arbeiten.

Die in Gartencentern und Fachmärkten ohne jede Beschränkung angebotenen „Wühlmauspatronen Arrex“ von Celflor, bei denen nach dem Abbrennen Phosphid-hältige Schlacke (als T+Gift!) verfügbar wird, enthalten vor dem Entzünden aus diesem Grund nicht Metallpulver und roten Phosphor, sondern reduzierendes Metallpulver und Phosphat, das nach Anfeuerung durch einen pyrotechnischen Brandsatz in einer stark exothermen Reaktion analog der Gleichung 13 teilweise zu Phosphid reduziert wird. Das T+-Gift erzeugt sich der (hoffentlich sachkundige) Konsument sozusagen vor Ort

und unmittelbar vor Gebrauch selbst. Wobei die mitgelieferten Sicherheitshinweise und Anweisungen für das Entzünden der Patronen auf der Verpackung doch recht spärlich ausgefallen sind. Abgesehen davon, dass das Anreiben des Patronenköpfchens an der Reibfläche einer normalen Zündholzschachtel nur selten von Erfolg gekrönt ist, zeigt sich die pyrotechnische Mischung – einmal in Brand gesetzt – überraschend brisant. Wenn man die Patrone in der Hand wie eine Fackel nach oben hält, kann im schlimmsten Fall sogar ein Teil der noch weißglühenden kompakten Schlacke auf die Hand fallen, weil das Holzstäbchen sukzessive mit dem Brandsatz mit abbrennt (Abbildung 8).

Auch wenn man die Patrone horizontal und ganz am hinteren Ende des Holzstäbchens anfasst und gemäß der Bedienungsanleitung „vom Körper weg führend entzündet“, muss man gegen Ende des Abbrandes mit einer Stichflamme rechnen, die bis zu den Fingern reichen kann. Spätestens nach dem Entzünden und Abbrennen der ersten Patrone unter windigen Verhältnissen wird man auf ein Jetflame-Feuerzeug zum Entzünden und auf bestens feuerhemmende Arbeitshandschuhe (Leder) nicht mehr verzichten wollen. Der Hinweis, dass die Patronen wegen des Rauchs nur im Freien bzw. unter sorgfältiger Berücksichtigung der Windrichtung angezündet werden dürfen, wird dann nutzlos, wenn der Wind dreht und man vom weißen (phosphidhaltigen) Rauch eingeholt wird. Mittels Stäbchen wird sich die abgebrannte Patrone wie vorge schlagen nur selten „tief in den geöffneten Wühlmausgang einführen“ lassen, weil der Stiel des Brandsatzes meist vorzeitig abbricht und die (noch glühende) Schlacke zu Boden fällt.

Gemäß den Angaben auf der Verpackung soll die freiset-

bare Menge Phosphin 450 mL/ pro (verschlackter) Patrone betragen. Diese Gasentwicklung ist – offensichtlich je nach Bodenfeuchtigkeit und Acidität – auf einen Zeitraum von 12 bis 24 Stunden verteilt. Trotzdem ist Vorsicht geboten. Auch wenn man die Schlacke nicht in selbstmörderischer Absicht verschluckt – rein rechnerisch würden diese 450 mL Phosphin in einem Kubikmeter Luft verteilt und eingeatmet, für einen Menschen relativ rasch oder auch zeitlich versetzt tödlich sein (s. Infos im Abschnitt 2 bzw. [26]). Zum Vergleich: Auf der Verpackung steht zu lesen, dass eine Patrone (eigentlich die Reaktionsprodukte einer abgebrannten Patrone) für einen 5 bis 7 m langen Wühlmausgang reicht. Geplagte Heimgärtner wissen Gegenteiliges zu berichten.

Experimenteller Teil

Obwohl insbesondere Lernende der österreichischen Sekundarstufe 1 (s. Abschn. 1: Vergiftung in Krautheim) über die Gefahren von Pflanzenschutzmitteln ganz allgemein und über die Problematik von Rodentiziden auf Basis Phosphid im speziellen aufgeklärt werden müssten, sind Phosphide und Monophosphan als analoge Verbindungen zu Nitrid und Ammoniak sicher der gymnasialen Oberstufe zuzuordnen. Unter bestimmten räumlichen, rechtlichen und personellen Voraussetzungen kann die Behandlung dieses Themas, am besten im Kontext mit der Verwendung im Alltag, auch



Abbildung 5: Wühlmaus-Patronen: Das sehr giftige Phosphid entsteht beim Abbrand des Brandsatzes. Nach Angabe des Herstellers liefert die Schlacke einer Patrone rund 450 mL Gas.

unterstützt durch Experimente erfolgen. Durch die Reduktion der eingesetzten Stoffmengen auf ein Minimum lässt sich auch das Gefahrenpotential minimieren. Da Phosphin weder cancerogen noch mutagen ist, muss die Dosisabhängigkeit des Gefährdungspotentials insbesondere in diesem Fall ins Treffen geführt werden. Der Verfasser dieses Beitrages geht davon aus, dass die Lehrenden in der Sekundarstufe 2 alle Kompetenzen und Rechte erworben haben, (in einem Labor mit funktionierendem Abzug) auch mit flüchtigen Giften fachgerecht umzugehen, seien sie nun gekauft oder aus harmlosen Ausgangsstoffen selbst hergestellt.

Sinngemäß sind die im folgenden beschriebenen Experimente auch in der chemiedidaktischen Literatur zu finden, allerdings mit zum Teil mehr als spartanischen Sicherheitshinweisen. Die in den Abschnitten 1 bis 4 gelieferten Informationen sind essentieller Bestandteil der folgenden Versuchsvorschriften.

Um die massiven gesundheitlichen Gefahren, die von Phosphiden und Phosphinen ausgehen können, möglichst eindringlich zu dokumentieren, bevor ein Chemielehrer



Abbildung 6: Im Gartencenter etc. frei erhältlich: Wühlmaus-Patronen.

vermutlich erste Gehversuche mit diesen Stoffklassen macht, seien an dieser Stelle die medizinischen Hinweise auf der 1kg-Dose Polytanol ungekürzt wiedergegeben:

Erste Hilfe Maßnahmen: Nach intensivem Einatmen von Staub oder Gasen: den Betroffenen an die frische Luft bringen, ggf. künstliche Beatmung, Höchste Vorsicht bei Atemspende! Unbedingt Arzt zum Unfallort rufen! Nach Augenkontakt: Augen sofort ausgiebig mit Wasser spülen, unbedingt Arzt hinzuziehen! Nach Verschlucken sofort 0,1 %ige Kaliumpermanganat- oder Kupfersulfatlösung trinken und wieder erbrechen lassen, evtl. anschließend Magenspülung. Jede Vergiftung gehört in eine

Abbildung 7: Handschuhe nutzen: Die glühende Schlacke macht sich nämlich selbständig.



Klinik mit Intensivpflegestation. Bei Phosphorwasserstoffvergiftungen ist mit hohen Latenzzeiten zu rechnen., so kann eine Atemlähmung evtl. erst nach 24 – 28 Stunden auftreten. Hinweise für den Arzt: Etikett zeigen lassen, Vitalfunktion kontrollieren, ggf. Schockbehandlung, bei Atemstillstand künstliche Beatmung, bei Herzstillstand oder Kammerflimmern extrathorakale Herzmassage, Krampfanfälle symptomatisch behandeln, hochdosierte Kortikoidgabe bei drohendem Lungenödem, ggf. Elektrolyte ausgleichen...

Hinweise für die Landwirte, die mittels Begasungsschein (in Österreich mit einer Giftbezugsbewilligung) meist über die Landwirtschaftlichen Genossenschaften das Polytanol auch in größerer Menge beziehen könnten:

Lagerung und Handhabung: Polytanol ist stets trocken und nur im verschlossenen Originalbehälter in abseits von der Wohnung gelegenen gut belüfteten Räumen aufzubewahren. Produkt nicht in der Nähe von Lebensmitteln, Getränken, Tierfutter und für Kinder und Haustiere unzugänglich aufbewahren. Vor Gebrauch Behälter dicht geschlossen halten, ange-

brochene Packungen in einem Arbeitsgang aufbrauchen und nicht wieder verschließen, Polytanol nur im Freien anwenden, jede Verwendung in geschlossenen Räumen unter Gebäuden oder in der Nähe, im Wald, am Waldrand oder im Parkgelände mit Humusbelag ist verboten. Windrichtung beachten, nicht bei Regen oder feuchtem Boden auslegen, Universalschutzhandschuhe beim Ausbringen bzw. bei der Handhabung tragen, bei der Arbeit nicht essen, trinken, rauchen, Staub nicht einatmen.

Zugelassene Anwendungsbestimmungen: Ackerbau, Obstbau, Weinbau, Gemüsebau, Zierpflanzenbau, Rasen und Grünland: gegen Wühlmäuse 5-10 g/m², Anwendungszeitpunkt: bei Bedarf, ganzjährig bei offenem Boden, Einbringen in das Erdreich (Gänge) von Hand oder mit einem Auslegegerät.

Geeignete Löschmittel: CO₂, Feuerlöscher Brandklasse C, trockener Sand, völlig ungeeignet: Wasser, Schaum.

Phosphin und Diphosphin aus dem Gartencenter – Nachweis in „Wühlmaus-Patronen“ mit Silbernitrat

MATERIAL: Arrex Wühlmaus-Patrone (Abbildungen 5 und 6), Mikrobrenner, feuerfeste Unterlage (Blechdosendeckel), Waage, Schutzhandschuhe (Leder), Flachzange, Pinzette, Spatel, 25 mL-Becherglas, Filterpapier, Silbernitrat (s), dest. Wasser, Pasteurpipette, Wattestäbchen, Salzsäure (10 %ig), Waage (Genauigkeit mind. 0,1 g), Spatel gekehlt,

DURCHFÜHRUNG A: Eine Arrex-Wühlmaus-Patrone (Abbildungen 5 und 6) wird am besten im Freien bzw. in einem sehr gut (!) funktionierenden Abzug mittels spitzer Mikrobrennerflamme am Kopf (Anreibesatz) entzündet. Das vorgeschlagene Anreiben an einer Streichholzsachtel funktioniert selten gut. Beim Anzünden und Abbrennen hält

man die Patrone waagrecht unbedingt mit einem Lederhandschuh am Ende des Stiels, obwohl in den Packungshinweisen zum Entzünden und zur Handhabung der (glühend heißen) Schlacke Handschuhe nicht ausdrücklich aufgelistet sind! Der aufsteigende Rauch darf nicht eingeatmet werden (Windrichtung beachten, Wind ständig im Rücken haben!), Rauchentwicklung siehe Abbildung 7. Die Schlacke löst sich nach dem Ausbrennen (nicht selten noch im Glühen!) vom durchgebrannten Stiel (Abbildung 8). Eine feuerfeste Unterlage (Blechdosen-Deckel) zum Sammeln der Schlacke ist unbedingt erforderlich.

Die erkaltete Schlacke wird sofort (!) weiterverarbeitet: Mit einer Flachzange zerdrückt man den Schlackenkörper auf dem Blechdosen-Deckel in kleine Portionen (Stückchen von etwa 0,2 g, mit Waage überprüfen).

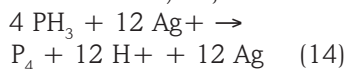
Auf einem Rundfilter werden nun wenige kleine Kristalle Silbernitrat positioniert. Durch einige Tropfen dest. Wasser werden die Kristalle gelöst; die Lösung bildet einen feuchten Fleck auf dem Filterpapier. Ein 25 mL-Becherglas wird mit ca. 10 mL dest. Wasser gefüllt. Im Freien oder in einem gut funktionierenden Abzug positioniert man nun mittels Pinzette ein kleines Stück Wühlmauspatronen-Schlacke (0,2 bis 0,3 g) im Wasser und bedeckt das Becherglas sofort mit dem imprägnierten Filterpapier.

ERGEBNIS: Aus der Schlacke entweichen kleine Gasbläschen. Der „carbid“-artige Geruch macht sich bemerkbar. Die Silbernitrat-Lösung auf dem Filterpapier färbt sich sehr rasch zuerst braun, dann tiefschwarz (Abbildung 10). Bei Zugabe eines zweiten Stückes Schlacke (0,2 - 0,3 g) sieht man selbst am rauhen Papier die Reduktion der Silberionen bis zum elementaren, metallisch glänzenden Silber (Abbildung 11).



INTERPRETATION: Eine neue Patrone hat samt Stiel eine Masse von ungefähr 13,5 bis 13,9 g. Nach dem Abbrennen bleibt Schlacke (ohne abgebrochenen Stiel) mit einer Masse von etwa 10,2 g. Wenn aus einer Patrone - wie auf der Packung angegeben - gemäß Gl.1 (Abschnitt 1) rund 450 mL Phosphin freisetztbar sind, würde das bedeuten, dass die Schlacke rechnerisch rund 1,8 g also mehr als 17 % Ca-Phosphid enthält. In der Tat ist für die Schlacke die Kennzeichnung T+ vorgesehen (Abbildung 5).

Phosphin bildet mit Silber braunes Silberphosphid Ag_3P (s. Gl. 7). Phosphin ist im Unterschied zu Ammoniak bereits so stark reduzierend ($E^\circ PH_3/P_4$ im Basischen: $-0,89V$), dass auch elementares Silber (schwarz bis metallisch gebildet wird (Gl. 14 bzw. Abb. 10, 11).



ENTSORGUNG: Reaktionsgemisch im Abzug bzw. im Freien (am besten in einem Wühlmausgang) abreagieren lassen.

DURCHFÜHRUNG B: Die Reaktion der Phosphine mit Silbernitrat ist ausgesprochen empfindlich, so dass problemlos Microscale-Mengen an Ausgangsstoffen ausreichen: Aus einer gläsernen Pasteurpipette stellt man sich durch Abschmelzen der ausgezogenen Spitze ein Minireagenzglas her. Mit diesem Minireagenzglas nimmt

man einige wenige „Brösel“ Wühlmauspatronen-Schlacke“ (s. oben) auf, befördert die Probe ganz auf den Grund des Reagenzglases, positioniert in der waagrecht gehaltenen Pipette einen Tropfen Wasser und ein mit Silbernitrat-Lösung getränktes Wattestäbchen. Sobald der Tropfen durch Kippen des Reagenzglases mit der Schlackenprobe in Kontakt kommt, färbt sich die Watte am Stäbchen schwarz (Abbildung 12).

DURCHFÜHRUNG C: Um zu demonstrieren, dass sich in der Wühlmauspatronen beim Abbrand auch Calciummonophosphid Ca_2P_2 (CaP) gebildet hat, das gemäß Gl. 12 an der Luft selbst entzündliches Diphosphin liefert, muss das 25 mL-Becherglas mit 10 %iger Salzsäure beschickt werden. Darüber hinaus ist es notwendig, größere Portionen an ganz

Abbildung 8: Die sehr giftige Schlacke enthält Phosphid, das mit Wasser zu sehr giftigem Phosphin reagiert.

Abbildung 9: In Krautheim (s. Pressebericht) wird wohl so eine 1 kg-Dose (28 % Ca_3P_2) im „Spiel“ gewesen sein. 280 g Ca_3P_2 liefern mit Wasser immerhin rund 69 Liter PH_3 . Bei 5 g Granulat pro m^2 kann ein hoffentlich sachkundiger Bauer damit gerade 200 m^2 „Kulturboden“ von den Nagern zurückerobern.



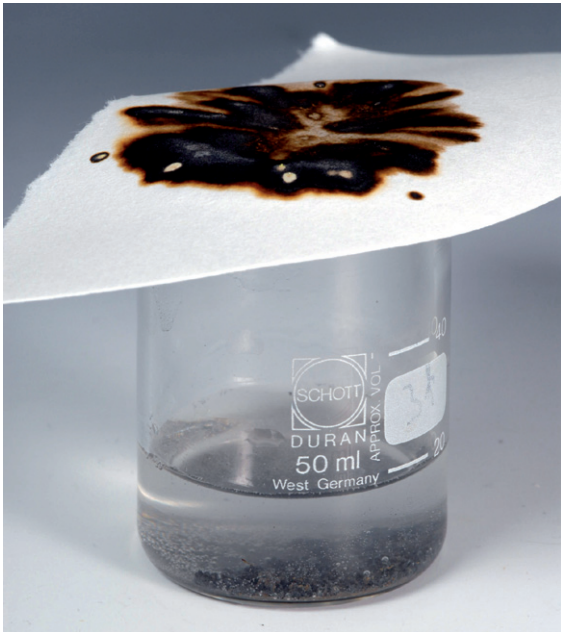


Abbildung 10: Nachweis von PH_3 mit AgNO_3 – Bildung von Ag_3P und Ag am Filterpapier (Gl. 7 und 14).

frischer (!) Schlacke (ca. 2 bis 3 g) in die salzsaure Lösung zu befördern.

ERGEBNIS: Es bilden sich in verkürzter Zeit größere Bläschen, die sich im Reagenzglas mitunter auch mit einer kleinen Stichflamme entzünden, sobald sie mit Luftsauerstoff in Kontakt kommen. Phosphin, das

aus der sauren Lösung aufsteigt, ohne sich selbst zu entzünden, wird am besten mit einer Mikrobrennerflamme sofort zur Reaktion gebracht, um toxikologisch bedenkliche Emissionen zu vermeiden. Dabei reichen die heißen Brennergase aus etwa 5-10 cm Entfernung aus. Die reduzierende Wirkung von Phosphin ist so stark, dass das Gas an der Luft bereits bei etwa $150\text{ }^\circ\text{C}$ mit Sauerstoff zur Reaktion gebracht werden kann.

Sicherheits- bzw. Entsorgungshinweis: Für die Durchführung c) ist eine besonders gute Ventilation (Versuch im Abzug, besser im Freien mit Wind im Rücken) notwendig. Das Reaktionsgemisch lässt man abreagieren, bevor der Rückstand im Glas ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ausgeleert und das Glas gespült werden kann. Überschüssige Schlacke nicht aufbewahren! Nach kurzer Zeit haben sich die kompakte kleinen Stücke mit Luftfeuchtigkeit zu einem sandigen Produkt umgewandelt. Zur Entsorgung der überschüssigen Schlacke sucht man sich am besten ein Wühlmausloch.

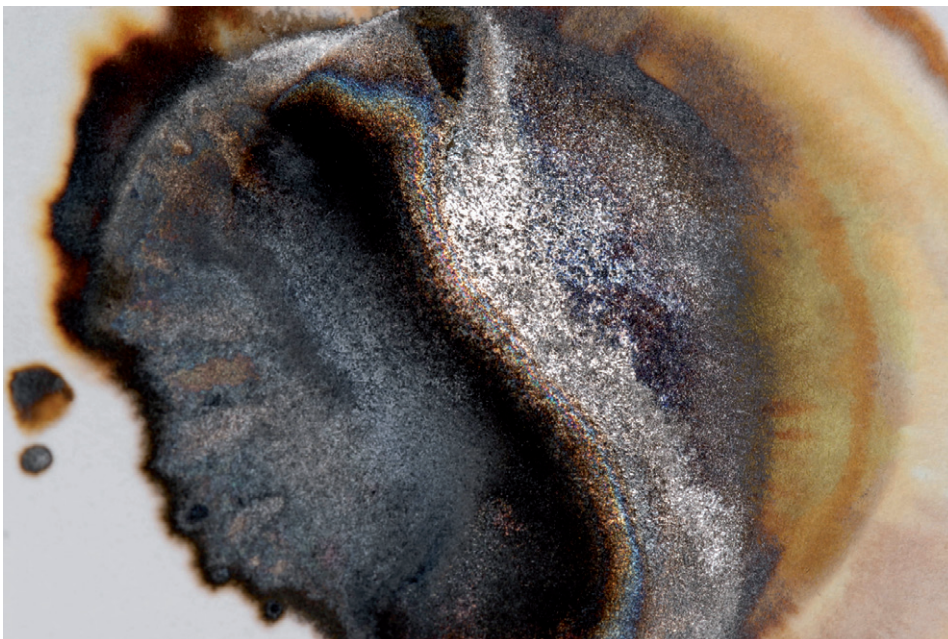
Modellversuch zur Herstellung von Phosphid-Schlacke durch Reduktion von Phosphat

Die zitierten Wühlmaus-Patronen sind im Handel frei erhältlich, weil das giftige Phosphid erst beim Abbrand der pyrotechnischen Mischung entsteht. Dabei wird Ca-Phosphat durch ein unedles Metall (Me-Pulver) nach Initialzündung analog der Gleichung (13) zu Calciumphosphid bzw. Me-Phosphid reduziert. Diese Reduktion von Phosphat zu Phosphid lässt sich in einem Modellversuch zeigen:

MATERIAL: Tricalciumphosphat (Pulver, Apothekerware oder Chemikalienhandlung), Aluminiumpulver (fettfrei!), Thermit-Mischung und Thermit-Zündstäbchen (VCÖ-Shop [27]), Blumentopf (Ton, Durchmesser 5 cm), Flachzange, 25 mL-Becherglas, 100 mL-Becherglas, Salzsäure 10 %ig, Filterpapier, 5-Cent-Münze, Silbernitrat-Lösung, Waage, Spatel, Zange, Hammer,

DURCHFÜHRUNG: Ca 3 g Tricalciumphosphat werden in einem 100 mL-Becherglas mit 5 g Al-Pulver gut durchmischt. Diese Mischung wird in einem kleinen Ton-Blumentopf, verschlossen mit Münze, 1 cm hoch mit Thermitmischung überschichtet. Nach dem Entzünden des Thermitgemisches mit dem handelsüblichen Thermitzündstäbchen (vgl. [27]; Tontopf auf feuerfester Unterlage, z.B. einem Ziegel!) glüht auch das unter der Anfeuerung befindliche Phosphat/Al-Gemenge durch. Nach dem Abkühlen zerschlägt bzw. zerdrückt man die kompakte schwarze Masse mittels Hammer bzw. Zange, bringt kleine Stücke davon analog Versuch „Phosphin und Diphosphin aus dem Gartencenter“ (Durchführung a) in ein kleines Becherglas mit 10 %iger Salzsäure und bedeckt das Becherglas mit einem präparierten Filterpapier.

Abbildung 11: Bei etwas größeren Mengen an PH_3 und AgNO_3 bildet sich nicht nur schwarzes, sondern auch metallisch glänzendes Silber.



ERGEBNIS: Das mit Silbernitrat-Lösung angefeuchtete Filterpapier färbt sich nach kurzer Zeit ähnlich wie beim Versuch „Phosphin und Diphosphin aus dem Gartencenter“ (Version a) braun bzw. schwarz.

Synthese von Ca-Phosphid aus den Elementen, miniaturisiert nach [11,12]

MATERIAL: Roter Phosphor (mit Wasser gewaschen, im Faltenfilter mind. 24 Stunden an der Luft getrocknet), Ca-Metall (saubere Späne), feuerfestes Reagenzglas Fiolax 16/160, Reagenzglashalter, Brenner, Kältespray, Glaswolle.

DURCHFÜHRUNG: 2 Volumenteile sorgfältig entkrustete Ca-Späne werden mit 1 Teil roten Phosphor (staubtrocken!) in einem Reagenzglas mittels Brenner bis zum Aufglühen rasch erhitzt. Der Füllstand des Gemisches im Reagenzglas soll dabei nicht mehr als 1,5 cm betragen. Der obere Rand des Reagenzglases wird mit einem Glaswollepfropfen verschlossen und mit Kältespray vorgekühlt, um eventuell gebildeten weißen Phosphor im Reagenzglas zurückzuhalten.

ERGEBNIS: Ähnlich wie bei der Synthese von Eisensulfid aus Eisenpulver und Schwefel glüht das Reaktionsgemisch nach Zufuhr der Aktivierungsenergie auf. Nach dem Versorgen des Glaswollepfropfens (Reaktion mit Luftsauerstoff) ist das gebildete Calciumphosphid wie in Versuch „Phosphin und Diphosphin aus dem Gartencenter“ nachweisbar. Es kann (im „frischen“ Zustand) auch wie in „Historische Rauchringe mit einem Rodentizid T+“ beschrieben zur Demonstration des selbst entzündlichen Diphosphin verwendet werden.

Historische Rauchringe mit einem Rodentizid T+

MATERIAL: Polytanol (28 % Ca_3P_2 , s. Abbildung 9), Reagenzglas Fiolax 16/160, Gummistopfen

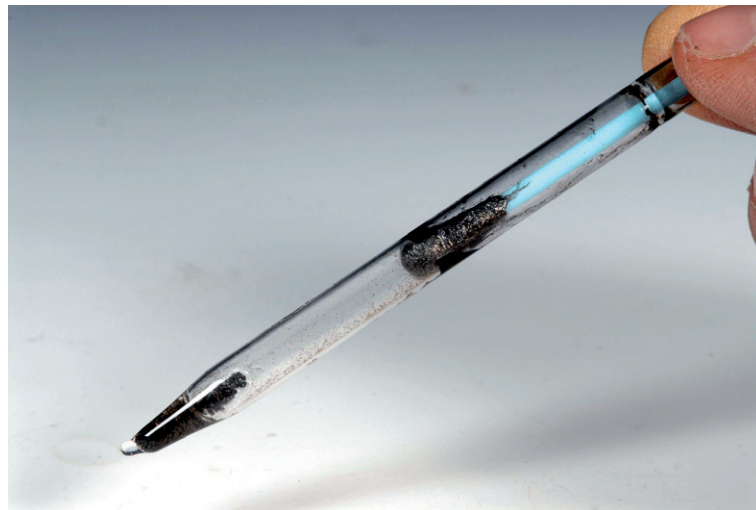


Abbildung 12: PH_3 -Nachweis (Microscale-Version): Ein Wattestäbchen mit AgNO_3 -Lösung getränkt färbt sich mit Spuren von Phosphin im Mini-Reagenzglas (Pasteurpipette) sofort schwarz.

fen Verneret 18D mit 2 parallel positionierten Kanülen 1,2/40 mm, Spitzen gekappt (Abbildung 14), Siliconschlauch 8 mm, Länge ca. 20 cm, 250 mL-Becherglas (hohe Form), Reagenzglasgestell, Spatel (gekehlt), Salzsäure (10 %ig), Kältespray (Tetrafluorethan), 2 mL-Spritze, 20 mL-Spritze, Mikrobrenner

DURCHFÜHRUNG: siehe Abbildung 14 bzw. Titelseite dieser Zeitschrift. Nach Abklärung der sicherheitstechnischen und rechtlichen Notwendigkeiten (Bezugsquelle, s. Abschnitte 1-5, funktionierender Abzug etc.) wird das trockene (!) Reagenzglas ca. 1 cm hoch mit etlichen frischen Körnchen Polytanol beschickt (Spatel verwenden!). Das Reagenzglas, in das etwas Kältespray gesprüht wird, um die Luft zu substituieren, wird mit dem Gummistopfen rasch verschlossen. Eine Kanüle wird mit dem Siliconschlauch verbunden, dessen zweites Ende mittels Wäscheklammer unter der Wasseroberfläche positioniert wird. Auf die zweite Kanüle wird eine mit Kältespray (FKW) gefüllte 20 mL-Spritze aufgesetzt, um damit auch die Luft aus dem Siliconschlauch zu verdrängen. Danach wird auf diese Kanüle eine 2 mL-Spritze mit 10 %iger Salzsäure aufgesetzt. Nun dosiert man die

Säure vorsichtig (tropfenweise) zum Calciumphosphid. Es entsteht Phosphin und Diphosphin. Das Zutropfen der Salzsäure soll zu einem gleichmäßigen Strom an Gasbläschen führen, die an die Wasseroberfläche steigen. Nach wenigen Sekunden ist das Schutzgas (FKW) aus der geschlossenen Apparatur verdrängt und die aufsteigenden Bläschen können mit den heißen Abgasen der Mikrobrennerflamme entzündet werden. Bei weiterer Säurezufuhr entzünden sich die aufsteigenden Bläschen von selbst und kleine Rauchringe steigen auf (Abbildung 14). Achtung! Durch die Reaktion kommt es beim Ca-Phosphid zu einer Volumenzu-

Abbildung 13: Phosphidhaltige Schlacke nach der Umsetzung von Tricalciumphosphat mit Al-Pulver, Initialzündung mit Thermitgemisch.





Abbildung 14: Selbstentzündliches P_2H_4 gemischt mit PH_3 aus Calciumphosphid und verdünnte Säure bildet nach dem Entflammen an der Luft P_4O_{10} in kleinen Rauchringen (siehe auch Abb. 1 und 2).

nahme. Das Gemisch muss hin und wieder etwas geschüttelt werden, um einen zu großen Druck auf das Reagenzglas zu vermeiden, das dabei bersten könnte.

ENTSORGUNG: Calciumphosphid im Reagenzglas abreagieren lassen, gebildetes Phosphin bzw. Diphosphin durch Entzünden zu Phosphoroxid umsetzen. Der Gasentwickler ist vor dem Öffnen mittels 20 mL-Spritze über die Kanüle ganz mit Wasser zu füllen. Ev. Entzündliches Rohphosphin wird

in den Siliconschlauch getrieben. Hautkontakt mit den Reaktionsprodukten vermeiden. Der Versuch darf nur im Abzug unter Einhaltung aller Sicherheitsmaßnahmen durchgeführt werden.

Fazit

Phosphin und Phosphide stellen aufgrund der Position von Phosphor und Stickstoff im Periodensystem logische Pendant zu Ammoniak und Nitriden dar. Eine bloße fachsystematische Behandlung der entspre-

chenden Eigenschaften scheint jedoch aus chemiedidaktischer Sicht sehr akademisch. Eine experimentelle Aufbereitung wird durch die toxikologische Einstufung der Phosphine vielfach erst gar nicht in Erwägung gezogen. In der einschlägigen Literatur sind Phosphin und Phosphide deshalb auch recht spärlich vertreten. Etliche aktuelle Neuerscheinungen im Bereich der experimentellen Schulchemie erwähnen diese toxischen Stoffe auch mit keinem Wort mehr.

Obwohl Phosphid und Phosphin nicht nur in der gewerblichen Schädlingsbekämpfung bzw. in der Elektronik-Industrie einige Bedeutung besitzen: Phosphide sind als Rodentizide in verschiedenen Ausbringungsformen nahezu in jedem Baumarkt mit angeschlossenen Gartencenter verfügbar. Diese wenig bekannten Alltagsbezüge lassen entsprechende Abbildungen in historischen Experimentierbüchern um 1900 (Abbildungen 1 und 2) wieder in einem ganz aktuellen Licht erscheinen. Um genau diese Kontexte betonen zu können, bleibt die übliche Herstellung von Phosphin durch Erhitzen von weißem Phosphor in Alkalien im experimentellen Teil dieses Beitrags gezielt ausgespart. Experimentelle Hürden der Vergangenheit im Zusammenhang mit Phosphin sind mit neueren Konzepten der Experimentiertechnik zum Glück so weit entschärfbar, dass wesentliche Fragen der Sicherheit im Umgang mit Pflanzenschutzmitteln auf Basis Phosphid tatsächlich mit Experimenten untermauert behandelt werden können.

Literatur:

- [1] P.-J. Gengembre, *Crell's Ann.* 1, 1783, S. 450
- [2] <http://www.rp-online.de/public/article/nachrichten/journal/278361> (Stand: 1.6.2006)
- [3] http://www.wuelfel.de/polytanol/polytanol_produktaangaben.php (Stand: 1.6.2006)
- [4] J. J. Berzelius, *Lehrbuch der Chemie, Fünfte umgearbeitete Original-Auflage, Erster Band*, Dresden und Leipzig in der Arnoldschen Buchhandlung, 1843. S. 200
- [5] O. Kühling, K. Heumanns Anleitung zum Experimentieren bei Vorlesungen über Anorganische Chemie, 3. Aufl. Verlag F. Vieweg, 1904, S. 47
- [6] R. Arendt, *Technik der Experimentalchemie*, 2. Aufl. Verlag von Leopold Voss, Hamburg u. Leipzig, 1892, S. 676
- [7] F. Rüdorff, R. Lüpke, *Grundriss der Chemie für den Unterricht an höheren Lehranstalten*, 15. Aufl., Verlag v. Müller, Berlin 1909. S. 199
- [8] H. E. Roscoe, C. Schorlemmer, *Ausführliches Lehrbuch der Chemie, Erster Band, Nichtmetalle*, Verlag F. Vieweg, 1877, S. 396
- [9] F. Bukatsch, W. Glöckner (Hrsg.), *Experimentelle Schulchemie, Band 2, Nichtmetalle*, Aulis Verlag Deubner & Co, Köln 1977
- [10] F. Kober, F. Vaskovic; Phosphan (Phosphorhydrid, Phosphorwasserstoff, Phosphin) im Demonstrationsversuch. *PdN-Ch* 1992 (41) Nr. 1, S. 19
- [11] H. Stapf, E. Rossa, *Chemische Schulversuche, Teil 1: Nichtmetalle*, Verlag Harri Deutsch, Thun 1976, S. 190
- [12] E. Diemann, Herstellung von Hypophosphiten und reinem Phosphan, In: W. Glöckner, W. Jansen, R.G. Weissenhorn (Hrsg.), *Handbuch der Experimentellen Chemie, Sekundarbereich II*, Bd. 1, Aulis Verlag Deubner, Köln 2002, S. 181
- [13] H.M. Teeter, Phosphine for demonstrations, *J. Chem. Educ.* 10 (1933), 402
- [14] C. R. Dillard, A phosphine fire flask, *J. Chem. Educ.* 33 (1956), 137
- [15] V. Obendrauf, Kampf den kleinen Nagekäfern. Begasungen von Kunstobjekten und Gebäuden, *PdN-ChiS* 54 (2005), Nr. 5, S. 18
- [16] <http://www.detia-degesch.de> (Stand: 1.6.2006)
- [17] <http://www.airliquide.de/loesungen/produkte/gase/gasekatalog/stoffe/phosphin.html> (Stand: 1.6.2006)
- [18] A.F. Holleman, E. Wiberg, *Lehrbuch der Anorganischen Chemie*, 101. Aufl., Walter de Gruyter, Berlin 1995, S. 744
- [19] Polizei Schleswig-Holstein 3/2000, S. 17 (<http://www.polizei.schleswig-holstein.de>) Stand: 29.05.2006
- [20] http://www.wuelfel.de/polytanol/polytanol_produktaangaben.php (Stand: 29. 5. 2006)
- [21] <http://www.fluegel-gmbh.de/index/Fluegel/Pflanzenschutz/79054,78980?ProduktID=93658&z=6> (Stand: 29.05.2006)
- [22] http://www.wuelfel.de/prontox/prontox_sicherheitsdatenblatt.php (Stand: 29. 05. 2006)
- [23] <http://www.celaflo.de> (Stand: 29. 05. 2006)
- [24] J. R. Parington, *A History of Greek Fire and Gunpowder*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London 1999
- [25] *Ullmanns Encyklopädie der Technischen Chemie*, 3. Auflage, 13. Band, 1962 S. 570
- [26] <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc73.htm#SectionNumber:1.1> (Stand: 02. 06. 2006)
- [27] V. Obendrauf, Zweckmäßige Zünder statt zeitraubende Zündmischungen, *Chem.Sch.(Salzbg.)* 16 (2001), Nr. 3, S.9

50 Jahre Karl-Winnacker-Institut der Dechema

Das Karl-Winnacker-Institut der Dechema feierte am 9. Dezember 2011 sein 50jähriges Jubiläum. Seit 1961 forschen Ingenieure, Chemiker und Werkstoffwissenschaftler unter einem Dach. Heute sind rund 70 Wissenschaftler, Doktoranden und technische Mitarbeiter am Karl-Winnacker-Institut in Frankfurt/Main tätig.

Sie arbeiten zum Beispiel an der Frage, mit welchen Materialien Hochtemperaturöfen ausgestattet werden müssen, die für die Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm-Asche eingesetzt werden, oder wie natürliche Konservierungsstoffe aus Orangenabfällen gewonnen werden können. Die Forschungsaktivitäten richten sich vor allem auf die Entwicklung von nachhaltigen Lösungen für die Energiewandlung und -speicherung, den Korrosionsschutz, die Rückgewinnung anorganischer Wertstoffe und die Integration von chemischer und biotechnologischer Produktion. Viele der Projekte werden gemeinsam mit Industriepartnern durchgeführt, darunter eine ganze Anzahl im Rahmen der vorwettbewerblichen Industriellen Gemeinschaftsforschung; von diesem Programm des deutschen Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie profitieren vor allem klein- und mittelständische Unternehmen. Daneben führt das Institut eine Vielzahl von beruflichen Weiterbildungskursen durch.

Nanoröhrchen „stehlen“ Grünalgen Platz und Licht Aber: CNT wirken nicht direkt toxisch auf die Mikro-Wasserpflanzen

Eine Empa-Studie zeigte, dass Kohlenstoff-Nanoröhrchen (CNT von engl. carbon nanotubes) auf Grünalgen nicht toxisch wirken, deren Wachstum aber hemmen, indem sie ihnen Licht und Platz nehmen.

Der Einsatz von CNT wird vielfältig erforscht, etwa für Solarzellen, Kunststoffe, Batterien, in der Medizin sowie zur Reinigung von Trinkwasser.

Mit zunehmender industrieller Produktion in der Größenordnung von Hunderten von Tonnen jährlich steigt auch die Menge an solchen Teilchen, die in die Umwelt gelangen kann. Einige Studien legen den Verdacht nahe, dass bestimmte CNT in der Lunge ähnliche Schäden wie Asbestfasern auslösen können. Wie sich CNT verhalten, wenn sie in Gewässer gelangen, hat ein interdisziplinäres Team der Forschungsinstitute Empa und Agroscope ART nun in einer vom Schweizerischen Nationalfonds (SNF) finanzierten Studie an Grünalgen untersucht.

Dabei entwickelten die Forscher ein Standardverfahren für Chemikalien weiter, um Wachstum und Photosynthese-Aktivität der Algen unter CNT-Belastung zu messen. Es zeigte sich, dass die Algen selbst bei hohen CNT-Konzentrationen ihre normale Photosynthese-Aktivität beibehielten; jedoch verlangsamte sich ihr Wachstum. Auffällig

war auch, dass sich die Algensuspension durch Zugabe der CNT verdunkelte und dass die Algen mit den Nanoröhrchen verklumpten – obwohl nichts darauf hinwies, dass die Nanoröhrchen von den Algen aufgenommen werden.

Man vermutete deshalb, dass die Algen langsamer wachsen, weil sie durch die CNT „zusammenkleben“ und dadurch weniger Licht erhalten. Um dies zu beweisen, entwickelten sie zwei weitere Tests, mit denen die Beschattung und das Zusammenkleben der Algen durch Nanopartikel quantitativ gemessen werden können. Die Ergebnisse zeigen, dass das verlangsamte Algenwachstum in der Tat hauptsächlich

auf diese zwei Faktoren zurückzuführen ist. Fazit: CNT wirken nicht direkt toxisch auf Grünalgen, wie frühere Studien vermuten liessen. Die Algen haben in Gegenwart von CNT lediglich nicht die optimalen Wachstumsbedingungen, weil sie wie Landpflanzen genügend Platz und Licht zum Wachsen benötigen. Allerdings tritt die beobachtete Verklumpung und Beschattung erst bei höheren CNT-Konzentrationen auf (über einem Milligramm pro Liter), wie sie in der Umwelt wahrscheinlich noch nicht vorkommen. Die Ergebnisse helfen, andere Nanopartikel zu testen, um deren Sicherheit für Mensch und Umwelt zu gewährleisten.

Deutscher Nanoverband gegründet In Saarbrücken – Karlsruhe und Göttingen Regio-Büros

Anfang November 2011 wurde in Saarbrücken der Deutsche Verband Nanotechnologie e. V. (DV Nano) gegründet. Damit hoben die Gründungsmitglieder des Vereins den ersten über-regionalen Fachverband für Menschen aus der Taufe, die in den Nanotechnologien und -wissenschaften arbeiten.

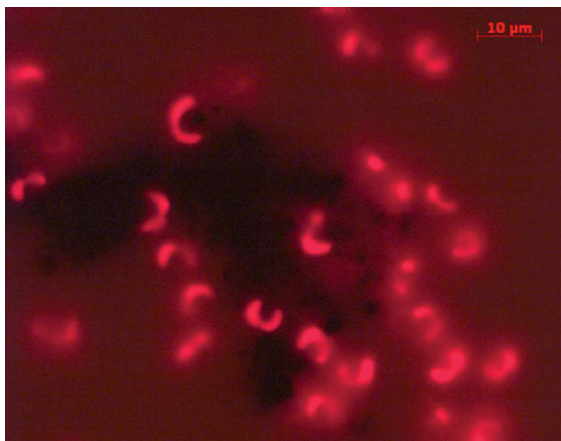
In den vergangenen Jahren entstanden zahlreiche Förderinstitutionen und Kompetenzzentren, die zum Teil regional begrenzt oder thematisch sehr eng ausgerichtet waren. Damit konnten Institutionen und Unternehmen Netzwerke knüpfen und ihre Interessen formulieren. Was bislang fehlte, war ein Sprachrohr für die Menschen, die in einer der faszinierendsten Hochtechnologien der Gegenwart arbeiten. Mit der Gründung des DV Nano ist diese Lücke geschlossen.

Dr. Ralph Nonninger, Präsident des Verbandes, in seinem Gründungsstatement: „Der DV Nano ist

der Fachverband für alle, die in der Nanotechnologie arbeiten oder sie fördern, seien es Techniker, Unternehmer, Wissenschaftler, Politiker oder Journalisten.“ Natürlich freue man sich auch über Unternehmen oder Institutionen, die die Verbandsarbeit unterstützen wollen, aber in erster Linie werde der Verband für die Mitglieder Sprachrohr und Stimme sein, die jetzt erstmals die Chance hätten, sich als Einzelpersonen aktiv in die Nano-Debatte einzumischen und die Zukunft der Technologieentwicklung mitzubestimmen.

Der Verband wuchs schon kurz nach seiner Gründung weiter: Nur wenige Wochen nachdem in Saarbrücken der Grundstein der Verbandsarbeit gelegt wurde, entstanden am 16. Dezember in Karlsruhe und Göttingen regionale Geschäftsstellen. Mit der Gründung regionaler Dependancen soll schnellstmöglich eine bundesweite Präsenz aufgebaut werden.

Photosynthese-Aktivität der Grünalgen, mit Fluoreszenz sichtbar gemacht (Abb.: Empa).



ANALYSEN



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

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

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

ARBEITSSCHUTZARTIKEL



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

CHEMIKALIEN



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

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

DEUTERIUMLAMPEN



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

DICHTUNGSSCHEIBEN AUS GUMMI MIT AUFVULKANISIERTER PTFE-FOLIE

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

FTIR-SPEKTROMETER-ZUBEHÖR



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

GEFRIERTROCKNER

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

GEFRIERTROCKNUNGSANLAGEN



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

HOHLKATHODENLAMPEN



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

KÜHLUND TIEFKÜHLGERÄTE



LAB TECHNOLOGY

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

KÜVETTEN

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

LABORCHEMIKALIEN



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

LABOREINRICHTUNGEN

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

LABORHILFSMITTEL



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

LABOR-SCHLÄUCHE UND -STOPFEN AUS GUMMI

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

LABORZENTRIFUGEN, KÜHLZENTRIFUGEN



LAB TECHNOLOGY

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



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

LEITFÄHIGKEITS-MESSGERÄTE



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

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

MIKROSKOPE



hund
WETZLAR

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

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

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

OPTISCHE TAUCHSONDEN

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

PARTIKELANALYSE



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

PH-MESSGERÄTE



HANNA
instruments
Deutschland GmbH

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

REINIGUNGSMITTEL FÜR LABORGLAS



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

SAUERSTOFF-MESSGERÄTE



HANNA
instruments
Deutschland GmbH

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

TEMPERATUR-MESSGERÄTE



HANNA
instruments
Deutschland GmbH

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

STERILISATOREN

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

THERMOMETER



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

TEMPERATUR-MESSGERÄTE



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

VAKUUMKONZENTRATOREN

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

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


Das Online-Magazin für Labor und Analytik

Kontakt Newsletter Anzeigen schalten Über uns FAQ Shop
Sitemap Profisuche

Labor Magazin

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

LAB-SUPPLY Special

- Labor interaktiv
- Diskussionsforum
- Stellensuche
- Gebrauchtes

Labor Branchenbuch

- Labor Linktipps
- Analysentechniken
- Anwendungsgebiete
- Qualitätssicherung
- Arbeitssicherheit
- Fachliteratur
- Laborsoftware
- Sonstiges

Weitere Webseiten

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

Labor Magazin ANALYTIK NEWS

ANALYTIK NEWS ist ein **Online-Labormagazin** der Dr. Beyer Internet-Beratung und bietet seit 1998 tagesaktuelle, unabhängige, redaktionell geprüfte Informationen aus Labor, Analytik, Chemie, Life Science und Qualitätssicherung.

In unseren wöchentlichen Email-Newslettern informieren wir mehr als 30.000 Anwender im deutschsprachigen Raum über Produktneuheiten, Nachrichten, Fachartikel, Veranstaltungen, Stellenangebote, Fachbücher und vieles mehr.

An indispensable resource for synthetic chemists

6.0 million molecules

3.8 million reactions

Produktneuheiten alle Anzeigen schalten

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

- **Das neue Optilab® T-rEX™: Differential-Refraktometer - neu definiert**
Mit seinem 512 Photodioden-Array ist das Optilab® T-rEX™ den herkömmlichen Zwei-Photodioden-Geräten in Empfindlichkeit und Messbereich haushoch überlegen. Der dynamische Bereich ist so groß, dass das...
- **Messkolben mit Individualkennzeichnung, so einzigartig wie ein Fingerabdruck: Die Individualkennzeichnung macht ein Volumengerät unverwechselbar**
Datamatrix-Code, Barcode, Zahlen und Buchstaben: die innovative Hirschmann-Codierung ermöglicht es jetzt, Messkolben aus Glas individuell zu kennzeichnen. Jeder Messkolben kann nun mit einer einzigen...
- **Kompakte Umwälzkühler für das Labor**
Die kompakten Huber Minichiller überzeugen als preisgünstige und umweltfreundliche Kühllösung für zahlreiche Laborapplikationen. Die Geräte benötigen mit 225 x 360 mm Stellfläche nur wenig Platz auf ...
- **Elix® Advantage System: keine Limits bei der Wasseraufbereitung, intelligente Nutzung von Energie**
Während viele der heutigen Laborwassersysteme Reinwasser erzeugen, sind nicht alle in der Lage, stets die gleiche Produktwasserqualität bereitzustellen. Im Verlauf der Nutzungsdauer der Aufbereitungs...

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

Stellenangebote alle Stellenanzeige schalten

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

- **Produktspezialist (m/w) - analytische Chromatographie**
YMC ist einer der international führenden Anbieter stationärer Phasen für die analytische und präparative Flüssigchromatographie, präparative Säulenteknik sowie präparative HPLC-Systeme, mit Sitz in...
- **Vertriebsbeauftragte/r**
Als bundesweit agierendes Handelsunternehmen auf dem Gebiet der Laborvollversorgung suchen wir für unser Team eine/n Vertriebsbeauftragte/n in Berlin. Sie vertreten unser umfassendes Sortiment im Ve...
- **Molecular Biologist / Metabolic Engineer (m/f)**
As a successful candidate your skills and experience will correspond with one of the two job profiles below. Either position requires outstanding interpersonal and communication skills, integrative t...

-> alle Stellenangebote

Dr. Beyer Internet-Beratung Kontakt Newsletter Anzeigen schalten Über uns FAQ AGB Impressum



Titration



Ionenchromatographie



Elektroanalytik



ProcessLab



Was Sie bei uns finden

- Newsletter
- Produktneuheiten
- Nachrichten
- Fachbeiträge
- Veranstaltungskalender
- Stellenmarkt
- Branchenbuch
- Diskussionsforum
- Linksammlung

Gefahr erkannt, Gefahr gebannt



Arbeitsschutzgesetz und Gefahrstoff- bzw. Biostoffverordnung verpflichten Arbeitgeber dazu, überall, wo Gefahrstoffe am Arbeitsplatz auftreten könnten, regelmäßig die Gefährdungen sowie die Einhaltung der geltenden Grenzwerte zu ermitteln.

GefStoffV, BioStoffV und das zugehörige technische Regelwerk enthalten präzise Vorgaben für die vorgeschriebene Gefährdungsbeurteilung. Die IFA-Arbeitsmappe bietet hierzu praktische Beispiele und erläutert messtechnische Ermittlungsmethoden.

Sie ist ergänzbar und wird ständig an die aktuelle Entwicklung angepasst und durch neue Messverfahren, weitere Stoffe, wichtige Änderungen im Regelwerk und beim technischen Fortschritt ergänzt.

Praktisch: Die Online-Ausgabe.

Auf www.IFA-ARBEITSMAPPEdigital.de können Sie einzelne Beiträge abrufen oder das Gesamtwerk abonnieren. Abonnenten der gedruckten Ausgabe nutzen die digitale Arbeitsmappe ohne Zusatzkosten!


Messung von Gefahrstoffen – IFA-Arbeitsmappe

Expositionsermittlung bei chemischen und biologischen Einwirkungen

Herausgeber: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV), Berlin

Bearbeitung: Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin, Prof. Dr. rer. nat. H. Blome und Prof. Dr. rer. nat. D. Reinert Loseblattwerk, 1.932 Seiten in 2 Ordnern, ca. 2 Ergänzungslieferungen pro Jahr, ISBN 978-3-503-13084-9

Weitere Informationen:

 Printausgabe unter www.ESV.info/978-3-503-13084-9

 online unter www.IFA-ARBEITSMAPPEdigital.de



ERICH SCHMIDT VERLAG
Auf Wissen vertrauen

Bestellungen bitte an den Buchhandel oder: Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG · Genthiner Str. 30 G · 10785 Berlin
Tel. 030/25 00 85-228 · Fax 030/25 00 85-275 · ESV@ESVmedien.de · www.ESV.info