

CLB

Chemie in Labor und Biotechnik

Analytik

Biotechnik

Optimierte Prozesse

Komplexe Materialien

Maßgeschneiderte Moleküle

Menschen und Chemie

Aus- und Weiterbildung

- Schweine- und andere Grippeviren
- Telomere und Telomerase
- Abkehr vom Elfenbein
- Blutspuren in der Forensik
- Selbstheilende Werkstoffe

Moderne Werkstoffe prägen den technischen Fortschritt; Seltenen Erden gehören dazu. Sie kannte man bislang kaum außerhalb der Chemie. Lieferengpässe haben jetzt auf breiter Front auf ihre Bedeutung aufmerksam gemacht, für die Kommunikationstechnik, Hybridautos etc. Vor 45 Jahren ahnte man davon noch nichts...

Chemie FÜR LABOR UND BETRIEB
Die verständliche Monatszeitschrift

Nr. 8 Frankfurt a. M., August 1965 16. Jahrgang

Die Lanthaniden-Metalle

Herstellung, Eigenschaften, Verwendung

Von S. Ferckel, München

Dieser Aufsatz erhielt im Preisausschreiben des Verbandes Deutscher Fachschulchemiker den 1. Preis der Gruppe „Anwendungstechnik“.

Noch vor wenigen Jahren gehörten die „Seltenen Erden“ zu den Elementen, die zwar theoretisch hochinteressant, sonst aber reine Laborkuriositäten und, von geringfügigen Ausnahmen abgesehen, ohne technische Bedeutung waren. In jüngster Zeit jedoch ist es gelungen, die Metalle der „Seltenen Erden“ in größeren Mengen rein darzustellen. Insbesondere in den USA beginnt man diese Metalle nicht nur als Legierungszusatz sondern auch als Konstruktionswerkstoff für Sonderzwecke zu verwenden. Der heute noch sehr hohe Preis der Lanthanidenmetalle dürfte bei steigendem Bedarf rasch sinken, war doch auch Aluminium ursprünglich ein Juwelier-Werkstoff von großer Seltenheit. Die vorliegende Arbeit soll deshalb die Herstellungsverfahren dieser Metalle, die bisher in der Literatur weit verstreut beschrieben sind, in groben Zügen zusammenfassen und damit den Blick auf eine Metallgruppe lenken, der man in den kommenden Jahren immer häufiger bei den verschiedensten technischen Anwendungen begegnen wird.

Vorkommen

Die Bezeichnung „Seltene Erden“ für die Lanthaniden-Gruppe ist eigentlich irreführend und fußt auf mangelnder Kenntnis ihrer Verbreitung zur Zeit ihrer Entdeckung. Sind doch Europium und Thulium, die seltensten Elemente der Gruppe, wie aus der Tabelle S. 311 ersichtlich, mit einem höheren Prozentsatz am Aufbau der Erde beteiligt als z. B. Jod ($6 \cdot 10^{-6}\%$), Silber ($4 \cdot 10^{-6}\%$), Quecksilber ($3 \cdot 10^{-6}\%$) oder Helium ($4 \cdot 10^{-7}\%$), Elemente also, die niemand als besonders selten bezeichnen würde.

Es sind etwa 150 Mineralien bekannt, die Lanthaniden enthalten. Einige kommen auch in Deutschland vor, sind aber nicht abbauwürdig. Die „historischen“ Lanthanidenminerale, wie Gadolinit, $(Y, Yb)_2Fe[(SiBeO_4)_2O]_2$, Samarskit $(Y, Er)_3(Nb, Ta)_2O_7$, Allanit, Aeschynit $(Er, Ce, Th, Fe-titanat \text{ und } niobat)$ und Orthit $(\text{basisches } Ce, La, \text{ Alkalit-, Erdalkalisilikat})$, um nur die bekanntesten zu nennen, haben ebenfalls für die technische Metallgewinnung

1) Zusammensetzungen nach (25).

310

Die Lanthaniden-Metalle

keine besondere Bedeutung mehr. Hierfür werden fast ausschließlich die an den Küsten von Brasilien, Indien, Florida und Australien gefundenen Monazit-sande, die in Südafrika auch als massive Formationen vorkommen, und die kanadischen und kalifornischen Bastnäsit-Lager verwendet (1). Der Monazit-sand besteht im wesentlichen aus den Orthophosphaten der „Ceriterden“ und Thorium. Da er das einzige verwertbare Thoriumvorkommen auf der Welt ist, wird er überall systematisch gesucht und abgebaut, und liefert bei der Thoriumherstellung „Ceriterden“ in einer Menge, die etwa dem Zwanzigfachen des gewonnenen Thoriums entspricht. Bastnäsit ist ein Fluorcarbonat, etwa der Zusammensetzung $(Ce, La, Dy)FCO_3$, das wegen seines Gehaltes von ca. 10% Lanthaniden in den USA ebenfalls in bedeutendem Umfange abgebaut wird (2).

Die wichtigsten sowjetischen Lanthanidenminerale sind der bis zu 60% leichte Lanthaniden enthaltende Beeketit, welcher etwa die Zusammensetzung $Ca_3Ce_2(Si, Zr)_3O_{15}$ hat, sowie Cerit $(Ca-, Ce-, Fe-silikat)$ und Eudialyt, ein komplexes, saures Ce-, Zr-, Fe-, Mn-silikat. Auch größere Lager von Samarskit und Aeschynit sind vorhanden (15). Über den Abbau und die Aufarbeitung der Mineralien ist jedoch nur sehr wenig bekannt.

Im allgemeinen teilt man die Lanthaniden-Mineralien heute in zwei große Gruppen ein, in die „Ceriterden“, welche die „leichten“ Lanthaniden, $Z = 57-63$; und die „Ytteriterden“, die die „schweren“ Elemente, $Z = 64-71$, enthalten. Diese Gruppenunterteilung ist nicht willkürlich, denn die Elemente kommen in der Natur gewöhnlich in dieser Gruppierung vor. Auch die chemischen Eigenschaften bestätigen diese Aufteilung. Zum Beispiel ist die Unlöslichkeit der Kaliumdoppelsulfate auf die Elemente 57-63 beschränkt, während die Doppelsulfate der Elemente 64-71 in gesätt. Kaliumsulfatlösung gut löslich sind (3).

Die Herstellung der Lanthanidenmetalle kann in drei Abschnitte unterteilt werden: Aufschließen und Konzentrieren der „Erden“, deren Trennung und Reduktion zum Metall. Der schwierigste Verfahrensschritt ist die Trennung, wurden doch, wie aus der Entdeckungsgeschichte der Lanthaniden bekannt ist, von 1794 bis 1946 nicht weniger als 73 neue „Elemente“ in den Lanthaniden-vorkommen „entdeckt“.

Aufschließen und Konzentrieren

Beim Aufschließen werden die angelieferten Mineralien zunächst von der Gangart befreit und dann in zur Weiterverarbeitung geeignete Salze oder Salzlösungen übergeführt.

Der Aufschluß des Monazitsandes ist einfach, da er infolge seines hohen spezifischen Gewichtes von $4,8$ bis $5,5 \text{ gr/cm}^3$ leicht in einem Naß-Klassierer von der Gangart befreit werden kann. Der reine Monazit wird gemahlen, getrocknet und mit konzentrierter Schwefelsäure längere Zeit erhitzt. Anschließend wird dieser Aufschluß mit Wasser ausgelaugt, wobei die Lanthaniden größtenteils in Lösung gehen und das Thorium im unlöslichen Rückstand verbleibt. Aus dem Filtrat kann man die Lanthaniden dann als Oxalate ausfällen. Bei einem au-

Kenndaten der Lanthaniden

1. Element	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Cp(Lu)
2. Ordnungszahl	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
3. Atomgewicht	138,91	140,12	140,91	144,24	147	150,35	151,96	157,25	158,92	162,50	164,93	167,26	168,93	173,04	174,97
4. Zahl der Isotopen	9	14	5	11	6	10	8	9	3	8	3	9	2	9	4
5. davon stabil	2	4	1	7	0	7	2	7	1	7	1	6	1	7	2
6. Häufigkeit % der Erdkruste	$5 \cdot 10^{-4}$	$2,2 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-5}$	—	$5 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$
7. % der Lanthaniden	14,8	37,7	4,5	19,7	—	5,3	0,3	5,3	0,7	4,1	1	3,3	0,4	2,2	0,7
8. Dichte g/cm^3	6,174	6,771	6,782	7,004	(6,9)	7,536	5,259	7,895	8,272	8,536	8,803	9,05	9,332	6,977	9,842
9. Schmelzpunkt $^{\circ}\text{C}$	920	795	935	1024	1297	1072	826	1312	1356	1407	1497	1497	1545	824	1652
10. Schmelzwärme kcal/Mol	1,5	1,2	1,6	1,7	3,0	2,1	2,2	3,7	3,9	4,1	4,1	4,1	4,4	1,8	4,6
11. Siedepunkt $^{\circ}\text{C}$	3469	3468	3127	3027	2727	1900	1439	2730	2527	2600	2600	2627	1727	1424	3327
12. Verdampfungswärme kcal/Mol	96	95	79	69	70	46	42	72	70	67	67	67	59	38	90
13. ferromagnetische Curietemperatur $^{\circ}\text{K}$								289	215	85	20	20			
14. Spezifischer elektr. Widerstand bei $+25^{\circ}\text{C}$ $10^{-8} \cdot \Omega \cdot \text{cm}$	57	75	68	64	—	92	81	134	116	91	94	86	90	28	—
15. Absorptionsquerschnitt für thermische Neutronen barn	8,9	0,7	11,0	48	60	5600	4300	40000	45	1100	64	170	125	37	111
16. Härte (Vickers) kg/mm^2	40	25	40	35	—	45	20	55	60	55	60	70	65	25	85

6 und 7 nach (23), 13 und 16 nach (14), 14 nach (1), 15 nach (26), alle übrigen nach (24)

Fortsetzung auf Umschlagseite 3

Liebe CLB-Leserin, lieber CLB-Leser,

in jüngster Zeit passiert soviel Bemerkenswertes, dass ich die Qual der Auswahl habe bei diesem Editorial. Ein Waldlauf in diesem frühen Winter – das Titelbild der CLB 11 mit seinem Eisblumenmuster war ja schon fast prophetisch – sorgt da für einen freien Kopf. Und damit bin ich schon bei einem Thema: Grippeviren. In dieser CLB zeigt Autorin Dr. Annette von Kieckebusch-Gück ab Seite 544 deutlich auf, warum diesen Objekten zwischen Leben und Tod – Viren lassen sich ja sogar kristallisieren – so schwer beizukommen ist; die beste Prophylaxe ist wahrscheinlich sportliche Fitness ;-)

Selbst die rettet jedoch nicht vor dem körperlichen Verfall durch den Alterungsprozess. Er ist zumindest in Grenzen in den Zellen vorprogrammiert. Dies legt Dr. Mechthild Kässer in ihrem Artikel über Telomere und Telomerase dar (ab S. 528). Ich unterlasse hier mal Spekulationen über die gesellschaftlichen Folgen einer deutlich verlängerten Lebensspanne für Menschen. Eins zeigt der wissenschaftliche und technische Fortschritt jedoch immer deutlicher: Wir müssen dem Begriff des Lebens von allen Seiten der Betrachtung her offener entgegenreten. So machte kurz vor Drucklegung dieser CLB eine Meldung amerikanischer Forscher zu biochemischen Grundlagen Furore. Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Schwefel und Phosphor sind die Elemente, die für Leben unbedingt erforderlich sind – dachte man bisher. Die Forscher haben nun in dem aufgrund seines geologischen Umfeldes sehr Arsen-haltigen Mono Lake in Kalifornien Bakterien entdeckt, die Arsen nicht nur vertragen, sondern das für uns giftige Halbmetall sogar in ihre DNA einbauen können – statt Phosphor. Wie unterschiedlich von unseren konventionellen Vorstellungen und Kenntnissen her kann Leben noch sein? Arsen steht direkt unter Phosphor im Periodensystem; beide Elemente haben fünf Außenelektronen. Silicium steht direkt unter Kohlenstoff im Periodensystem; beide Elemente haben vier Außenelektronen. Gibt es Leben auf Siliciumbasis? Wohl nicht in vergleichbarer Form wie Leben auf Kohlenstoffbasis; dazu hat Silicium zu eingeschränkte Bindungsfähigkeiten.

Aber wer weiß: Vielleicht ist das Leben auf Kohlenstoffbasis über die Erschaffung erster intelligenter Strukturen ja auch nur ein Zwischenschritt für Leben auf Siliciumbasis – in Form von Computern. Wie u.a. mein Artikel über Neuromorphic engineering in der Oktober-CLB zeigt sind wir ja wohlmöglich in der Lage, den dummen Rechenknechten eine Art von Leben und Bewusstsein einzuhauchen.

Es ist wirklich erstaunlich, was F&E leistet. Wer hätte früher schon gedacht, dass man zerschnittene Gummiringe durch einfaches Zusammenfügen der Schnittenden ohne jeden Klebstoff wieder schließen kann? Wer stellt sich selbstheilende Werkstoffe vor, wie sie der Artikel ab Seite 554 beschreibt? Vielleicht bemerken Sie: U.a. spielt dabei wiederum Selbstorganisation eine Rolle, die in der vorangegangenen CLB im Rahmen der emergenten Phänomene vorgestellt wurde, ebenso übrigens bei hochkarätigen Fördermaßnahmen, s.S. 560.

Ich bin entschieden davon überzeugt, dass man heute mehr denn je das mögliche Zusammenspiel verschiedenster naturwissenschaftlich-technischer Entwicklungen verfolgen muss, auch um in seinem eventuell speziellen Arbeitsfeld erfolgreich sein zu können. Hätten Sie gewusst, dass man jetzt prüft, akustische Einrichtungen an Neutrino-Detektoren in den Weltmeeren auch dafür einzusetzen, um Pottwale und andere Meeressäuger zu überwachen?

Und um nochmals zum Leben und deren mögliche örtlichen Basen zurückzukommen: Gerne erinnere ich immer wieder auch an unser kosmisches Umfeld, hier mit dem Forschungsbild auf der Folgeseite zu einer galaktischen Kollision. Tatsächlich gibt es seit Neuestem die ernstzunehmende Annahme, dass es dreimal soviel Sterne im Universum gibt wie bislang geschätzt. Und: Nach den Berechnungen eines Team von der University of California besitzt fast jeder vierte sonnenähnliche Stern ein Planetensystem, das neben Gasriesen auch kleinere Felsbrocken wie die Erde enthält. Anders ausgedrückt: Nachdem die Milchstraße aus mehreren hundert Milliarden Sternen besteht ist alleine in unserer Galaxis mit Abermilliarden erdähnlicher Planeten zu rechnen. Nur die Entfernung zu ihnen rettet uns wohl vor einer Alien-Invasion, oder?

Ich wünsche Ihnen frohe Festtage und ein gesundes, schönes, erfolgreiches Neues Jahr,

Ihr

CLB 01/02-2011 erscheint Mitte Februar



INHALT

Aufsätze

Das Geheimnis der Lebensuhr Telomere, die Schutzkappen der Chromosomen _____	528
Abkehr vom Elfenbein Ein nachwachsender Rohstoff unter Schutz _____	536
Warum es immer neue Grippeviren gibt Aufbau, Wandelbarkeit und Übertragbarkeit von Grippeviren _____	544
Blutiger Beweis Was Rechtsmediziner aus Blutspuren schließen können _____	549

Rubriken

Editorial _____	521
Impressum _____	523
F & E im Bild _____	523
Unternehmen _____	524
Personalia _____	526

Umschau _____	555
Selbstheilende Werkstoffe durch Nanotechnik und Polymerchemie	

Forschung und Technik _____	558
Umfeld Wissenschaft _____	559
Der neueste Stand _____	561
Literatur _____	562

Bezugsquellenverzeichnis _____	567
CLB-Geschichte _____	U2, U3



Zum Titelbild:

Das Titelbild ist ein Gemälde von Giuseppe Arcimboldo (* um 1526 in Mailand; † 11. Juli 1593). Berühmt sind seine Tafelbilder, auf denen er Blumen, Früchte oder Gemüse, aber auch anorganische Objekte wie Bücher darstellte und daraus überraschende Porträts oder Stilleben komponierte, auch in diesem Bild „Der Koch“ – leicht erkennbar, wenn man es wie in dieser kleinen Ansicht geschehen umdreht ;-)

Die Thematik dieser CLB, auf die das Bild hinweisen soll, ist natürlich die Grippe. Es gibt sie ja auch als Schweinegrippe. Die Wandelansicht des Arcimboldo-Gemäldes darf man im Zusammenhang mit dem Grippeartikel dann auch als metaphorische Anspielung auf die Wandlungsfähigkeit der Grippeviren verstehen... (siehe Artikel ab Seite 544; das Gemälde befindet sich in einer Privatsammlung in Stockholm. Zur Verfügung stellte es zeno.org - Zenodot Verlagsgesellschaft mbH).

Erreichen & Erhalten

Promotion o.k., Wissenschaftskarriere fraglich Ergebnisse einer Befragung unter Doktoranden der Max-Planck-Gesellschaft _____	564
---	-----

Null Euro für Kohlendioxidreduktionen Ernüchternde Ergebnisse über Zahlungsbereitschaft für Klimaschutz _	565
--	-----

Elektrochemische und optische Analysen Mehrere richtige Antworten pro Frage sind möglich. _____	566
--	-----

Galaktische Kollision schuf „Atome für den Frieden“

In der Dezemberausgabe haben kosmische Motive schon fast Tradition in der CLB. Diesmal zeigen wir eine ungefähre Vorausschau auf unsere eigene Zukunft. So sieht es nämlich aus, wenn zwei Galaxien kollidieren. Unserer Milchstraße passiert das in etwa zwei Milliarden Jahren; dann trifft sie auf den Andromeda-Nebel. Das Bild hier zeigt eine neue Aufnahme der Galaxie NGC 7252. Sie wurde von Himmelforschern „Atoms for Peace“ (Atome für den Frieden) getauft. Die Form der Galaxie erinnert nämlich an das Bild von Elektronen, die einen Atomkern umfliegen (kleines Bild unten rechts). Und das steht in Zusammenhang mit der berühmten „Atome für den Frieden“-Rede, mit der im Dezember 1953 US-Präsident Dwight D. Eisenhower für die friedliche Nutzung der Atomenergie warb. Die Galaxie ist 220 Millionen Lichtjahre von der Erde entfernt und steht im Sternbild Wassermann. Ihre knotenartig ineinander verschlungenen Strukturen entstanden aufgrund der Kollision zweier Galaxien, die später miteinander verschmolzen (Abb.: ESO).



Impressum

CLB
Chemie in Labor und Biotechnik

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Für die Rückgabe unverlangt eingesandter Buchbesprechungsexemplare kann keinerlei Gewähr übernommen werden.

ISSN 0943-6677



NACHRICHTEN & NOTIZEN

Lanxess hat jetzt ein Werk für Ionenaustauscher in Indien eröffnet. Die Anlage wurde in zwei Jahren im Chemiepark Jaghadia im Bundesstaat Gujarat errichtet. Sie verfügt über eine Jahreskapazität von 35 000 Tonnen. Rund 200 Mitarbeiter stellen dort Produkte zur Wasseraufbereitung für die Halbleiter- und Pharmaindustrie sowie für die Nahrungsmittel- und Energiebranche her.

Wiegand International GmbH: Am 1.1.2011 feiert Jörn Wiegand in Hamburg sein 40-jähriges Dienstjubiläum. Nach dem Verkauf der Inlandsaktivitäten 1998 an die Merck KGaA ist die Firma heute überwiegend in allen Ländern der ehemaligen Sowjetunion tätig. Dort werden vorwiegend deutsche Laborgeräte vertrieben.

Linde nahm nach rund zehnmonatiger Bauzeit am Standort Industriepark Werk Gendorf eine Anlage zur Verflüssigung von Kohlendioxid in Betrieb. Mit einer jährlichen Kapazität von bis zu 80 000 Tonnen CO₂ bildet sie einen zentralen Bestandteil des europaweiten Produktionsnetzwerkes des Unternehmens.

DST Diagnostische Systeme & Technologien GmbH wurde beim STEP Award als Sieger in der Kategorie „Prozesse“ ausgezeichnet. Die DST erhielt den Preis für die Gestaltung der Geschäftsprozesse im Rahmen der Entwicklung und Markteinführung ihres neuen FastCheck-POC Allergieschnelltests. Der STEP-Award ist ein jährlich verliehener Preis für Unternehmen aus den Bereichen Life Sciences, Biotech und Medizintechnik.

Bayer MaterialScience will in China fünf neue kundennahe Einrichtungen für insgesamt 110 Millionen Euro bauen. Es geht um drei Systemhäuser für Polyurethan-Schaumstoff sowie eine Produktionsanlage für Polycarbonat-Platten und ein Color Competence and Design Center für die Aufbereitung von Polycarbonat.

BASF hat in Elyria im US-Bundesstaat Ohio den Bau einer mehr als 50 Millionen Dollar teuren Produktionsanlage für Kathoden-Materialien begonnen. Diese sollen in Lithium-Ionen-Batterien von Hybridfahrzeugen und Elektroautos eingesetzt werden. Das amerikanische „Department of Energy“ zahlt 24,6 Millionen Dollar Fördermittel.

SKC (Seoul, Korea) übernimmt 45 Prozent der Anteile an Evonik Degussa Peroxide Korea Co., Ltd. (Ulsan). Die Produktion in Ulsan ist die größte von Wasserstoffperoxid in Korea und dort seit 2006 aktiv. SKC hatte 2008 die weltweite erste Anlage für Propylenoxid nach dem HPPO-Verfahren in Betrieb genommen.

M+W Group (bis 2009: M+W Zander, ein Anlagenbauunternehmen aus Stuttgart) hat einen Vorvertrag über die Planung und Errichtung eines Biotechnologie-Fabrikkomplexes in der sibirischen Stadt Omsk unterzeichnet. Der geplante Fabrikkomplex gilt als ein Schlüsselprojekt zum Aufbau von Anlagen zur Herstellung von Aminosäuren in Russland. Darüber hinaus sollen Vitamine, organische Säuren, biologisch aktive Additive und Pflanzenschutzmittel produziert werden. Zusätzlich ist ein Komplex zur Produktion von Biopolymeren vorgesehen

Neues Joint Venture: Styrolution BASF und Ineos formen 5 Mrd.-Styrol-Unternehmen

Die BASF SE und Ineos Industries Holdings Limited, Lyndhurst, Großbritannien, wollen ihre weltweiten Geschäftsaktivitäten in den Arbeitsgebieten Styrol-Monomere (SM), Polystyrol (PS), Acrylnitrilbutadienstyrol (ABS), Styrolbutadiencopolymere (SBC) und weitere Styrol-basierte Copolymere (SAN, AMSAN, ASA, MABS) sowie Copolymerblends in einem gemeinsamen Joint Venture mit dem Namen Styrolution zusammenführen.

Eine entsprechende Absichtserklärung wurde am 29. November 2010 von den beiden Unternehmen unterzeichnet. Die Gründung des Joint Ventures steht noch unter dem Vorbehalt der Zustimmung der zuständigen Wettbewerbsbehörden.

Das Geschäft mit Polystyrol-Schäumen ist nicht Teil der Transaktion und verbleibt innerhalb der BASF bzw. bei Ineos. Das gilt auch für die zu ihrer Herstellung notwendigen SM- und PS-Kapazitäten der BASF in Ludwigshafen sowie die des SM- und PS-Geschäftes der BASF-YPC Co. Ltd. in Nanjing, China.

Auf Basis der Geschäftszahlen von 2010 will Styrolution einen jährlichen Umsatz von über fünf Milliarden Euro erzielen. Sitz des Unternehmens wird Frankfurt am Main, Deutschland, sein. Die Anteile am Joint Venture werden jeweils zu 50 Prozent von BASF und Ineos gehalten. BASF wird nach Abschluss der Transaktion eine Ausgleichszahlung erhalten.

Vorstandsvorsitzender von Styrolution wird Roberto Gualdoni (54), der 1987 seine Karriere bei der BASF begann. Seit April 2010 leitet Gualdoni den BASF-Unternehmensbereich Styrenics. Finanzvorstand wird Christoph de la Camp (47), der seine Karriere 1994 bei BP p.l.c. begann und seit 2005 für Ineos arbeitet. Er ist gegenwärtig Finanzvorstand des Styrolkunststoff-Unternehmens Ineos Nova.

BASF beabsichtigt ihr Geschäft mit SM, PS, ABS und SBC und das Styrol-basierte Copolymergeschäft an Standorten in Deutschland (Ludwigshafen, Schwarzheide), in Belgien (Antwerpen), in Korea (Ulsan), in Indien (Dahej) und in Mexiko (Altamira) in das Joint Venture einzubringen. Insgesamt beschäftigt BASF rund 1460 Mitarbeiter in ihrem Styrolkunststoff-Geschäft und erwartet 2010 einen Umsatz von mehr als drei Milliarden Euro.

Ineos beabsichtigt ABS-Produktionsanlagen in Deutschland (Köln), in Spanien (Tarragona), in Indien (Vadodara) sowie in Thailand (Map Ta Phut) in das Joint Venture einzubringen. Darüber hinaus wird Ineos auch sein Geschäft mit SM und PS einbringen. Insgesamt beschäftigt Ineos weltweit rund 2200 Mitarbeiter in seinem Styrolkunststoff-Geschäft und erwartet 2010 einen Umsatz von rund zwei Milliarden Euro.

Von links: Callum MacLean, Member of the Board of Ineos, Martin Bruder Müller, Vorstandsmitglied BASF, Roberto Gualdoni, CEO von Styrolution, Jim Ratcliffe, Chairman of Ineos, Jürgen Hambrecht, Vorstandsvorsitzender der BASF (Foto: BASF).



Jobs sicher in Ludwigshafen, Bayer und Roche kleiner

Aktuelle Betriebsvereinbarungen und Restrukturierungen bei Großkonzernen

Die BASF sichert Arbeitsplätze in Ludwigshafen. Bayer baut in Deutschland 1700 Stellen ab, weltweit sogar 4500, aber in Schwellenländern 2500 auf. Roche baut weltweit 4800 Stellen ab. Diese personellen Konsequenzen ergeben sich aus aktuellen Betriebsvereinbarungen bzw. Restrukturierungsmaßnahmen.

Unternehmensleitung und Arbeitnehmervertretungen der BASF SE haben eine neue Standortvereinbarung für das Stammwerk Ludwigshafen unterzeichnet. Die Vereinbarung gilt für die rund 33 000 Mitarbeiter der BASF SE am Standort und den Zeitraum von Anfang 2011 bis Ende 2015.

Ein wesentlicher Bestandteil der Vereinbarung ist der Verzicht auf betriebsbedingte Kündigungen. Zudem wird das Unternehmen bis Ende 2015 insgesamt neun bis zehn Milliarden Euro für die Zukunftsfähigkeit des Standortes aufwenden, zwei Drittel für Investitionen und Modernisierungen, ein Drittel für Forschung und Entwicklung. Beides entspricht dem Niveau der Vorjahre.

Als wichtiges Element der Flexibilisierung sieht die Standortvereinbarung eine Fortführung des „flexiblen Personaleinsatzes“ vor. Während der Wirtschaftskrise waren damit bis zu 600 Mitarbeiter aus Betrieben mit einer geringeren Auslastung zeitlich begrenzt in andere Betriebe gewechselt. Zudem können mehr Mitarbeiter befristet beschäftigt werden.

Bayer investiert – und baut dafür ab

Bayer wird seine Ressourcen noch konsequenter in das Wachstum und die Innovationskraft des Unternehmens investieren, das heißt in die Forschung, Entwicklung und Vermarktung neuer Produkte vor allem bei HealthCare und CropScience sowie in den Ausbau

der Aktivitäten in den Schwellenländern. Dadurch entsteht in den kommenden Jahren ein hoher Investitionsbedarf. Dem stehen ein Umsatz- und Ergebnisdruck aufgrund von Generika-Wettbewerb, steigende Entwicklungskosten sowie Belastungen aus Gesundheitsreformen entgegen. Daher ist geplant, 800 Millionen Euro pro Jahr ab 2013 einzusparen. Davon soll rund die Hälfte reinvestiert werden. Bis Ende 2012 fallen voraussichtlich Einmalkosten in der Größenordnung von einer Milliarde Euro an – ein Teil davon bereits im vierten Quartal 2010.

Im Rahmen dieses Programms sollen bis Ende 2012 rund 2000 der weltweit 108 700 Arbeitsplätze entfallen. Einem Abbau in einer Größenordnung von 4500 Stellen – davon rund 1700 in Deutschland – steht im selben Zeitraum ein Aufbau von rund 2500 Arbeitsplätzen – vor allem in den Schwellenländern – gegenüber. Die Gespräche mit den Arbeitnehmervertretern werden in Kürze aufgenommen. In Deutschland sind aufgrund einer Beschäftigungssicherungsvereinbarung betriebsbedingte Kündigungen bis Ende 2012 ausgeschlossen.

Roche steigert Effizienz – durch 4800 Beschäftigte weniger

Roche hat mit der Umsetzung der „Operational Excellence“ Initiative zum Ziel, die Kostenstruktur in einem zunehmend anspruchsvolleren Marktumfeld anzupassen sowie signifikante Effizienzsteigerungen und Produktivitätsverbesserungen zu erreichen. Die geplanten Maßnahmen sollen die notwendigen Investitionen in Forschung und Produktentwicklung nachhaltig sicherstellen. Die Initiative soll zu Kosteneinsparungen in Höhe von jährlich 2,4 Milliarden Schweizer Franken führen. Die Umsetzung der Maßnahmen ist für 2011 und 2012 geplant.

Im Rahmen der Initiative ist beabsichtigt, über die nächsten zwei Jahre weltweit etwa 4800 Stellen abzubauen, was ca. sechs Prozent des gesamten Personalbestandes entspricht. Der Schwerpunkt des geplanten Abbaus liegt im Vertrieb und in der Produktion. Rund 800 Stellen sollen zusätzlich an andere Roche-Standorte verlagert und etwa 700 Stellen an Drittunternehmen ausgelagert werden. Damit sind insgesamt etwa 6300 Stellen von der Umsetzung betroffen.

Es werden Restrukturierungskosten in Höhe von insgesamt rund 2,7 Milliarden Schweizer Franken in den Jahren 2010 bis 2012 erwartet.

Elektronische Pipette Xplorer:

3 Design-Auszeichnungen in einem Jahr

Die erst Anfang 2010 auf den Markt gebrachte elektronische Pipette wurde im ersten Jahr bereits mit drei Design-Preisen ausgezeichnet. Direkt nach der Markteinführung erhielt die Xplorer bereits im März den „red dot: best of the best“ Award in der Kategorie product design 2010 (Bereich Labortechnik). Im November 2010 kamen zwei Ehrungen dazu: der Golden Pin Award und der iF product design Award. Der Golden Pin Design Award ist einer der berühmtesten Preise für Design in Asien und wird jährlich durch das Ministerium für Wirtschaftsangelegenheiten in Taiwan vergeben. Als dritte Auszeichnung folgte der iF product design Award 2011. Der iF award ist seit seiner Einführung im Jahr 1953 ein beständiges, namhaftes Markenzeichen, wenn es um „ausgezeichnete“ Gestaltung geht. Einfluss auf die Bewertung haben unter anderem die Ergonomie, Materialauswahl, Innovationsgrad und Sicherheit der eingereichten Produkte.



BADW Die Juristin **Bianca Marzocca** ist neue Generalsekretärin der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (BADW). Sie übernimmt die Nachfolge von Eva Regenscheidt-Spies, die in den Ruhestand geht.

FNR Neuer Vorsitzender der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) ist **Jörg Rothermel**, Bereichsleiter Energie-, Klimaschutz- und Rohstoffpolitik des Verbandes der Chemischen Industrie (VCI). Rothermel ist seit 2001 Mitglied im FNR-Vorstand. Turnusgemäß übernimmt er jetzt den Vorsitz von Dr. Klaus Kliem, Landwirt und Präsident des Thüringer Bauernverbandes.

ISME **Michael Wagner**, Professor für mikrobielle Ökologie der Universität Wien, wurde von den Mitgliedern der „International Society for Microbial Ecology“ (ISME) zu ihrem neuen Vizepräsidenten gewählt und wird 2012 Präsident der Gesellschaft werden. Die ISME ist die wichtigste internationale Vereinigung für mikrobielle Ökologen und Forscher in verwandten Disziplinen.

SPECTARIS Der bisherige stellvertretende Geschäftsführer und Politikwissenschaftler **Dr. Tobias Weiler** (47) löst zum Ende des Jahres Geschäftsführer Sven Behrens (42) ab, der den Verband nach rund zehnjähriger Tätigkeit verlässt.

SYGNIS PHARMA AG **Peter Willinger**, Finanzvorstand, und **Dr. Frank Rathgeb**, Medizinalvorstand, werden ab 2011 gemeinsam das Unternehmen in Heidelberg leiten, nachdem Dr. Alfred Bach sein Amt als Vorstandsvorsitzender und Mitglied des Vorstands zum Ende des Jahres niedergelegt hat.

VBU Die Vereinigung Deutscher Biotechnologie-Unternehmen (VBU) wählte als ihren neuen Vorstandsvorsitzender **Prof. Dr. Jörg Vienken** (Fresenius Medical Care Deutschland GmbH, Bad Hom-

burg); seine Stellvertreterin ist nun **Dagmar Schwertner** (BioGenes GmbH, Berlin).

VDE **Dipl.-Ing. Alf Henryk Wulf** (48), Vorstandsvorsitzender der Alcatel-Lucent Deutschland AG, ist für zwei Jahre zum neuen VDE (Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.)-Präsidenten gewählt worden. Zum 1. Januar 2011 tritt er die Nachfolge von Dr.-Ing. Joachim Schneider an, Mitglied des Vorstands der ABB AG.

EHRUNGEN

Prof. Dr. Jürgen Gmehling (64) von der Universität Oldenburg wurde von der Fachgruppe Chemie-Information-Computer (CIC) der Gesellschaft Deutscher Chemiker mit der **Gmelin-Beilstein-Denk-münze** ausgezeichnet. Gmehling erhält die mit einem Geldpreis von 7500 Euro verbundene Silbermedaille für seine Arbeiten auf dem Gebiet der Stoffdatenbanken und zur Stoffdatenvorhersage für die chemische Industrie und Verfahrenstechnik. Seine Methoden werden weltweit sowohl in der akademischen Forschung als auch in der industriellen Praxis genutzt.

Zum zweiten Mal wurden die jeweils mit 10000 Euro dotierten „**Bayer Early Excellence in Science Awards**“ der „Bayer Science & Education Foundation“ an drei Nachwuchswissenschaftler vergeben. **Dr. Andreas Walther** von der Aalto University in Helsinki/Finnland erhielt den Preis in der Kategorie Materialien für die Entwicklung perlmuttartiger biomimetischer Materialien, die außergewöhnliche Eigenschaften in Bezug auf mechanische Stabilität und Flammenschutz aufweisen. **Prof. Dr. Nicolai Cramer** von der École polytechnique fédérale de Lausanne/Schweiz wurde in der Kategorie Chemie für seine Entwicklungen und Untersuchungen neuer katalytischer metallorganischer Reaktionen zur Aktivierung

von Kohlenstoff-Wasserstoff- und Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindungen ausgezeichnet. **Dr. Oliver Daumke** vom MDC für Molekulare Medizin in Berlin wurde für seine Beiträge zur Aufklärung von Struktur und Funktion von GTP-bindenden (G-)Proteinen geehrt.

Der **Eppendorf & Science** Prize for Neurobiology 2010 wurde an den kanadischen Forscher **Dr. Christopher Gregg**, Postdoctoral Fellow an der Harvard University, für seine Forschung auf dem Gebiet der maternalen und paternalen Genexpression im Gehirn verliehen. Sein Schwerpunkt ist die Untersuchung von Genen, deren Expression sich in den Gehirnen der Nachkommen verändert, und zwar abhängig davon, ob sie vom Vater oder von der Mutter vererbt wurden. Der jährlich vergebenen Preis ist mit 25000 US-Dollar dotiert, geht an maximal 35-jährige Wissenschaftler.

Die Gesellschaft zur Förderung der Westfälischen Wilhelms-Universität zu Münster hat den mit 20000 Euro dotierten **Ernst-Hellmut-Vits-Preis** an **Prof. Dr. Stefan W. Hell** (48) vergeben. Der Physiker und Direktor am MPI für Biophysikalische Chemie in Göttingen wurde damit für seine Arbeit im Bereich der optischen Mikroskopie ausgezeichnet. Die von ihm entwickelte „Stimulated Emission Depletion“- (STED-) Mikroskopie macht es möglich, Prozesse im Inneren von lebenden Zellen zu beobachten.

Prof. Dr. Gisela Drews vom Pharmazeutischen Institut der Universität Tübingen ist mit dem **Phoenix Pharmazie Wissenschaftspreis für die Disziplin Pharmakologie** ausgezeichnet worden. Sie erhielt den mit 10000 Euro dotierten Preis für eine Publikation zur Diabetes-Forschung. Dort wird beschrieben, wie beim Typ-2 Diabetes die beta-Zellen der Bauchspeicheldrüse durch bestimmte Wirkstoffe besser vor oxidativem Stress geschützt werden können.



Gregg



Hell



Weiler



Wulf



Wagner



Rothermel



Walther



Cramer



Daumke

Nachwuchsforscher mit hochdotiertem Sofja Kovalevskaja-Preis ausgezeichnet

Die **Alexander von Humboldt-Stiftung** zeichnet 17 Nachwuchsforscherinnen und -forscher mit dem **Sofja Kovalevskaja-Preis** aus. Jeder der 13 Forscher und vier Forscherinnen erhält bis zu 1,65 Mio. Euro Preisgeld und kann damit fünf Jahre lang an einem selbst gewählten Forschungsinstitut in Deutschland arbeiten und eine eigene Nachwuchsforschergruppe aufbauen. Die Auszeichnung ist einer der höchstdotierten Wissenschaftspreise Deutschlands und wird vom BMBF finanziert. Sofja Kovalevskaja wurde am 15. Januar 1850 in Moskau geboren. 1869 reiste sie nach Heidelberg, um Mathematik und Naturwissenschaften zu studieren; nach drei Semestern wechselte sie nach Berlin. 1874 promovierte sie an der Universität Göttingen, und bekam 1884 schließlich eine Anstellung als Privatdozentin in Stockholm. Bis dahin hatte sie als Frau stets mit extremen Benachteiligungen und Hindernissen zu kämpfen. 1889 erhielt sie als eine der ersten Frauen in Europa einen Lehrstuhl an der Universität Stockholm. Sie wurde Miterausgeberin der Zeitschrift „Acta Mathematica“, knüpfte Kontakte zu Mathematikern in Paris und Berlin und organisierte internationale Konferenzen. Ihre weitere Forschung brachte ihr 1889 den Preis der Schwedischen Akademie der Wissenschaften ein und noch im selben Jahr wurde sie Mitglied der St. Petersburger Akademie der Wissenschaften. Sie starb schon am 10. Februar 1891 in Stockholm an den Folgen einer Lungenentzündung.

Nachfolgend Preisträger mit Forschungsarbeiten zu CLB-Themen:

Anorganische Chemie: Der Chemiker **Dr. Shigeyoshi Inoue** (geboren 1980 in Japan) untersucht Organometallverbindungen, die zu den unverzichtbaren Bestandteilen vieler Katalysatoren für die abfallfreie und energiesparende chemische Umwandlung von Rohöl in industriellen Prozessen gehören. Während Metall-Kohlenstoff-Mehrfachbindungen bestens erforscht sind, ist über Alternativen wie Metall-Silicium-Mehrfachbindungskomplexe wenig bekannt. Diese könnten als wirksame Katalysatoren dienen, um kleine, reaktionsträge Moleküle für Synthesen von komplexen organischen Molekülen, Pharmazeutika und Polymeren zu aktivieren.

Organische Chemie: Der Chemiker **Dr. Gustavo Fernandez Huertas** (geboren 1979 in Ávila, Spanien) möchte am Beispiel von Oligomeren herausfinden, wie und warum Moleküle miteinander reagieren, und ob sie sich durch externe Reize wie Metallionen oder Licht steuern lassen. Intelligente Materialien, deren Eigenschaften gezielt beeinflusst werden können, sollen neue Anwendungen in der Sensorik und der Biomedizin ermöglichen.

Organisch-chemische Technologie: Der Chemiker **Dr. Roberto Rinaldi** (geboren 1979 in Brasilien) hat katalytische Prozesse entwickelt, mit denen Cellulose aufgelöst und dann zu kleineren Molekülen abgebaut werden kann, aus denen sich wiederum Basischemikalien herstellen lassen. In seinem Projekt dehnt Rinaldi diesen Ansatz auch auf Lignin aus, welches Zugang zu Verbindungen bietet, die aus dem Celluloseanteil der Biomasse nur unter Schwierigkeiten synthetisiert werden können. Nachhaltige Anwendungsfelder in der Zukunft sind nicht nur die umweltfreundliche Gewinnung von Energie, sondern auch die Nutzung neuer Biowerkstoffe.

Festkörperphysik und Chemie: **Dr. Lapo Bogani** (geboren 1978 in Italien) befasst sich mit der Synthese und Charakterisierung von Nanomagneten sowie mit der Nutzung von Kohlenstoff-Nanostrukturen für Messgeräte und elektronische Bauteile. Es ist ihm gelungen, die ersten hybriden Nanostrukturen von Kohlenstoff-Nanoröhrchen und Einzelmolekülmagneten herzustellen. Boganis Ziel ist es, hochempfindliche Geräte zu entwickeln, um Magnetisierungsprozesse eines einzelnen Moleküls/Atoms beobachten zu können. In Zukunft könnten Nanomagneten Computerfestplatten mit besonders hoher Speicherdichte ermöglichen und wichtige Bausteine für Quantencomputer sein.

Biotechnologie: Der Chemiker **Dr. Dmitry Volodkin** (geboren 1979 in Russland) untersucht, wie sich adhärente Zellen, also Zellen, die außerhalb des Organismus an einer Oberfläche anwachsen und sich teilen, auf die Beschaffenheit der Oberfläche reagieren. Volodkin nutzt ultradünne Schichten aus diversen Polyelektrolyten und modifiziert sie so, dass sie sich durch externe Stimuli, etwa Laserlicht, in ihren Eigenschaften schalten lassen. Anwendbar ist dieses Konzept bei Stammzellen, die künftig zur Behandlung degenerativer Krankheiten dienen. Zellen des Immunsystems sollen stimuliert und neue Medikamente an Gewebeproben zuverlässiger und ohne Tierversuche getestet werden.

Neurobiologie: Die Molekularbiologin **Dr. Camin Dean** (geboren 1971 in den USA) untersucht die Mechanismen, die die Synapsen in unserem Gehirn in der Balance halten. Steigt die Signalstärke zu sehr an, kann es zu Schädigungen oder epileptischen Anfällen kommen. Dean hat herausgefunden, welches Protein die Stärke von Synapsen auf einen sinnvollen Bereich einstellt, indem es die Freisetzung eines Neurotrophins kontrolliert, eines Signalstoffes, der nicht nur die synaptische Plastizität, sondern auch die Bildung neuer Synapsen beeinflusst. Die Ergebnisse dieser Forschung über die synaptische Plastizität können dazu beitragen, Erkrankungen wie Alzheimer, Morbus Parkinson und Epilepsie besser behandeln zu können.

Pflanzengenetik: Die Biologin und Chemikerin **Dr. Isabel Bäurle** (geboren 1974 in Deutschland) erforscht die Anpassung von Pflanzen an anhaltenden oder immer wiederkehrenden Stress. Sie will am „Gedächtnis“ der Arabidopsis (Ackerschmalwand) zeigen, wie Pflanzen auf molekularer Ebene Umwelteinflüsse wie beispielsweise Hitze speichern und wie Pflanzen überhaupt ohne Nervensystem ein zelluläres Gedächtnis entwickeln. Sie untersucht, wie sich dieses Gedächtnis während der Evolution verändert, um Pflanzen anpassungsfähig für verschiedene Lebensräume zu machen. Die erhofften Einsichten sind auch von wirtschaftlicher Bedeutung und könnten neue Ansätze für die Optimierung von Erträgen liefern.



Inoue



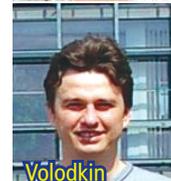
Huertas



Rinaldi



Bogani



Volodkin



Dean



Bäurle

Das Geheimnis der Lebensuhr

Telomere, die Schutzkappen der Chromosomen

Mechthild Kässer, Diekholzen

Alter und Tod kamen mit der Arbeitsteilung der Zellen in die Welt. Während spezialisierte Zellen Fähigkeiten einbüßten, beherrschen Einzeller noch alle Lebensäußerungen. Ab und zu teilen sie sich, aus einem entstehen zwei Einzeller, die zu voller Größe heranwachsen, leben und sich wieder teilen und eigentlich unsterblich sind – es sei denn, sie werden von Feinden zerstört oder gehen an ungünstigen Umweltbedingungen zugrunde (Abbildung 1). In mehrzelligen Organismen bis hin zum Menschen dagegen ist die Lebensspanne der Zellen auf eine bestimmte Zeit begrenzt, sie altern und sterben. Ausgenommen sind nur die Keimbahnzellen, aus denen Ei- und Samenzellen entstehen, sowie Stammzellen und Krebszellen. Diese drei Arten können praktisch ewig leben. Die Aufklärung, wie diese programmierte Zellalterung auf molekularer Ebene vor sich geht, verspricht, das Schicksal der Zellen zu ändern, sie zu verjüngen oder wenigstens das Altern und seine beschwerlichen Seiten hinauszuzögern – und noch mehr: neue Krebsmedikamente.

Was war geschehen, als sich vor etwa zwei Milliarden Jahren die ersten ein- und mehrzelligen Lebewesen mit echtem Zellkern entwickelten? Antworten auf diese Fragen fand man erst in den 70er und 80er Jahren, als Zellbiologen Bau und Arbeitsweise der Chromosomen mit modernen Methoden genauer untersuchten. Schon lange war bekannt, dass einfachste Lebewesen ohne Zellkern, wie Bakterien und Archäobakterien, ihr Erbgut in Form von DNS-Ringen organisiert haben. Höher stehende Organismen dagegen zeichnen sich durch einen Zellkern aus, der von einer Membran umhüllt ist und die umfangreichere Erbsubstanz in gut zu handhabenden Portionen, den Chromosomen, enthält.

Allerdings bedeuten Abkehr von der ursprünglichen Ringform und Aufteilung auf viele gestreckte Einheiten auch Risiken. Gerade die beiden Chromosomen-Enden sind Schwachstellen, die den unversehrten Erhalt des Erbguts gefährden.

Die Autorin:

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



Abbildung 1: Nur einige einfache Organismen wie etwa der Süßwasserpolyp *Hydra viridis* hier besitzen hinsichtlich ihrer biologischen Funktion Unsterblichkeit (Abb.: Ralf Wagner).

Schwachpunkte der Chromosomen

Offene Enden einer DNS-Helix werden sogleich von Enzymen der Zelle angegriffen: Exonukleasen bauen die Ketten Nukleotid um Nukleotid ab. Auch für Reparationsenzyme lösen freie DNS-Enden Alarm aus, und der vermeintliche Bruch wird sofort geheilt, d. h. Chromosomen werden an den Spitzen zusammengefügt mit der Folge, dass das Erbgut seine Ordnung völlig verliert. Beides, Abbau und Verschmelzung der Chromosomen, wäre für die Zelle tödlich. Da dies aber normalerweise nicht geschieht, müssen die Chromosomen-Enden irgendwie geschützt sein. Genetiker tippten auf einen einzigartigen Aufbau.

Noch ein weiterer Grund lenkte das Interesse auf die Endabschnitte der Chromosomen und ihre Struktur: Bei der Verdopplung der Chromosomen vor einer Zellteilung, der Replikation der DNS, taucht ein Problem auf: Einer der beiden DNS-Strängen lässt sich grundsätzlich nicht bis zum letzten Baustein kopieren. Für die Chromosomen bedeutet dies, dass sie mit jeder Teilung

kürzer werden, für die Zelle, dass sie allmählich lebensnotwendige Information verliert und stirbt. Zellen mit ringförmiger DNS kennen diese Schwierigkeit naturgemäß nicht, aber wie lösen Stamm-, Keim- und Krebszellen das Problem des Replikationsendes? Auch dieses Geheimnis liegt, so vermutete man, im Bau der Chromosomen-Enden verborgen.

Das End-Replikationsproblem

Bei der Verdopplung der Chromosomen-DNS (Abbildung 2) trennen sich die beiden Elternstränge, von einer Stelle ausgehend, wie ein defekter Reißverschluss. Polymerase-Enzyme ergänzen, nach beiden Seiten fortschreitend, jeden einzelnen Elternstrang, der als Vorlage dient, wieder zu einem komplementären Doppelstrang.

Die Polymerase arbeitet dabei immer vom 3'- zum 5'-Ende der Matrize. Sie nutzt einen Starter (Primer), um an ihm die neue Kette anzusetzen. Vom Ursprung der Synthese und einem ersten Starter aus entsteht der eine Tochterstrang (Leitstrang) stetig in Richtung der wandernden Gabelung, bis das Ende der Matrize erreicht ist. Da die beiden DNS-Stränge in der Doppelhelix aber gegenläufig angeordnet sind, kann der andere, der Folgestrang, nicht in gleicher Weise kontinuierlich entstehen. Vielmehr wird er aus vielen kürzeren Abschnitten, die ebenfalls vom 3'- zum 5'-Ende der Matrize wachsen, zusammengesetzt, und diese „Okazaki-Bruchstücke“ reihen sich – in Richtung auf die Gabelung zu – aneinander. Für jede neue Teilstrecke wird ein Primer ge-

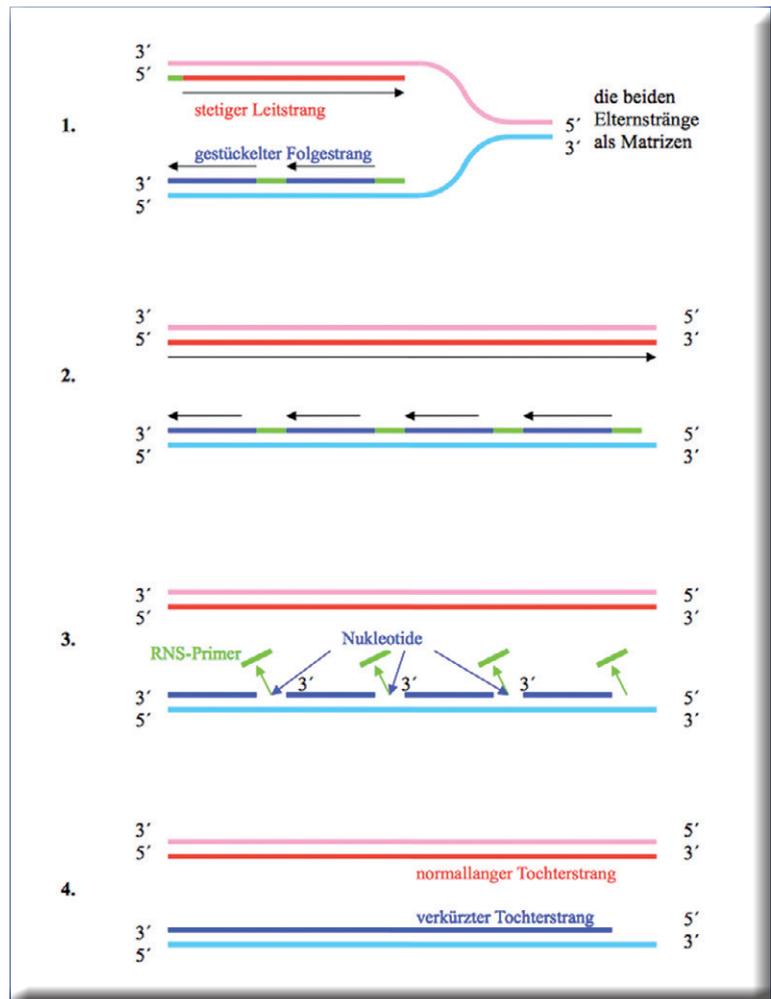
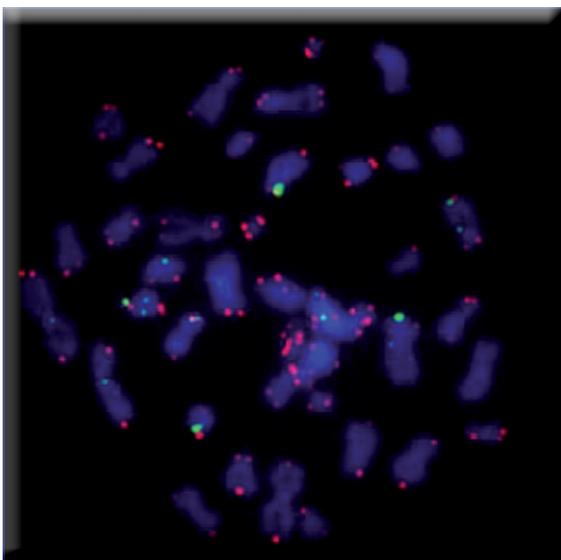


Abbildung 2: Da die Polymerase einen komplementären Nukleotidstrang nur in 5'-3'-Richtung synthetisieren kann, und immer an ein vorhandenes 3'-Ende anbaut, bleibt bei den Folgesträngen nach Entfernung der Primer die Lücke am Ende unaufgefüllt, d. h. bei jeder Zellteilung erreicht der Folgestrang nicht die Länge seiner Matrize und verliert Information (Abb: Kässer).

Abbildung 3: Telomere (rot-fluoreszierend) an den Enden von humanen Chromosomen (blau) unter einem Fluoreszenzmikroskop (Abb.: A. J. Nakamura, C. E. Redon, W. M. Bonner, O. A. Sedelnikova).



setzt, den andere Enzyme am Ende der Replikation wieder entfernen. Polymerase füllt die dabei zurückbleibenden Lücken mit Nukleotiden auf, nicht jedoch an der Stelle, wo der letzte Primer am Ende der Vorlage saß. Hier fehlt ein 3'-Ende zum Start. Das letzte Stück des neuen Strangs bleibt daher um einige Nukleotide kürzer als die Matrize.

Erkannt hatte dies 1972 schon James Watson, der zusammen mit Francis Crick das Modell der Doppelhelix entwickelt hatte. Der Verlust bei jeder Zellteilung erhöht sich durch weitere folgende Vorgänge auf 50-200 Basenpaare [1].

Untersuchung der Telomere

Bereits vor 70 bis 80 Jahren erkannten die Zellgenetiker McClintock [2] und H. Muller [3], wie wichtig die Endabschnitte der Chromosomen für deren Stabilität sind. Sie beobachteten zeitgleich bei Mais bzw. bei der Fruchtfliege, wie durch

Puffer- und Schutzkappen der Chromosomen

Ein erster Einblick in die Telomer-Struktur gelang E. H. Blackburn 1978 [4]. Sie klärte erstmals eine Telomersequenz auf, und zwar die eines einzelnen Wasserbewohners, des Wimperntierchens der Gattung *Tetrahymena*. Erstaunlicherweise war die DNS auf den ersten Blick alles andere als aufregend, bestand sie doch aus eintönigen rund 70fachen Wiederholungen der Folge 5'-TTGGGG-3'. Inzwischen wurden ähnliche Sequenzen bei allen Eukaryonten bis hin zu Maus und Mensch gefunden. Beim Fadenwurm etwa lautet sie 5'-TTAGGC-3', bei Wirbeltieren 5'-TTAGGG-3'. Dass sie während der Evolution der Arten weitgehend unverändert geblieben ist, beweist ihre große Bedeutsamkeit für die Zelle.

Man kann sich leicht vorstellen, dass die Wiederholungen immer derselben DNS-Folge, die selbst keine Erbinformation enthält, eine Art telomere Pufferzone bilden: Unbeschadet kann sich die Zelle zigmal teilen und dabei allmählich ihre Schutzkappen aufbrauchen (Abbildung 4 unten). Erst ab einer kritischen Grenze verliert sie lebenswichtige Gene und begeht Selbstmord. Telomere bestimmen daher wie eine innere Uhr – über ihre anfängliche Länge – die Lebenszeit einer Zelle und des gesamten Organismus. Theoretisch verlieren sie bei jeder Zellteilung 200 Basenpaare; der Schwund ist aber abhängig von der Zellsorte. In menschlichen Blutzellen z. B. soll die Telomerenlänge von etwa 8000 Basenpaaren bei der Geburt stetig auf 1500 im Alter von 65 Jahren abnehmen. Außerdem sind Telomere bei Männern im Allgemeinen kürzer als die der Frauen. [5]

Und Dolly, das erste, aus einer ausgereiften Körperzelle geklonte Schaf, soll schon bei seiner Geburt mit den kürzeren Telomeren seiner Mutter belastet gewesen sein: Die Länge betrug statt 23 900 Basen nur 19 140 Basen, bei einer jährlichen Verkürzung von etwa 590 Basen. Biologisch kam Dolly also schon alt zur Welt, litt früh unter Arthritis und musste relativ bald eingeschläfert werden.

Bevor die telomere Lebensuhr jedoch endgültig abläuft, greift die Zelle im Allgemeinen auf eine naheliegende Schutzmaßnahme zurück: Sie hört auf, sich zu teilen. Schon in der 60er Jahren beschrieb L. Hayflick [6], dass menschliche embryonale Fibroblastenzellen in Kultur nach etwa 50 Teilungen in einen irreversiblen Ruhezustand, die Seneszenz, fielen. Bei diesem Alterungsprozess erhalten sie die meisten Zellfunktionen aufrecht, stellen aber weitere Teilungen ein. Und die Arbeitsgruppe um C. B. Harley [7] berichtete, dass in einer Zellkultur die mittlere Telomerenlänge stetig abnimmt und sich bei Erreichen der Seneszenz

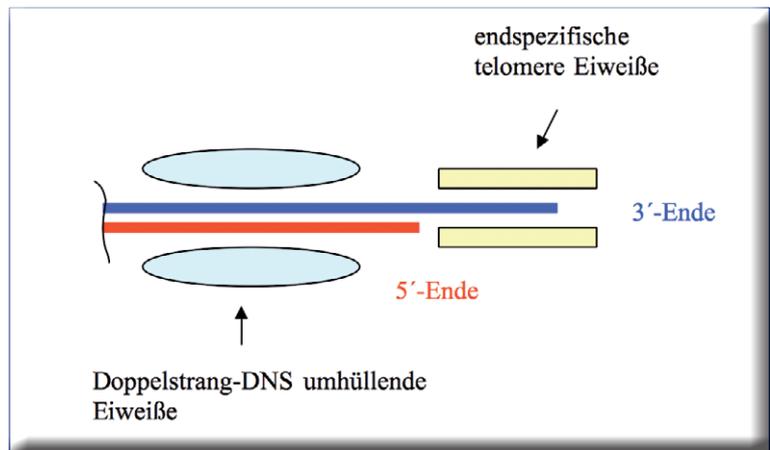


Abbildung 5: Die telomere Doppelstrang-DNS ist am 3'-Ende länger als am 5'-Ende. Doppelstrang und Einzelstrang sind von speziellen Eiweißen abgeschirmt (Abb.: Kässer).

auf ein kritisches Maß von 5-7 tausend Basenpaaren eingependelt hatte.

Ein weiterer Meilenstein bei der Erforschung der Telomere war ein denkwürdiges Experiment der Genetiker Szostak und Blackburn [8]: J. Szostak hatte beobachtet, dass seine künstlichen Minichromosome, die er in Hefezellen einschleuste, dort regelmäßig in kurzer Zeit abgebaut wurden. Da erregte die Telomeranalyse seiner Kollegin Blackburn seine Aufmerksamkeit und bald kamen beide Forscher überein, dass Blackburn die beschriebene Telomersequenz zur Verfügung stellen und Szostak sie an die Enden seiner Minichromosome anfügen und diese wieder in Hefezellen einbringen wollte. Zur allgemeinen Überraschung und Freude gelang das Vorhaben: Die Telomere des Wimperntierchens waren in der Lage, die künstlichen Minichromosome vor dem Abbau in Hefezellen zu bewahren (Abbildung 4 Mitte). Da dieser Schutz sogar über die Artengrenze hinweg wirksam war, schlossen die Forscher, dass hier ein allgemein gültiger Mechanismus zugrunde liegen musste. Wie er jedoch im Einzelnen funktioniert, blieb noch unklar. Man vermutete zunächst, dass schützende Eiweiße die Enden abschirmen (Abbildung 5).

Einzigartiger Bau der Telomere

Erst Ende der 90er Jahre zeichnete sich ein schärferes Bild der räumlichen Telomer-Struktur ab (Abbildung 6). Nach elektronenmikroskopischen Aufnahmen bildet das Telomer-Ende eine Schlaufe. Der besonders gefährdete einsträngige Überhang am 3'-Ende, bei Menschen etwa 100-200 Basen lang, schließt den Ring, indem er sich im Doppelstrang verbirgt. Dazu löst er dort die bestehenden Bindungen und verdrängt den einen Strang, um selbst mit dem anderen, ihm komplementären Strang eine neue Bindung einzugehen. Dies fällt ihm nicht schwer, da sich Telomere aus immer

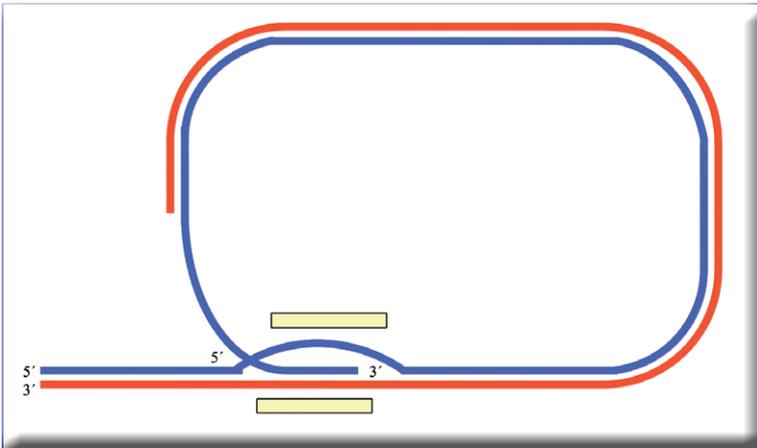


Abbildung 6: Skizze des Telomeren-Endes. Wie elektronenmikroskopische Aufnahmen zeigen, endet ein Chromosom in einer telomeren Schleife oder T-Schleife (T-loop). Sie ist begleitet von Eiweißen (hier fehlend). Der 3'-Überhang liegt geborgen in einer dreisträngigen Verdrängungsschleife, der D-Schleife, die von Eiweißen (hellgelb) stabilisiert wird (Abb. 6 und 7: Kässer).

dem gleichen kurzen Sequenzmotiv zusammenzusetzen. Es entsteht ein dreisträngiger Abschnitt, die D-Schleife (displacement loop; Abbildung 6). Stabilisiert wird sie durch eine spezielle Eiweißgruppe, den Shelterin-Komplex. Weitere wichtige Proteine im Bereich der T-Schleife sind an der Steuerung der Telomerase beteiligt.

Diese neu entdeckte Anordnung erklärt, warum weder abbauende Exonukleasen noch reparierende Enzyme einen Ansatzpunkt vorfinden. Ungeklärt blieb aber zunächst, wie einige Zellarten die Länge ihrer Telomere trotz Zellteilungen erhalten können.

Telomerase

Einzeller sind in der Lage, ihre Lebensuhr immer wieder aufzuziehen. Dies gelingt ihnen, wie Versuche an Wimperntierchen und Hefe zeigten, indem sie die Enden ihrer Chromosomen durch Anhängen neusynthetisierter DNS verlängern. Die üblichen Polymerasen sind dazu nicht im Stande, sie brauchen außer einem Ansatzstück für die Synthese auch eine Matrize, die ihnen die Sequenz vorgibt. Auf der Suche nach dem unbekanntem Enzym entdeckten C. Greider und E. Blackburn 1984, wie ihre künstlich hergestellten Oligonukleotide aus vier TTGGGG-Einheiten in zellfreiem Wimperntierchen-Extrakt um weitere Einheiten verlängert wurden [9]. Offensichtlich wirkten die Oligonukleotide wie Primer. Anders die komplementären Gegenstücke aus CCCCAA-Bausteinen oder andere, nicht-telomere DNS-Folgen: Diese blieben unverändert.

Weitere Versuche ergaben, dass es ein Eiweiß-Enzym im Extrakt war, das für die Reaktion verantwortlich ist. Es erhielt den Namen Telomerase. Als Besonderheit bringt es die Matrize für den An-

bau neuer telomerer Folgen selbst mit; und zwar in Form eines eingebauten RNS-Strangs (Abbildung 4, Telomerase des Wimperntierchens). Beim Menschen enthält die Telomerase-RNS die Folge CAAUCCCAAUC, komplementär zur Telomersequenz TTAGGG. Inzwischen geht man davon aus, dass alle Lebewesen mit kernhaltigen Zellen auch Telomerase mit artspezifischer Matrizen-RNS besitzen.

Die Telomerase baut, nachdem das 3'-Ende des Telomers aus der D-Schleife enzymatisch befreit wurde, durch reverse Transkription ein Sequenzmotiv an, rückt vor und beginnt mit der Synthese einer weiteren Folge. Die Ergänzung zum Doppelstrang wird durch eine besondere DNS-Polymerase α vermittelt, die ohne gesetzte Primer auskommt (Abbildung 7).

In unseren Körperzellen ist die Telomerase grundsätzlich nicht aktiv. Das bedeutet, dass Altern nicht nur durch Verschleiß des Körpers verursacht wird, sondern vielmehr ein Schicksal ist, das von Natur aus in den Zellen einprogrammiert ist.

Jungbrunnen-Enzym – „Unsterblichkeitsenzym“?

Schon bald nach der Entdeckung war die Begeisterung groß über ein Enzym, das Telomere erhält und dadurch Zellen und Organismen Unsterblichkeit verleihen könnte. War das Altern doch vermeidbar? Es müsste ja nur gelingen, auch in Körperzellen die Telomerase anzuschalten. Aber Mediziner dämpften bald den Optimismus: Mit der Zeit würden sich in den Zellen zu viele Fehler anhäufen, die Gefahr einer krankhaften Entartung würde stark ansteigen.

Diese Gefahr sehen auch Forscher der Harvard Medical School in Boston. Ihnen ist jedoch etwas Besonderes gelungen: Bei Versuchen mit speziellen Mäusen, die Telomerase nicht selbst herstellen können – bei ihnen heilen zum Beispiel Wunden schlechter, sie leiden unter Gewebeschwund und Organversagen – aktivierten sie die Produktion von Telomerase. Ergebnis: Altersbeschwerden wurden nicht nur gestoppt, sondern sogar rückgängig gemacht [10]. Es erneuerte sich etwa Milz- und Darmgewebe. Sogar einer Degeneration von Nervengewebe wurde entgegengewirkt. Die Neubildung von Neuronen verbesserte sogar den Geruchssinn der Mäuse.

Auch wenn in diesen Mäusen keine Tumoren gebildet wurden sehen Wissenschaftler diese Krebsgefahr jedoch als real an, da die durch Telomerase vermittelten Zellteilungsmechanismen auch dem unkontrollierten Wachstum von Krebszellen in die Hand spielen. Die natürliche Telomerverkürzung ist nach Ansicht der Forscher vielmehr ein wertvoller Schutz vor Krebs. Und so sucht die

Medizin eher nach Telomerase-Hemmern, die auf eine neue Klasse von Krebsmedikamenten hoffen lässt. Schließlich ist in 95 % aller Arten von Tumorzellen die Telomeraseaktivität erheblich hochreguliert mit der Folge, dass die krankhaften Zellen sich praktisch ohne Ende teilen und nicht mehr altern und absterben.

Universelle Krebsmedikamente

Einer der ersten Telomerasehemmer, der es in klinische Studien gebracht hat, ist der Wirkstoff Imetelstat der amerikanischen Pharmafirma Geron. Hinter diesem Namen verbirgt sich „ein kurzkettiges Oligonukleotid, das stark und spezifisch eine Bindung mit dem katalytischen Bereich der Telomerase eingeht. Eine angebaute Lipidkette befähigt es, die Zellmembranen zu durchdringen“. Da es einen Mechanismus angreift, der bei den meisten Krebsarten von Bedeutung ist, sollte es alle Arten von Krebs bekämpfen können. Wissenschaftler um J. Shay [11] zeigten, dass Imetelstat die Telomerase nicht nur in Tumorzellen blockiert und die Teilungsfreudigkeit herabsetzt, sondern auch in den Tumorstammzellen, dem Kern des Geschwürs. Gerade Stammzellen widerstehen nämlich häufig den üblichen Krebstherapien wie Bestrahlung und Chemotherapie und lassen Krebs nach Behandlung wieder aufleben. Imetelstat zusammen mit herkömmlicher Standardtherapie hilft nachweislich bei Brust- und Lungenkrebs und sogar bei den besonders problematischen Hirntumoren, da es die Blut-Hirn-Schranke passieren kann.

Auch Wissenschaftler um M. Lei [12] von der Universität Michigan, die sich mit der Steuerung der Telomerase beschäftigen, haben Eiweiße entdeckt, die in die Tätigkeit des Enzyms eingreifen. Die Forscher sind überzeugt, durch gezielte Blockierung dieser Proteine die Telomerase in Tumorzellen ausschalten zu können, und suchen nun nach Peptiden oder anderen kleinen Molekülen, welche die steuernden Proteine nachahmen, als zukünftige Krebsmedikamente. **CLB**

Literatur

[1] R. J. Wellinger, K. Ethier, P. Labrecque, V. A. Zakian (1996) Evidence for a New Step in Telomere Maintenance, *Cell* 85 (3) S. 423-433

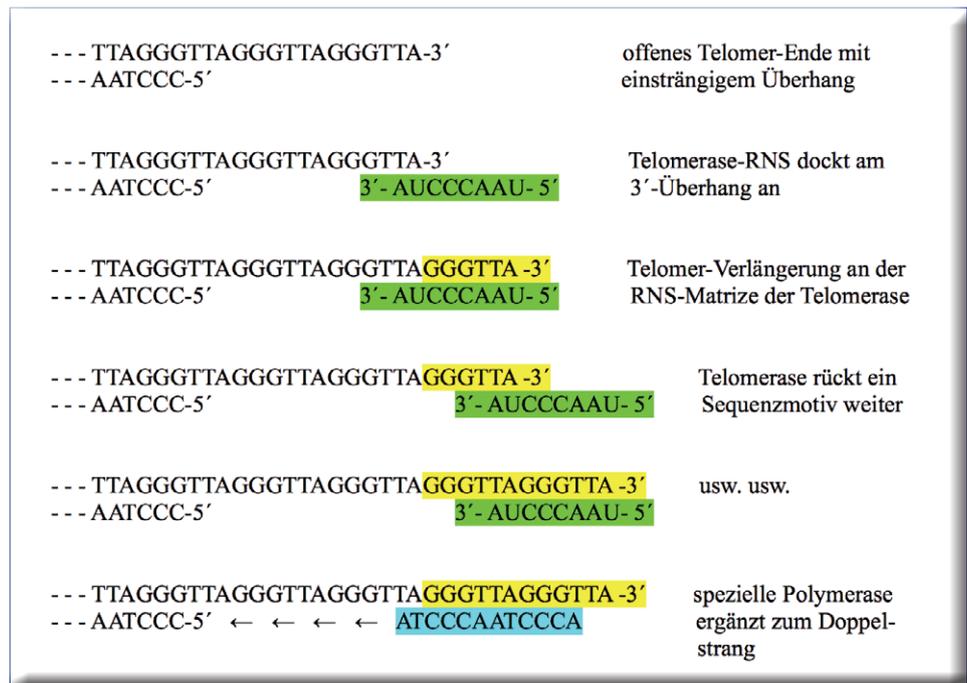


Abbildung 7: Telomerase verlängert ein Telomer mit der menschlichen Telomersequenz.

- [2] B. McClintock (1941) The stability of broken ends of chromosomes in *Zea mays*. *Genetics* 26, S. 234-282
- [3] HJ. Muller: The remaking of chromosomes (1938) *The Collecting Net-Woods Hole* 13, S. 181-198
- [4] E. H. Blackburn, J. G. Gall (1978) A tandemly repeated sequence at the termini of the extrachromosomal ribosomal RNA genes in *Tetrahymena*, *J Mol Biol* 120, S. 33-53
- [5] P. Möller, S. Mayer, T. Mattfeldt, K. Müller, P. Wiegand, S. Bruderlein (2009) Sex-related differences in length and erosion dynamics of human telomeres favor females, *Aging* 1, S. 733-739
- [6] L. Hayflick (1979) The cell biology of aging, *The journal of investigative dermatology* 73, S. 8-14
- [7] CB. Harley, AB. Futcher, CW. Greider (1990) Telomeres shorten during aging of human fibroblasts, *Nature* 345, S. 458-460
- [8] JW. Szostak, EH. Blackburn (1982) Cloning yeast telomeres on linear plasmid vectors, *Cell* 29, S. 245-255
- [9] CW. Greider, EH. Blackburn (1985) Identification of a specific telomere terminal transferase activity in *Tetrahymena* extracts, *Cell* 43, S. 405-13
- [10] M. Jaskelioff, F. L. Muller, J. Paik, E. Thomas, S. Jiang, A. C. Adams, E. Sahin, M. Kost-Alimova, A. Protopopov, J. Cadiñanos, J. W. Horner, E. Maratos-Flier, R. A. DePinho: Telomerase reactivation reverses tissue degeneration in aged telomerase-deficient mice, *Nature advance online publication* 28 November 2010; doi:10.1038/nature09603; 2010
- [11] J. W. Shay et al. (2010) The Telomerase Antagonist Imetelstat, *Clinical Cancer Research* 16, S. 154
- [12] Z. Zeng, W. Wang, Y. Yang, Y. Chen, X. Yang, J. A. Diehl, X. Liu, M. Lei (2010) Structural Basis of Selective Ubiquitination of TRF1 by SCFFbx4, *Developmental Cell* 18, S. 214-225



Das Online-Magazin
für Labor und Analytik

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



Labor Magazin ANALYTIK NEWS

Sitemap Profisuche

Labor Magazin

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

LAB-SUPPLY Special

Labor interaktiv

- Diskussionsforum
- Stellensuche
- Gebrauchtes

Labor Branchenbuch

Labor Linktips

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

Ihr Ansprechpartner



Torsten Beyer

Weitere Webseiten

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

++ ANALYTIK NEWS Aktuell ++

Produkte
Stellenangebote
Veranstaltungen
Nachrichten
Fachartikel
Links

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

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



An indispensable resource for synthetic chemists

● 6.0 million molecules
 ● 2.8 million reactions

Produktneuheiten

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

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

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

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

Stellenangebote

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

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

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

--> alle Stellenangebote

Metrohm

Ionenanalytik

Titration



Ionenchromatographie



Elektroanalytik



ProcessLab



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

Was Sie bei uns finden

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

Wir konnten zwar im Mausmodell eine synchronisierte Telomerase-Aktivität erzeugen. Effekt: Die Tiere altern von Beginn dieser Aktivität nicht mehr. Das letzte Geheimnis ewigen Lebens haben wir aber noch nicht gefunden. Nach einer bestimmten Zeit zerbröselt ein bis dahin kerngesundes Tier von einer Sekunde auf die andere...



00:03:17:09

>Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.



Abkehr vom Elfenbein

Ein nachwachsender Rohstoff unter Schutz

Wolfgang Hasenpusch, Universität Siegen



Abbildung 1:
Afrikanischer
Elefant.

Elfenbein, geliefert von den Stoßzähnen großer Tiere wie Mammuts und Elefanten, hat die Menschen seit vielen Jahrtausenden veranlasst, daraus Schmuck und Kunstgegenstände herzustellen. Die hohe Begehrlichkeit brachte einen nachhaltigen Elfenbeinhandel derart ins Wanken, dass internationale Abkommen Einhaltung gebieten mussten. Künstler weichen auf Alternativen aus, und für Gebrauchsgegenstände steht eine Vielzahl von Kunststoffen zur Verfügung. Auch die Medizin ist heute nicht mehr auf die heilende Wirkung des Kalziumphosphats aus dem Elfenbein angewiesen.

Der Autor

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



Abbildung 2: Stoßzähne des Elefanten.

Eingeschränkter Handel mit Elfenbein

Bereits 1977 wurden Elefanten (Abbildungen 1 und 2) nach dem Washingtoner Artenschutz-Abkommen gelistet und damit der Handel mit Elfenbein eingeschränkt.

Zwölf Jahre später verbot die CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora) den internationalen kommerziellen Handel von Elfenbein ganz, da die Kontrolle von Wilderei und internationalem Schwarzhandel nicht möglich war.

Seit die Elefantenherden jedoch wieder stark zunahm, wurde der Artenschutz von Elfenbein Ende der neunziger Jahre gelockert.

1999 importierte Japan wieder erstmals 50 t Elfenbein aus Lagerbeständen. Weitere 101 t Elfenbein, den Stoßzähnen von über 15 000 Elefanten, konnten asiatische Händler 2008 zu einem Kilopreis von umgerechnet 116 Euro ersteigern.

Wie bereits Artenschützer angesichts dieser Freigaben kritisierten, stieg die Begehrlichkeit nach diesem Naturmaterial wieder deutlich: die Wilderei nahm zu und die Kontrolleure konnten an den beschlagnahmten illegalen Elfenbeinmengen erkennen, in welchem Maße der Schwarzmarkt wieder zugenommen hatte.

Einer Studie zufolge sollen wieder jährlich 38 000 Elefanten gewildert werden, eine Menge, die bereits höher anzusetzen ist, als vor dem El-

fenbein-Handelsverbot aus dem Jahre 1989, schätzungsweise 250 t/ Jahr. Der Schwarzmarkthandel lebt mit Kilopreisen von umgerechnet 2000 Euro für Roh-Elfenbein und um die 8500 Euro für verarbeitetes Material (Ringe, Ketten, Buddhas u.a.).

Allerdings glauben die meisten Touristen, dass die auf den Märkten der Touristen-Zentren angebotenen Elfenbein-Waren legal zu erwerben seien. Sie sind regelmäßig entsetzt, an den Zollstationen der Flughäfen feststellen zu müssen, dass sie ihre Souvenirs illegal als Fehlerware einführen. Die Beschlagnahmungen an deutschen Flughäfen gingen nicht überzeugend zurück: Insgesamt entdeckte der Zoll an den deutschen Flughäfen die folgende Anzahl von Elfenbein-Schnitzereien, Elfenbein-Teile oder gar ganze Stoßzähne:

1996:	461
1997:	304
1998:	332
1999:	1061
2000:	280
2001:	89
2002:	109
2003:	154
2004:	68
2005:	103
2006:	476
2007:	151
2008:	55
2009:	3

An der relativ geringen Entdeckungsrate von gewildertem Elfenbein tragen auch Etat-Kürzungen und die geringe finanzielle Ausstattung des Überwachungsprogramms MIKE (Monitoring of Illegal Killing of Elephants) der CITES eine Mitschuld.

Die Europäische Union hat für das MIKE-Programm in Afrika an die 10 Mio. Euro im Zeitraum von 2006 bis 2011 bereitgestellt. Deutschland hat bis 2012 noch weitaus höhere zusätzliche Beträge bis 2012 zugesagt [1].

Die Verbreitungsgebiete der Elefanten in Afrika zeigt die Abbildung 3.

Nicht nur Elefanten haben Elfenbein

Neben dem Elefanten liefern auch die fossilen Mammuts, Walrösser, Flusspferde, Narwale und

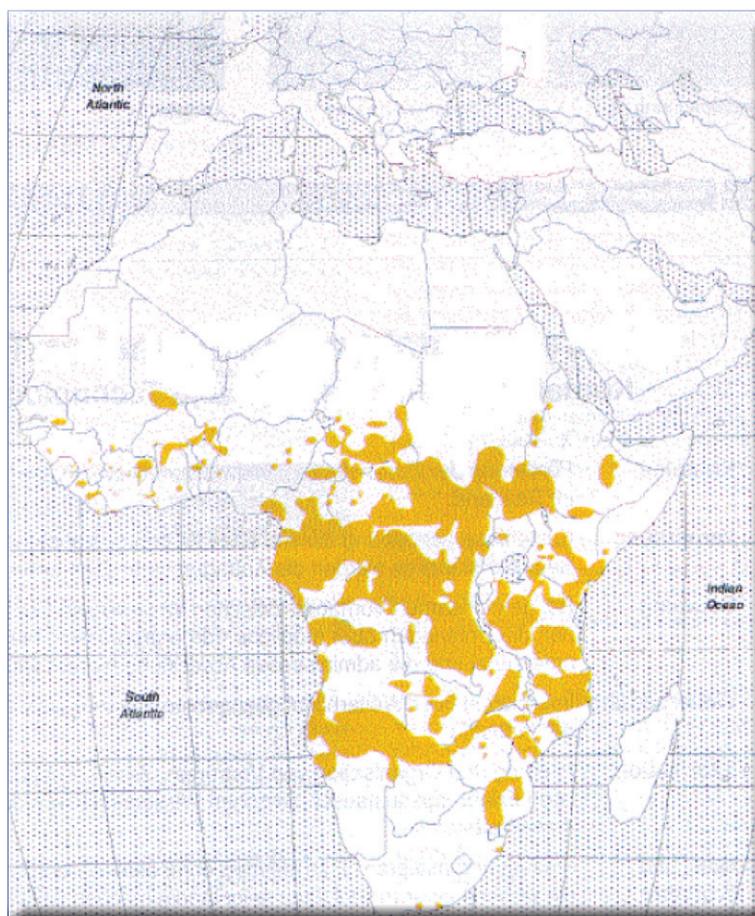


Abbildung 3: Verbreitung der Afrikanischen Elefanten (*Loxodonta africana*) in 1997 (UNEP; GEMS, u.a.).

Pottwale sowie auch Wild- und Warzenschweine verwertbares Elfenbein [2]. Einen Überblick über die Unterschiede gebräuchlicher Elfenbein-Lieferanten gibt Tabelle 1.

Die größeren Verwandten der Elefanten, die zottigen Mammuts, mit ihren bis zu 5 m langen gebogenen Stoßzähnen, sind zwar lange ausgestorben, aber im sibirischen Eis sind massenweise dieser Urtiere konserviert. Zur warmen Sommerzeit schmilzt der Boden in immer nördlichere Regionen auf, so dass bereits einige Tonnen an Mammut-Elfenbein auch nach Deutschland gelangten.

Durch die lange Lagerung des Mammut-Elfenbeins hat es sich verdichtet und ist härter gewor-

Tabelle 1: Technische Daten der Elfenbein-Arten.

Tier	Länge [m]	Gewicht [kg]	max. Durchmesser [cm]
Mammut	2 bis 3,5	60 bis 250	30
Elefant, Afrika	2 bis 3	45 bis 80	15 bis 16
Elefant, Asien	1 bis 1,5	20 bis 30	
Flusspferd	0,4 bis 0,6	4 bis 5	
Walross	0,6 bis 0,75	3 bis 6	
Pottwal			
Narwal	bis 3		bis 12



Abbildung 4:
Querschnitt durch einen Mammut-Elfenbeinzahn.

den (Abbildung 4). Wenn die größten Stoßzähne von 5 m einst an die 300 kg wogen, liegt der Logarithmus des Gewichts im Verhältnis zur Länge wie beim Elefanten-Stoßzahn auf einer Geraden (Abb. 11 B).

Das Elfenbein des Flusspferds (Abbildung 5) fällt sehr hart aus, und die weiße Farbe vergilbt nur wenig. Eine besonders gute Qualität liefern die beiden unteren gebogenen, an der Spitze schräg abgeschliffenen Eckzähne (Abbildung 6). Als einzige Elfenbein-Quelle sind die Flusspferd-Zähne von einem Schmelz überzogen (Abbildung 7).

Sie haben jeweils ein Gewicht von 4 bis 5 kg und eine Länge von 40 bis 60 cm. Ein Elefanten-Stoßzahn wäre bei der Länge von einem halb-

Abbildung 5: Die Elfenbein-Zähne des Flusspferds.



Abbildung 6: Unterer Eckzahn eines Flusspferdes, Länge ca. 60 cm.. Die Pulpa-Höhlung reicht bis zur Zahnhälfte.

en Meter schon dicker und mehr als doppelt so schwer.

Der bis zu 3 m lange, gewundene hohle Zahn des Narwals besteht aus Dentin mit Zementrinde. Das Osteodentin (= Knochendentin; griech.: osteon = Knochen) fehlt ganz. Das Material ist von kleinen Kanälen und Hohlräumen durchzogen. Der Stoßzahn kann eine Dicke bis zu 12 cm erreichen. Es handelt sich um den linken Stoßzahn des Wals, während der rechte in der Regel stark verkümmert ist. Das Material ist härter und spröder als das der Elefanten, die Farbe besticht aber durch das reine Weiß und eine außerordentlich feine Struktur.

Im Mittelalter sollten Becher aus Narwal-Stoßzähnen vor Vergiftungen schützen. Eine gute Marketing-Finte!

Abbildung 7: Schnitt quer durch den Unterkiefer-Eckzahn eines Flusspferdes, ca. 8 x 5 cm..



Die Zähne des Pottwals (Abbildung 8) sind im Inneren zumeist etwas dunkler gefärbt und daher weniger verwendet.

Die flachen Hauer des Walrosses können bis zu einem Meter lang und 3 bis 6 kg schwer werden. Der Kern aus Osteodentin bildet die Hauptmasse. Jährlich gelangen etwa 50 t Walrosszähne aus Alaska/ Nordamerika auf den Markt. Abbildung 9 zeigt ein Walrosskopf mit seinen beiden Hauern (A) sowie die Verbreitungsgebiete der Walrosse um den Nordpol herum (B).

Die gebogenen hohlen Hauer der Wild- und Warzenschweine stehen für entsprechend kleinere oder zusammengesetzte Arbeiten zur Verfügung.

Elfenbein-Schnitzerei in Deutschland

Bereits in der Steinzeit fertigten Menschen aus Mammut-Elfenbein kleine Skulpturen an. Einige sind bis heute erhalten geblieben. Aus China und anderen Ländern sind künstlerisch gestaltete Elfenbeinfunde bekannt, die vor einigen Jahrtausenden gefertigt wurden. Das Alte Testament berichtet von einem großen Elfenbein-Thron König Salomos (1. Buch der Könige, Kap. 10), Griechen und Römer stellten Figuren von Göttern und Herrschern aus Elfenbein auf und Grönländer zahlten ihre Steuern ab 1261 an König und Kirche in Norwegen in Form von Elfenbein.

Wie Gold war Elfenbein Bedeutungsträger in den Kulturen Afrikas, Asiens und Europas. So besteht beispielsweise auch der Bonifatiusstab des Fuldaer Bischofs aus Elfenbein.

1783 führte der letzte regierende Graf von Erbach, Franz I. (1754 – 1823), in dem wirtschaftsschwachen Erbach/Odenwald die Elfenbein-Schnitzerei ein, um den dortigen Horndrehern eine neue Verdienstmöglichkeit zu schaffen. Der Graf selbst hatte, wie viele Adlige, das Elfenbein-Drechseln eigens erlernt. Seine Arbeiten sind im Erbacher Schloss zu bewundern. Heute ist Erbach die Elfenbeinstadt Deutschlands [2].

Das zunächst nur im Erbacher Schloss auf Initiative des hiesigen Elfenbein-Künstlers Otto Glenz 1910 eingerichtete Elfenbein-Museum, erfuhr mit einem eigenen Museumskomplex in Erbach eine europaweit einmalige Darbietungsform. Jährlich schauen sich durchschnittlich 70 000 Besucher die mehr als 1000 Exponate aus aller Welt an [3].

Abbildung 10 verdeutlicht anhand des mittelalterlichen Leierspielers die Möglichkeiten zur filigranen Ausarbeitung von Figuren bis ins kleinste Detail. Ferner lassen sich die Elfenbein-Arbeiten gut Polieren.

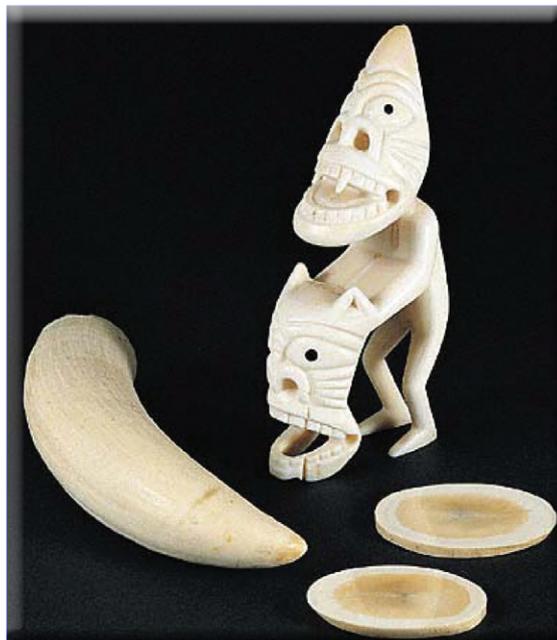


Abbildung 8: Zahn eines Pottwals, Schnitt quer durch den Zahn eines Pottwals, Tupilak (Fabelwesen der Grönländer).

Der Werkstoff Elfenbein und seine Alternativen

Es ist die gute Verarbeitbarkeit in alle Richtungen, Stabilität, Leichtigkeit und Elfenhafte was das Elfenbein so einzigartig macht. Noch heute schwärmen Klaviervirtuosinnen von den Elfenbeintasten, die eine bestimmte Griffigkeit verspüren lässt.

Abbildung 9: Walross (A) und sein Verbreitungsgebiet Rund um den Nordpol (B).

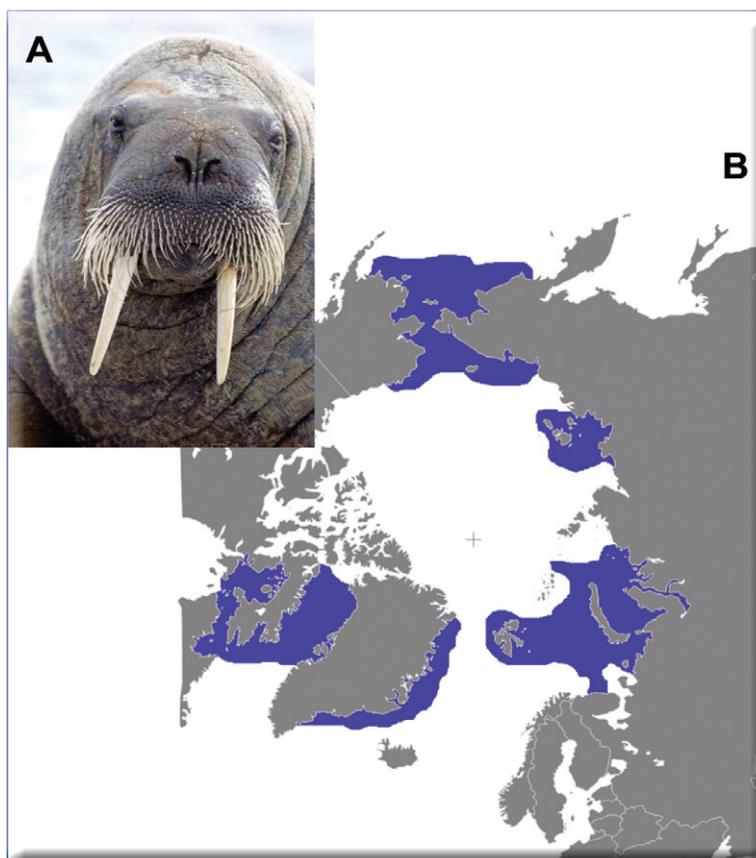


Abbildung
10: Filigrane
Elfenbeinkunst.



Der Artenschutz und die alternativen Kunststoffe haben zwar den Einsatz von Elfenbein stark herabgesetzt, aber für die noch wenigen Erbacher Elfenbein-Künstler bleibt Elfenbein mit seiner charakteristischen Textur eben Elfenbein.

Der Werkstoff „Elfenbein“

Der Name „Elfenbein“ entstammt dem althochdeutschen „helfant“ für Elefant und Bein = Knochen. Es besteht aus Dentin, dem gleichen Material, aus dem in beschränkterem Umfang

auch unsere Zähne und Knochen bestehen. Dentin wird zeitlebens vom Körper ausgeschieden. Chemisch besteht es zu etwa 30 % aus zellfreien Glykoproteinen, in die Kollagenfasern eingelagert sind, sowie anorganischen Bestandteilen, hauptsächlich Hydroxylapatit und Fluorapatit (56-59%), mit den chemischen Formeln $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ bzw. $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$. Ferner lassen sich analytisch noch geringe Mengen an Carbonaten, Magnesium sowie anderen Spurenelementen feststellen.

Die Härte des Dentins liegt nach MOHS-Härteskala (Tabelle 2) bei 2,75 bis 4,25. Sie hängt stark vom Nahrungsangebot für die Tiere ab: je mehr Mineralstoffe im Elfenbein enthalten sind, desto härter fällt es aus. Zur Zahnspitze hin nehmen Dichte und Härte des Elfenbeins zu.

Die Stoßzähne afrikanischer Elefanten haben eine Länge von 2 bis 3 Metern, einen Durchmesser von 15 bis 16 cm an der dicksten Stelle.

Der bisher größte Stoßzahn eines afrikanischen Elefanten konnte eine Länge von 3,49 m und ein Gewicht von 117 kg aufweisen.

Indische Elefanten haben nicht nur kleinere Ohren als ihre afrikanischen Verwandten, sondern auch kleinere Stoßzähne von nur 1,0 bis 1,5 m Länge [2].

Bei den Elefanten bis hin zum Mammut nimmt das Gewicht mit der Stoßzahn-Länge überproportional zu (Abbildung 11 A). Trägt man das Gewicht logarithmisch auf, so ergibt sich in Beziehung zur Stoßzahn-Länge eine Gerade (Abbildung 11 B). Die überproportionale Gewichtszunahme ist zum einen dem zunehmenden Durchmesser der Zähne zu verdanken, zum anderen dem vermehrten Anteil an kompaktem Material. Am dickeren Ende sind die Stoßzähne, wie sie in den Handel kommen, zu 50 bis 66 % der Gesamtlänge hohl.

Färbung und Transparenz der Stoßzähne variieren in den unterschiedlichen Gebieten.

Die Dichte des Elfenbeins schwankt zwischen 1,75 und 1,90 g/cm³.

Härte-grad	Beispiel		Ritzbar durch	
1	Talk	$\text{Mg}_3[(\text{OH})_2/\text{Si}_4\text{O}_{10}]$	Fingernagel, Horn	·Gly-Ser-Gly-Ala-Gly-Ala·
2	Gips	$\text{CaSO}_4 \times 2 \text{H}_2\text{O}$	Steinsalz	NaCl
3	Kalkspat, Calcit	CaCO_3	Cu	Cu
4	Fluorit, CaF_2	CaF_2	Fe	Fe
5	Apatit	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$	Co	Co
6	Orthoklas	$\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$	Silizium, Wolfram	Si, W
7	Quarz	SiO_2		
8	Topas	$\text{Al}_2[(\text{F,OH})_2/\text{SiO}_4]$	Chrom, Stahl (gehärtet)	Cr, Fe/Fe ₂ C
9	Korund	$\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	Saphir (blau)	$\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe, Ti (0,2\%)}$
10	Diamant	C		

Tabelle 2: Härte-Grade nach MOHS.

Wie bei allen nicht zum Zermahlen der Nahrung bestimmten Zähnen sind auch die Elfenbein-Stoßzähne der Elefanten relativ weich und elastisch.

Durch Trocknen nimmt Elfenbein um etwa 20% Gew. ab.

Auf Künstler und Schmuck-Designer hat das Material aufgrund seiner dreidimensionalen Stabilität seit jeher in allen Ländern eine gewisse Faszination ausgeübt.

So diente Elfenbein schon relativ früh zur Herstellung von Billardkugeln (Abbildung 12) und Klavier- und Orgeltasten sowie auch von Schirm- und Stockgriffen [4].

Elfenbein-Alternativen

Schon seit dem 19. Jahrhundert forderte der ansteigende Bedarf an Elfenbein-Erzeugnissen die serienmäßige Anfertigung. Der zeitliche Höhepunkt der Elfenbeinwirtschaft in Erbach, Odenwald, lag in den Jahren nach dem ersten Weltkrieg, in den „Goldenen 20-iger Jahren“ als

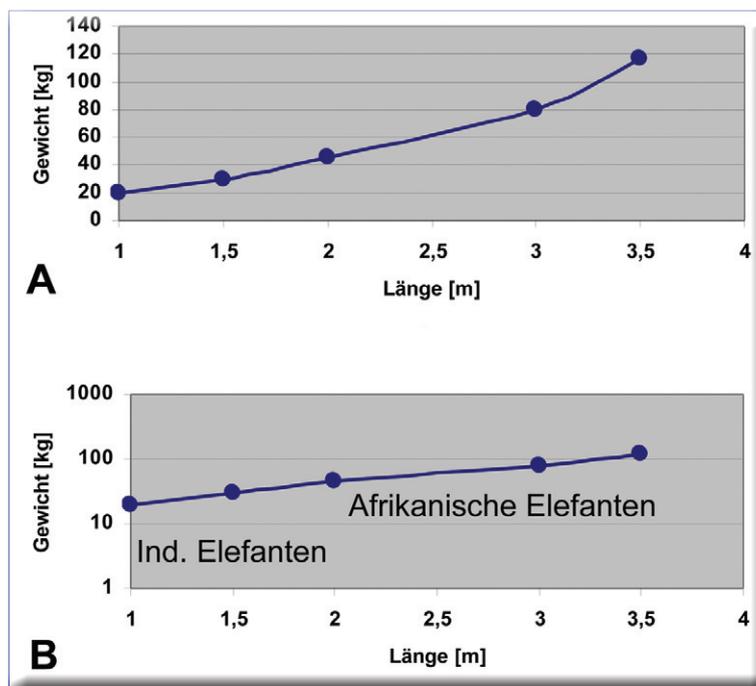


Abbildung 11: Länge-Gewichts-Korrelation der Elefanten-Stoßzähne (A), in logarithmischer Auftragung als Gerade (B).

Isotopenanalyse: Referenz-Datenbank zur Herkunft von Elfenbein

In einem Kooperationsprojekt mit dem World Wide Fund For Nature (WWF), dem Bundesamt für Naturschutz und mit Unterstützung durch das International Council for Game and Wildlife Conservation (CIC) erstellt ein Team von Wissenschaftlern der Johannes Gutenberg-Universität Mainz erstmals eine Referenz-Datenbank zur Herkunft von Elefanten-Elfenbein. Basierend auf der Analyse von Isotopen-Verhältnissen in einer Probe bekannter geografischer Herkunft kann eine „Isotopen-Karte“ für dieses Material erstellt und die Herkunft eines beliebigen Stücks Elfenbein festgestellt werden. Das lässt sich zur Bekämpfung des illegalen Elfenbeinhandels nutzen.

Anreicherungen von Isotopen bestimmter Elemente sind ein verlässlicher Hinweis auf die Herkunft von Materialien wie Elfenbein oder Knochenfragmenten. Das Mengenverhältnis verschiedener Isotope eines chemischen Elements ist charakteristisch für bestimmte Lebensräume. Das Element Kohlenstoff besteht bekannter Weise aus drei Isotopen unterschiedlicher Masse, nämlich ^{12}C , ^{13}C und ^{14}C . Niedrige Konzentrationen des schweren Kohlenstoff-Isotopes ^{13}C deuten dabei auf dicht bewaldete Lebensräume hin, während hohe Werte für eine Savannenlandschaft sprechen.

Diese Eigenschaft nutzt die Provenienz-Analyse: Organismen nehmen in ihrem Lebensraum chemische Elemente einer spezifischen isotopischen Zusammensetzung mit der Nahrung auf und bauen sie in eigene Körpersubstanz wie zum Beispiel Zahnmaterial ein. Die Analyse der Isotopen-Verhältnisse kann somit Auf-

schluss über die genaue Herkunft einer Materialprobe geben.

Obwohl frühere Arbeiten gezeigt haben, dass die Isotopen-Analyse zur Herkunftsbestimmung von Elfenbein genutzt werden kann, wurden bisher keine Anstrengungen unternommen, umfangreiche Isotopen-Karten zur relativen Verortung eines bestimmten Stückes anzufertigen.

Die Bestandszahlen von Elefantenpopulationen in Afrika sowie deren Verbreitungsgebiete wurden seit 1995 regelmäßig von der Weltnaturschutzunion (IUCN) erhoben und in einem Statusbericht veröffentlicht. Neben der räumlichen Verbreitung der Tiere enthalten diese Berichte zudem Informationen über Geologie, Vegetation und Niederschläge einer Region und bieten somit eine Grundlage zum Aufbau einer Referenzdatenbank. Eindeutig bestimmtes (georeferenziertes) historisches Elfenbein aus Sammlungen weltweit sowie neueres Material ergänzt diese Daten: Die Isotopen-Signatur des Materials wird analysiert, räumlich eingeordnet und mit Hilfe geostatistischer Verfahren wie dem Kriging aufbereitet. Unter Kriging (oder auch: Krigen, benannt nach dem südafrikanische Bergbauingenieur Daniel Krige) versteht man ein geostatistisches Verfahren von 1951, mit dem man Werte an Orten, für die keine Stichprobe vorliegt durch umliegende Messwerte interpolieren oder auch annähern kann. Die resultierenden Isotopen-Karten erlauben dann die Zuordnung einer beliebigen Elfenbeinprobe zu einer bestimmten Herkunftsregion.

Abbildung 12:
Einsatz von
Elfenbein für
Billard-Kugeln.



1200 Personen in 140 Elfenbein-Betrieben ihre Beschäftigung dort fanden [3].

Heute befassen sich in Erbach gerade einmal zehn Künstler mit dem Material Elfenbein. Sie zeigen und demonstrieren auch im Erbacher Elfenbein-Museum, was aus diesem angenehm in der Hand liegenden Material alles zu bewerkstelligen ist.

Mit Verschärfung des Artenschutzes und dem Welthandelsverbot für Elfenbein wandten sich die Elfenbeinkünstler auch anderen ähnlichen Materialien zu.

Für den weltweiten Markt hatte sich die Spritzguss-Technik für Kunststoffe entwickelt. Sie setzt einen Formenbau voraus, für den das handwerkliche Können der Erbacher Elfenbeinschnitzer ideale Voraussetzung darstellte. So fanden viele einstigen Elfenbein-Künstler in der Spritzguss-Formenbau-Branche ihre neuen Arbeitgeber.

Aber auch das Elfenbein selbst wurde durch entsprechende Kunststoffe ersetzt.

Die verbleibenden Künstler wandten sich den alternativen Werkstoffen Mammut, Knochen und Steinnuss zu, um daraus ihre Figuren und kunsthandwerklichen Objekte zu fertigen.

Mammut-Elfenbein unterliegt nicht dem internationalen Artenschutzabkommen. Daher wechselten einige der Erbacher Künstler ganz zum Mammut-Elfenbein. Alljährlich spüren russische Wissenschaftler etwa zwei Tonnen dieser eigentümlich gebogenen, mehrere Meter langen Stoßzähne der Mammuts in ihrer schmelzenden Eis-Tundra auf. Das hohe Alter von 15 000 bis 30 000 Jahren, die Risse und Mineral-Verfärbungen fordern von diesem Material einen besonders kreativen Umgang bei künstlerischen Arbeiten [5].

Auch Knochen bestehen aus Hydroxi- und Carbonato-Apatit, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3[\text{OH}/\frac{1}{2}(\text{CO}_3)]$, und

lassen sich zu feinem Schmuck und Kunstwerk verarbeiten.

Das gleiche gilt für die Steinnuss („vegetables Elfenbein“; Taguanuss), von der Größe einer Kartoffel, mit ihrem homogenen weißen Nusskörper.

Das elfenbeinartige Nährgewebe dieses Samens der Steinnusspalme (Phytelephas-Gattung; Südamerika) dient in den Ursprungsländern schon seit Urzeiten zum Schnitzen sowie heute auch zur industriellen Herstellung von Einlegearbeiten, Knöpfen und Würfeln.

Elfenbein in der Medizin

Als Heilmittel besitzt Elfenbein eine lange Tradition. So fasste der Mediziner die Heilkraft des Elfenbeins 1669 mit den Hinweisen zusammen, dass es das Herz stärkt, die Empfängnis fördert, ja selbst die Frauen fruchtbar macht, denen bisher eine Geburt versagt blieb.

Noch Mitte des 18. Jahrhunderts rühmt das Zedler'sche Lexikon geraspelteltes Elfenbein als Heilmittel gegen Gelbsucht sowie gegen alle Fieber-, Leber- und Milzbeschwerden.

Allerdings sind die Kalziumphosphate so schwerlöslich ($\text{Ca}_3[\text{PO}_4]_2$: 20 mg/l bei 20 °C), dass Mineralwasser den Kalzium-Haushalt auch bedienen kann.

Aber immerhin taucht das Kalziumphosphat in der Form des löslichen Hydrogenphosphats, $\text{CaHPO}_4 \times 2 \text{H}_2\text{O}$, bei den Schüssler-Salzen (siehe meinen Artikel in CLB 10-2008) als Nr. 2 mit einer Regelpotenzierung von D 6 wieder auf [6]. Die Anwendung wird bei kränklich blasser Haut und als Kräftigungsmittel empfohlen. **CLB**

Literatur

- [1] Drucksache des Deutschen Bundestages: „Antworten auf die kleine Anfrage der Fraktion Bündnis 90/DIE GRÜNEN zum Handel mit Elfenbein“, Drucksache 16/13488 vom 18.06.2009
- [2] <http://www.schmuckecke.de/substanzen/elfenbein.html>
- [3] Deutsches Elfenbeinmuseum, Erbach, „ELFENBEIN KREATIVER MYSTISCHER WERKSTOFF“ (78 Seiten)
- [4] <http://de.wikipedia.org/wiki/Elfenbein>
- [5] WWF/ Deutsches Elfenbeinmuseum: „Auf den Zahn gefühlt – Handel und Kunst mit Elfenbein“, Frankfurt, Erbach (2008)
- [6] Wolffskeel v. Reichenberg, A., „Die 12 Salze des Lebens – Biochemie nach Dr. Schüssler“ R. Mankau Verl., 82413 Murnau (2005)

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

CLB

FAX: 06223-9707-41

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

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

Abo-Bestellcoupon

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

Datum / 1. Unterschrift

Name / Vorname

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

Straße / Postfach

Land / PLZ / Ort

Datum / 2. Unterschrift

Telefon oder e-Mail

Schweine- und andere Grippeviren

Aufbau, Wandelbarkeit und Übertragbarkeit von Grippeviren

Annette von Kieckebusch-Gück, Liestal (CH)

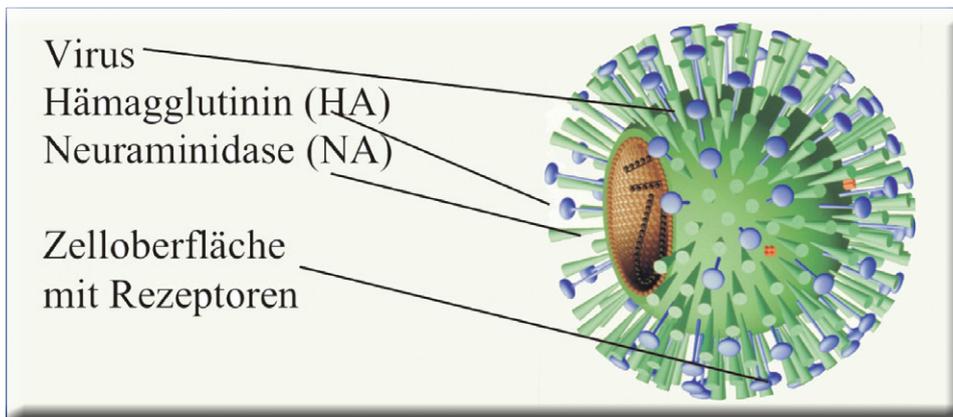


Abbildung 1: Influenzavirus. Die Oberflächenproteine des Virus, HA und NA binden an Rezeptoren auf der Oberfläche der Wirtszelle. Dies führt zu einer Verschmelzung der Virus- mit der Wirtszellmembran mit anschließender Endozytose (Abb.: Roche).

Die Grippe ist eine schwere Infektionskrankheit, die in der Regel nur den Atemtrakt befällt. Die Infektion wird durch Influenzaviren ausgelöst. Laut WHO erkranken daran jährlich bis zu fünf Millionen Menschen schwer, von denen 500 000 an den Grippefolgen sterben. Allein in den USA belastet die Grippe das Gesundheitssystem mit fast 100 Milliarden Dollar pro Jahr. Jetzt ist sie wieder da, die berühmte Grippe-Saison: Kalt, nass und wechselhaft. Die Abwehrkraft der Schleimhäute in den Atemwegen sinkt, die Bedingungen für die wenige Nanometer großen Grippeviren sind ideal!

Die Autorin



Dr. Annette von Kieckebusch-Gück war von 2005 bis 2009 Chefredaktorin der Schweizerischen Laboratoriums-Zeitschrift SLZ. Sie studierte in Konstanz und Freiburg Biologie mit Schwerpunkt Biophysik, diplomierte am MPI für biophysikalische Chemie in Göttingen und promovierte an der ETH Zürich über die Mutagenese von Membranproteinen. Nach einer einjährigen Postdoc-Zeit in Kanada und einer Familienpause wechselte sie in den Wissenschaftsjournalismus.

Viren sind kleine, sich selbst replizierende Einheiten, die über keinen eigenen Stoffwechsel verfügen, und die selbständig nicht lebensfähig sind. Sie bestehen aus ihrem Erbgut, wenigen Enzymen, die in den Stoffwechsel der Wirtszelle eingreifen, und einer Hülle, die aus Proteinen oder Lipiden bestehen kann (siehe Abbildung 1). Für ihre Vermehrung bedarf es eines Organismus, der einen eigenen Stoffwechsel aufweist. In dessen Zellen dringen sie ein und veranlassen diese, Virusbestandteile zu produzieren. Die

Zelltypen, in denen sich die Viren vermehren, werden als Wirtszellen bezeichnet. Die Hülle ermöglicht es dem Virus, sich an seine Wirtszelle anzuheften, und sie schützt das Erbgut des Virus vor der Zerstörung [1].

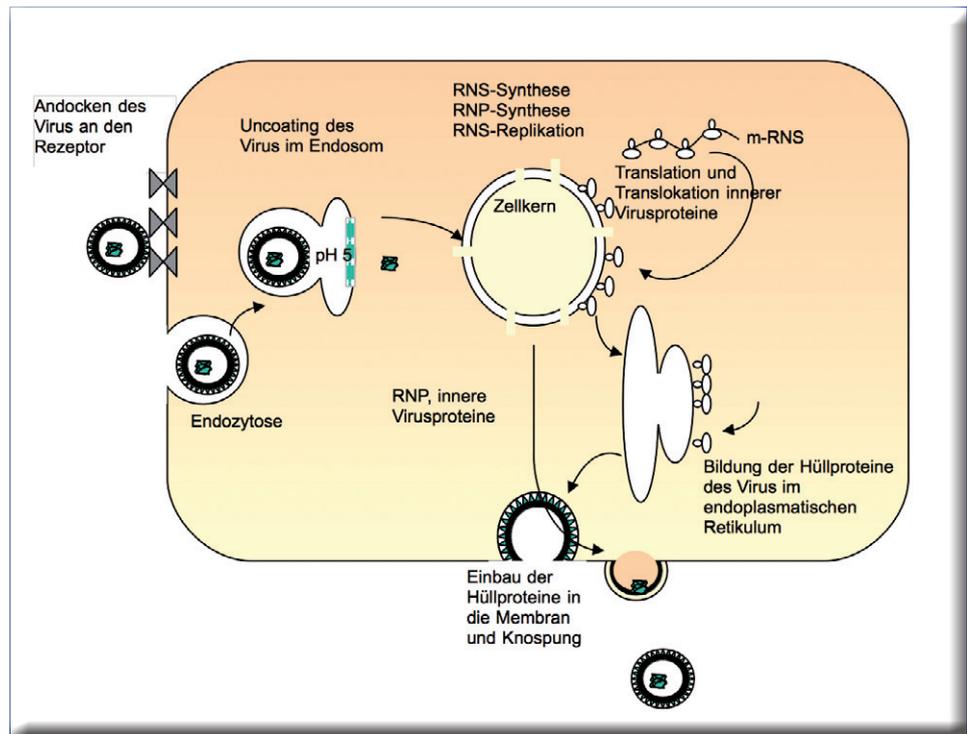
Bei den Grippeviren unterscheidet man grob drei verschiedene Typen: die-Subtypen A, B und C. Sie werden beim Ansprechen und Anhusten durch Tröpfchen übertragen und bewirken nach einer kurzen Inkubationszeit (18-36 Stunden) Symptome wie rascher Fieberanstieg, Muskelschmerzen, Kopf- und Halsschmerzen, Schüttelfrost und Lichtempfindlichkeit, die innerhalb weniger Stunden auftreten. Diese Symptome halten normalerweise sieben Tage lang an.

Bei der winterlichen Influenzaepidemie erkranken regelmäßig zehn bis zwanzig Prozent der Bevölkerung. Alle zehn bis vierzig Jahre gibt es eine weltweite schwere Epidemie. Die Krankheit wird oft als harmlos abgetan, obwohl sehr gefährliche Subtypen bekannt sind: 1918 trat die berühmte spanische Grippe auf, an der jeder Fünfundzwanzigste starb, darunter auffallend viele Kinder und Jugendliche. 500 Millionen Menschen wurden damals weltweit infiziert. Auch heute noch sterben in Deutschland jährlich etwa 10 000 Personen an Grippesymptomen.

Im Volksmund werden Atemwegsinfektion, die durch zahlreiche Viren, wie Parainfluenza- und Adenoviren übertragen werden, ebenfalls oft als „Grippe“ bezeichnet. Sie äußern sich mit lo-

kalen Symptomen wie Husten, Halsschmerzen, Schnupfen, Unwohlsein, Muskel- und Gelenkschmerzen und leichtem Fieber (bis 39 °C). Diese Infektionen sind jedoch eher harmlos und klingen nach kurzer Zeit wieder ab.

Influenzaviren sind RNA-Viren, die zur Gruppe der Orthomyxoviren gehören. Sie enthalten sieben RNA-Moleküle, die in Segmente unterteilt sind. Zusammen mit dem Nukleoprotein bilden sie das Kapsid (Abbildung 1). Diese innere Struktur ist in eine Lipidhülle eingeschlossen, auf der die Oberflächenproteine Hämagglutinin (15 Subtypen) und die Neuraminidase (neun Subtypen) sitzen.



Variabilität durch Aufteilung des RNA-Erbguts

Die Aufteilung des viralen Erbguts auf verschiedene RNA-Moleküle erhöht die Variabilität der Viren sehr. Die einzelnen Stränge können bei einer Ko-Infektion einer Zelle mit zwei Virentypen neu kombiniert werden.

Ein Virus kann spezifisch nur solche Zellarten infizieren, auf deren Oberfläche ein geeigneter Rezeptor sitzt, etwa Zellen der Lunge. Grippeviren gelangen mehrheitlich durch Endozytose in die Zelle. Dabei fusionieren die Membranen des Virus und der Zelle (siehe Abbildung 2).

Die Viruspartikel befinden sich nach der Infektion im sauren Milieu der zellulären Endosomen. Dies löst eine Dissoziation der Virenhülle aus („uncoating“ des Virus). Die Nukleo-Kapside wandern ins Zellplasma und erreichen schließlich den Zellkern, wo sie transkribiert und vermehrt werden. Gleichzeitig veranlassen einige der viralen Proteine eine Umstellung des zellulären Wirts-Stoffwechsels, der nun fast ganz in den Dienst der Virusvermehrung gestellt wird. Während die Zelle normalerweise Hunderte verschiedener Proteine produziert, sind es nach dem Entern der Zelle durch einen Virus nur wenige – bis ca. ein Dutzend – verschiedene Proteine.

Im Zellplasma wird die Virus-RNA der Hüllproteine am rauhen endoplasmatischen Retikulum in Proteine umgeschrieben und glykosyliert. Die Hüllproteine werden anschließend zur Zellmembran transportiert und lagern sich dort zu Knospen zusammen. Die anderen Virus-Proteine und die Polymerasen werden nach der Translation in

den Zellkern transportiert, um dort mit viralen Nucleinsäuren zum Nukleo-Kapsid zusammengebaut zu werden. Die neuen Viruspartikel werden durch eine Neuraminidase von den Rezeptoren der Zelloberfläche abgespalten und gelangen durch Knospung in die Umgebung. Oberflächenproteine der Virus-Partikel wie die Neuraminidase (NA) und Glykoproteine wie Hämagglutinin (HA) wirken als Antigene und können zur Immunität des Organismus gegen die viralen Erreger beitragen.

Hämagglutinin kann nur nach einer Spaltung durch Proteasen der Wirtszelle eine aktive Form annehmen, in der es an einen Neuraminsäure-Rezeptor auf der Zelle bindet und die Fusion des Virus mit der Zellmembran einleitet. Da die entsprechenden Hämagglutinin-Proteasen nur in Lungengewebe auftreten, ist bei der Grippe in der Regel nur der Atemwegstrakt betroffen. Nur bei einer Begleitinfektionen mit Bakterien wie *Streptococcus pneumoniae* gibt es schwere Verlaufsformen, weil das Bakterium selber eine Hämagglutinin-Protease ausschüttet, die die Influenzaviren auch in anderen Geweben aktiviert. Deshalb verschreibt der Arzt auch bei Grippe gelegentlich Antibiotika.

Grippe-Pandemien durch Oberflächenveränderungen der Viren

Charakteristisch für Influenzaviren ist, dass durch zufällige Modifikationen des Erbmaterials immer wieder neue Oberflächenmerkmale auftreten, und dass sich die Viren dadurch auch in

Abbildung 2: Schematische Darstellung des Infektionszyklus der Influenzaviren.

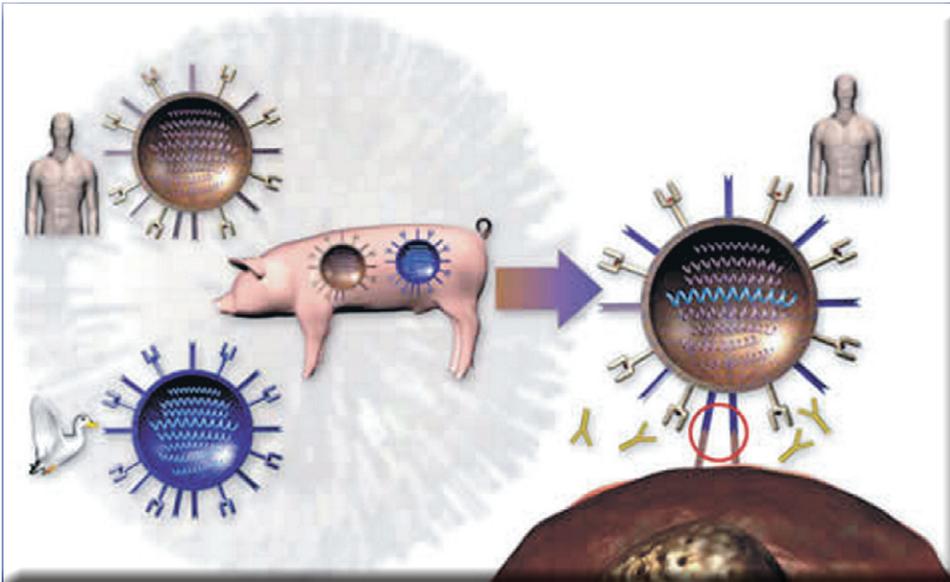


Abbildung 3: Antigen shift: Wenn eine Zelle gleichzeitig mit einem Grippe-Virus vom Mensch und vom Vogel infiziert wird, können die beiden Viren ihr Erbgut untereinander austauschen. Schweine können sowohl von Vogel- wie auch von Menschen-Grippeviren infiziert werden. Ein Antigen shift findet daher oft im Schwein statt. Das Abwehrsystem des Menschen ist mit diesem total veränderten Virus meist überfordert. Es kommt zu schweren Grippewellen (Abb.: Roche).

ihren krankheitserregenden Eigenschaften ständig verändern. Gerade bei den Vertretern des Subtyps A ist die Variabilität der Oberflächenproteine besonders ausgeprägt, da der Virus auch bei vielen Haustieren, wie Hühnern, Schweinen, Pferden, etc. vorkommt und zwischen den Arten hin- und herspringen kann. Durch das enge Zusammenleben von Haustieren und Menschen, wie es in China üblich ist, wird die Ausbreitung der Erreger begünstigt. Gerade bei Vögeln zeigen die Grippeviren eine große Umlagerungstendenz und führen zu einem „Antigen shift“, einer Oberflächenstruktur, gegen die die gefährdete Bevölkerung keine Abwehr besitzt. Da Schweine von Influenza-Viren des Vogels und des Menschen gleichermaßen infiziert werden können, findet eine solche Durchmischung, die für den Menschen gefährlich werden kann, meist im Schwein statt (siehe Abbildung 3).

Als 1997 eine gefährliche Virusvariante in Hongkong auftrat, die direkt eine Infektion am Menschen vom Huhn verursachte, befand sich die Weltbevölkerung am Abgrund einer gefährlichen Pandemie. Nur das beherzte weitsichtige Vorgehen der Gesundheitsbehörden in Hongkong, die schnell die drohende Gefahr erkannten und durch Tötung des gesamten Hühnerbestandes reagierten, hat möglicherweise die Welt vor einer Pandemie bewahrt.

Wenn dabei ein Virus mit völlig neuartigen Erkennungsmerkmalen von Hämagglutinin oder Neuraminidase entsteht, spricht man von einem neuen Virus-Subtyp. Das Abwehrsystem des Menschen kommt erstmalig mit diesem voll-

ständig veränderten Virus in Berührung, die Immunabwehr ist dem Virus ausgeliefert, und dieses kann sich nun ungehindert ausbreiten. Auf diese Weise kann sich eine Vogelgrippe zu einer weltweiten Pandemie ausweiten.

Die Influenza-Subtypen B und C sind auf den Menschen beschränkt.

Da das Grippevirus sich sehr rasch ändert, muss der Impfstoff jedes Jahr angepasst werden.

Grippeviren können auch schwere Verlaufsformen, wie der Geflügelpest bei Vögeln, hervorrufen. Diese sind mit starken inneren Blutungen, Schock und Gehirnausfällen assoziiert und führen zum raschen Tod der Vögel.

Die Subtypen von Influenzaviren A in Vögeln sind besonders gefährlich, denn ihre Hämagglutinine H5 und H7 weisen eine Struktur auf, die durch Wirtsproteasen aktiviert wird, die in allen Geweben des menschlichen Körpers vorkommen. Man nahm lange an, dass diese gefährlichen Serotypen H5 und H7 nicht auf den Menschen übertragbar sind. In letzter Zeit wurde eine solche Übertragung auf den Menschen aber wiederholt (aber nur selten von Mensch zu Mensch) in Geflügelfarmen Asiens und Russlands beobachtet. Die meisten der Infizierten starben.

Seit 2003 breitet sich in Asien eine Vogelgrippe-Epidemie des Typs H5N1 aus, die ein Massensterben auf Geflügelfarmen auslöste. Das Vogelgrippevirus H5N1 ist auch für den Menschen gefährlich. Es kam in den letzten Jahren von China her bis nach Sibirien. Derzeit ist das Ansteckungsrisiko für Menschen noch klein. Aber jederzeit können sich die Viren so verändern, dass die Vogelgrippe auch unter den Menschen hochinfektiös wird. Eine weltweite Grippe-Pandemie wäre die Folge.

In jüngerer Zeit sorgten Ausbrüche des Grippestammes H5N1, der in über 50 Prozent der Fälle tödliche Infektionen auslöst, für öffentliches Interesse. Millionen von Hühnervögeln in Asien mussten wegen H5N1 notgeschlachtet werden. Heute weiß man, dass der Stamm in Asien weit verbreitet ist. Eine H5N1-Pandemie ist daher nicht ausgeschlossen.

In den USA unterstützt aus diesen Gründen das US-Gesundheitsministerium die Novartis AG seit 2009 mit einer halben Milliarde US-Dollar im Bereich der Pandemie-Vorsorge. Das Phar-

maunternehmen erhält diesen Betrag während einer Laufzeit von acht Jahren, um damit die Entwicklung, Konstruktion, Validierung und Lizenzierung von Produktionsanlagen für zellbasierte Influenza- Impfstoffe in North Carolina voranzutreiben.

Die Produktionsanlagen in Holy Springs im Bundesstaat North Carolina sollen einen Vorrat von 150 Millionen Dosen von Pandemie-Impfstoffen innerhalb von sechs Monaten bereitstellen können.

Impfschutz

Vor allem chronisch Kranke und Personen im Rentenalter tragen oft sehr lange die Folgen einer schweren Grippe mit sich herum. Oft erholen sie sich nicht wieder. Daher wird diesem Personenkreis zu einer vorbeugenden Impfung geraten. Der Impfschutz beträgt allerdings nur etwa 70 Prozent. Der Schutz ist zu Beginn des Winters recht hoch, gegen Ende der Grippesaison, wenn neue Subtypen auftauchen, lässt er nach. Die Impfung erfolgt in der Regel im Oktober (und wird Angestellten oft auch von ihrer Firma offeriert). Nach der Impfung entwickelt sich innerhalb von vier Wochen der Immunschutz. Die Impfung trägt dazu bei, Komplikationen zu vermeiden. Die von einem Hausarzt durchgeführte Impf-Injektion schreckt viele von einer Impfung ab. Daher wurde ein Impfspray entwickelt, der wegen Nebenwirkungen wie Gesichtslähmungen jedoch bald wieder vom Markt verschwand.

Speziell gegen die Schweinegrippe entwickelte der Novartis-Konzern 2009 einen Influenza A(H1N1)-Impfstoff, auch bekannt als „Schweinegrippe“-Impfstoff. Er besteht aus einer inaktivierten Influenza- Virus-Vakzine und ist auch im diesjährigen regulären Impfstoff enthalten.

Antigrippemittel

Dem Virologen Peter Coleman in Australien gelang es mittels „computer-aided drug design“, eine Neuraminidase auf der Virus-Oberfläche als Schwachstelle im Virus-Vermehrungszyklus zu identifizieren und durch computergesteuerte Virusanalysen und gezieltes „drug design“ einen Neuraminidase-Hemmstoff zu entwickeln (Abbildung 4).

Das derzeit wirksamste Grippemittel auf dem Markt, Tamiflu, wurde von der Firma Hoffmann-La-Roche entwickelt [2]. Es hemmt die Neurami-

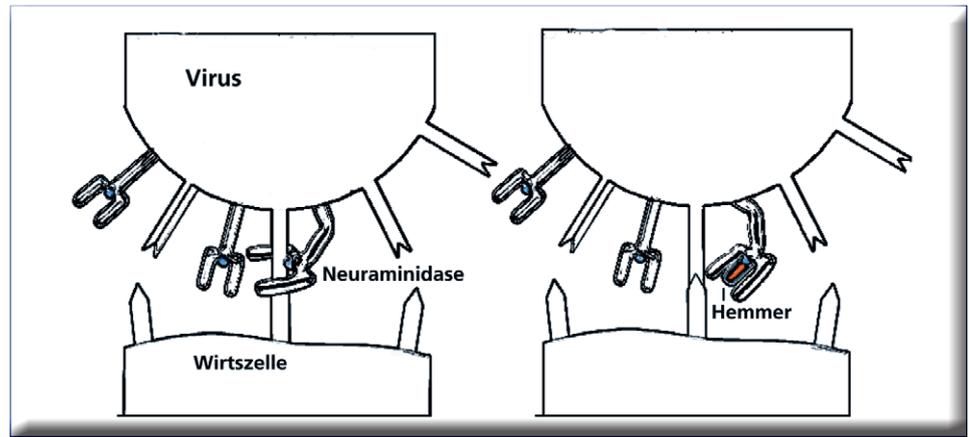


Abbildung 4: Wirkungsweise der Neuraminidasehemmer: Die Virus-Neuraminidase (Gabel, links mit aktiven Zentren: blau) spaltet nach der Viren-Vermehrung den an der Zelloberfläche haftenden Virus ab und setzt ihn frei. Der Neuraminidasehemmer (rot, z.B. Tamiflu) unterbindet die enzymatische Wirkung und bewirkt, dass die Viren an der Zelloberfläche gebunden bleiben und nicht freigesetzt werden. So können sie keine weiteren Zellen infizieren.

nidase (NA) auf der Oberfläche des Virus. Das Enzym besitzt eine stark konservierte Form und verändert sich kaum. Der Neuraminidase-Hemmer Tamiflu verhindert eine weitere Ausbreitung der Infektion. Tamiflu verkürzt die Krankheitsdauer um bis zu eineinhalb Tage und verringert die Symptome. Die Medikamente müssen allerdings in den ersten 48 Stunden nach Ausbruch der Krankheit verabreicht. Gegen Grippe helfen auch Amantidin und Rimantidin, die ein Eindringen von Influenza-A-Viren in die Zelle verhindern. Sie weisen allerdings erhebliche Nebenwirkungen im Gehirn auf.

Zanamivir hilft gegen Grippe und wirkt auch dann noch, wenn es innerhalb von 30 Stunden nach Krankheitsbeginn eingenommen wird.

Daneben kann die Heilung stark durch die gängigen Hausmittel unterstützt werden. Echte Hühnerbrühe, Zwiebeln und Knoblauch helfen gegen die Grippe. Heißer Holunderbeersaft kann die Erkrankung um bis zu vier Tage verkürzen.

Die gängigsten chemischen Anti-Grippemittel helfen allerdings nur, wenn man sie sofort einnimmt, sobald die ersten Symptome auftreten. Denn sie blockieren Stoffwechselwege, die das Virus für seine Vermehrung braucht. Daraufhin wird die Vermehrung der Viruspartikel gestoppt.

Vogelgrippe, Schweinegrippe & Co: Gibt es eine Pandemiehysterie?

Da wir in einer Risikogesellschaft leben, laufen wir Gefahr, das Augenmaß für die Verhältnismäßigkeit von Bedrohung, Angst und erforderlichen Gegenmaßnahmen zu verlieren. Beispiele sind die Vogelgrippe, besonders aber die Schweinegrippe, deren Gefährlichkeit stark dramatisiert wurde. Dementsprechend müssen wir wieder

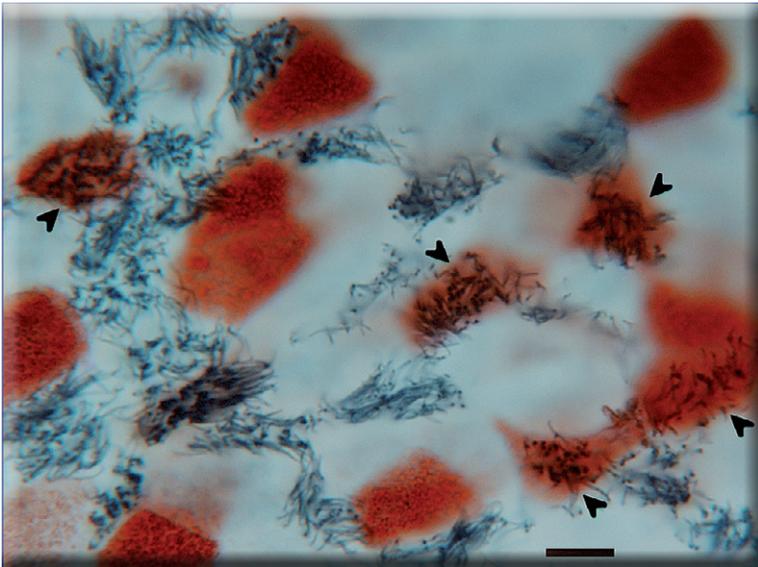


Abbildung 5: Die besonders gefährliche Variante D222G des Influenzavirus (rot gefärbt) befällt Zellen mit Flimmerhärchen (dunkelgrau; Abbildung: Uni Marburg / Matrosovich).

lernen, Risiken mit mehr Realitätssinn einordnen zu können.

Allerdings macht es das Grippevirus den Wissenschaftlern auch nicht leicht, die Gefährlichkeit zu beurteilen. Nach neuesten Forschungsergebnissen genügt der Austausch eines einzigen Proteinbausteins, damit das Schweinegrippe-Virus neue Zielzellen befällt und lebensbedrohliche Atemwegsbeschwerden auslösen kann [3]. Um den Grund für gravierende Krankheitsverläufe zu ermitteln, nahmen sich die Wissenschaftler Virusvarianten vor, bei denen ein Bestandteil des Oberflächenproteins Hämagglutinin ausgetauscht ist. Hämagglutinin ist wie oben schon erläutert dasjenige Virusprotein, das an Rezeptoren auf der Wirtszelle bindet; außerdem ist es daran beteiligt, dass Virushülle und Zellmembran miteinander verschmelzen, wodurch das Virusgenom ins Zellinnere gelangen kann.

Viren vermögen nur diejenigen Zellen zu infizieren, deren Rezeptoren zu den jeweiligen

Hämagglutinin-Proteinen passen; diese Rezeptorvarianten verteilen sich sehr ungleich auf verschiedene Gewebe und binden Influenzaviren unterschiedlich leicht. Die Autoren der neuen Studie untersuchten Varianten des Grippeerregers, deren Hämagglutinin-Proteine an der Position D222G mutiert sind: Dort ist genau eine Aminosäure ausgetauscht. Wer sich mit dieser Virusvariante ansteckt, ist besonders stark gefährdet, schwer oder gar tödlich an Grippe zu erkranken.

Wie die Forscher nachweisen, infiziert das mutierte Virus in stärkerem Maße Zellen, die mit Flimmerhärchen oder Wimpern ausgestattet sind (Abbildung 5). Solche Zellen kleiden unter anderem Lungen und Bronchien aus und verfügen vorwiegend über eine bestimmte Rezeptorvariante. Es gibt nach Feststellung der Forscher einen klaren Zusammenhang zwischen der verbesserten Bindung an diesen Rezeptor und der vermehrten Infektion bewimperter Zellen.

Wenn die bewimperten Zellen der Atemwege befallen sind, ist der Organismus nicht mehr in der Lage, Schleim aus der Lunge zu transportieren und auf diese Weise Keime zu entfernen. Allein die veränderte Rezeptorvorliebe und Umorientierung auf bewimperte Zellen kennzeichnen also einen Krankheitserreger von erhöhter Gefährlichkeit. **CLB**

Literatur

- [1] Stannard, L. M.: Principles of Virus architecture. www.uct.ac.za/depts/mmi/stannard/virarch.html (1995)
- [2] Factsheet tamiflu: www.roche.com/med_mbtamiflu05d.pdf
- [3] Yan Liu & al.: "Altered receptor specificity and cell tropism of D222G haemagglutinin mutants from fatal cases of pandemic A (H1N1) 2009 influenza", *Journal of Virology* 84 (November 2010), 12069-12074, doi: 10.1128/JVI.01639-10

Blutiger Beweis

Was Rechtsmediziner aus Blutspuren schließen können

Christina Kaiser, München; Silke Kauferstein, Esther Reuss und Cora Wunder, Frankfurt/Main

Blutuntersuchungen ziehen sich wie ein roter Faden durch die verschiedenen Abteilungen des Frankfurter Instituts für Rechtsmedizin. Ob mit dem Skalpell, durch scharfsinnige Beobachtung oder Hightech-Laboranalytik: Spezialisierte Rechtsmediziner können einen Tathergang anhand von Blutspurenverteilungsmustern rekonstruieren, Toxikologen messen im Blut betäubende oder giftige Substanzen, Molekularbiologen ordnen Blutspuren über DNA-Profile Personen zu und versuchen, mit molekular-diagnostischen Methoden unklare Todesursachen aufzuklären. Zwei konstruierte Todesfälle gewähren einen forensischen Blick auf das Blut.

Fall 1: Mord in Frankfurt-Eschersheim

Viertel nach zwei. In der Nacht. Die diensthabende Rechtsmedizinerin schreckt aus dem Tiefschlaf, als das Telefon klingelt. Sie ist sofort hellwach, als ihr der Beamte des Kriminaldauerdienstes mitteilt, dass in einer Wohnung in Frankfurt-Eschersheim ein weiblicher Leichnam mit offenkundigen Stichverletzungen aufgefunden wurde. Kurze Zeit später trifft die Ärztin am Tatort ein. Hier sind bereits mehrere Beamte der Kriminalpolizei und des Erkennungsdienstes im Einsatz. Sie berichten knapp über den bisherigen Stand der Ermittlungen:

Gegen 1 Uhr hörten Nachbarn Lärm und Geschrei aus der Wohnung und verständigten daraufhin die Polizei. Bei deren Eintreffen lag die 62-jährige Frau leblos im Schlafzimmer auf dem Fußboden. Ein sofort alarmierter Notarzt konnte nur noch den Tod der Frau feststellen. Von der Tatwaffe und dem Täter fehlt jede Spur. Die Medizinerin zieht einen weißen Schutzanzug über, um die Übertragung von Spuren zu vermeiden, und betritt das Schlafzimmer. Sie findet den blutüberströmten Leichnam in Rückenlage vor. Insbesondere im Bereich von Kopf und Hals ist er von einer großen Blutlache umgeben. Auch der übrige Laminatboden, die zwei Betten, der Kleiderschrank sowie die Zimmerwände weisen Blutspuren auf (Abbildung 1). Die Ärztin stellt bei der rechtsmedizinischen Leichenschau eine große, klaffende, scharfrandige Wunde am Hals

sowie mehrere Stich- und Schnittverletzungen im Gesicht und in der linken Handinnenfläche fest. Zur Feststellung des Todeszeitpunktes misst sie die Temperatur und überprüft den Körper auf Totenflecken und Totenstarre. Danach heben die Bestatter den Leichnam spurenschonend aus der Blutlache und bringen ihn in die Rechtsmedizin.

Die Autorinnen

Dr. Christina Kaiser, 32, arbeitete bis Februar 2010 als Assistenzärztin am Institut für Rechtsmedizin in Frankfurt. Seitdem ist sie am Institut für Rechtsmedizin in ihrer Heimatstadt München tätig. Ihren Forschungsschwerpunkt legte sie bereits mit ihrer Promotion auf die Entwicklung neuer Methoden zur Leichenliegezeitbestimmung. Vor ihrer rechtsmedizinischen Zeit war Christina Kaiser bereits als Ärztin in der Pathologie und Psychiatrie tätig und hat in der Schweiz, in Kanada und auf Malta Auslandserfahrung gesammelt.

Dr. Silke Kauferstein, 40, leitet am Institut für Rechtsmedizin die Arbeitsgruppe „Molekulare Pathologie“. Hier forscht sie über die genetischen Ursachen des plötzlichen Herztodes. Zudem ist Silke Kauferstein am Institut seit 2002 für die Erstellung von DNA-analytischen Gutachten forensischer Spuren verantwortlich. Sie promovierte an der Technischen Universität Darmstadt im Fachbereich Molekulare Zellbiologie.

Cora Wunder, 28, hat 2005 in Heidelberg ihre Approbation als Apothekerin erlangt. Seitdem arbeitet sie in der Abteilung Forensische Toxikologie am Institut für Rechtsmedizin an ihrer Promotion. Ihr Forschungsschwerpunkt liegt hierbei in der postmortalen, toxikologischen Analyse von Insulin. Zusätzlich ist Cora Wunder seit 2009 Gutachterin in der Forensischen Toxikologie.

Dr. Esther Reuss, 38, ist seit 2002 als Gutachterin für molekularbiologische Spurenanalysen am Institut tätig. Auf dem Gebiet der Optimierung von Untersuchungstechniken geringfügiger DNA-Spuren forscht sie praxisorientiert in enger Zusammenarbeit mit der Kriminalpolizei. Esther Reuss promovierte an der Universität Mainz im Bereich Immungenetik und studierte Biologie an den Universitäten Marburg und Freiburg.

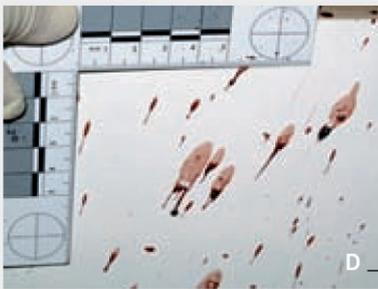


Abbildung 1: Skizze des Tatortes. Die eingezeichneten Blutantragungen A1, B1, C1, C5 und D sind für die Interpretation des Blutspurenverteilungsmusters besonders wichtig.

A1: Fächerartiges Blutspurenbild im rechten Bett, erzeugt von „unter Druck“ aus einer Arterie ausgetretenem Blut „projected blood“.

B1: Blutspurenbild an der rechten Schrankaußenseite mit zahlreichen blasenartigen Einschlüssen (bubbles).

D: Blutspurenbild am Bettkasten des linken Bettes mit zahlreichen „bubbles“.



tet das Blutspurenverteilungsmuster. Form und Verteilung von Blut in Blutspurenbildern zu interpretieren, ist ein wesentliches Element der forensischen Tatrekonstruktion und kann bei der Aufklärung von Delikten nützliche Hinweise liefern. Grundlage sind die physiko-chemischen und ballistischen Eigenschaften des Blutes außerhalb des Gefäßsystems. Wie Blut auf Oberflächen auftritt und abfließt, wie es aus dem Körper spritzt und auf der Haut verläuft, hängt nämlich von verschiedenen Größen ab: der Gravitationskraft, der Viskosität und Oberflächenspannung des Blutes. Außerdem kann man mithilfe der DNA-Analyse ausgewählter Blutspuren feststellen, ob das Blut von dem Opfer oder einer anderen Person stammt.

Am Tatort beschreibt die Rechtsmedizinerin mehrere, regional voneinander abgrenzbare Blutspurenkomplexe. Sie unterscheidet zwischen passiven Spurenbildern, zum Beispiel Blutlachen oder Tropfspuren, und aktiven Spurenbildern, die durch Ein-

wirkung des Täters entstehen, etwa Schleuder- oder Transferspuren. Erwartungsgemäß findet die Ärztin eine massive Blutlache in der Raummitte, dort wo das Opfer aufgefunden wurde (Abbildung 1, C1).

Auffällig hieran sind sekretartige Auflagerungen durch die Absonderung von Magen- beziehungsweise Speiseröhrensekreten sowie zahlreiche blasige Einschlüsse, „bubbles“. Diese finden sich auch in vielen weiteren Blutspuren auf dem Boden und an Gegenständen, zum Beispiel am Bettkasten des linken Bettes (Abbildung 1, D). Solche Gaseinschlüsse entstehen, wenn sich Blut in den Atemwegen einer verletzten Person ansammelt und ausgeatmet oder ausgehustet wird. Besonders bedeutsam für die Tatrekonstruktion ist dieser Befund an der Seitenfläche des Kleiderschranks, der an das rechte Bett grenzt (Abbildung 1, B1). Er belegt, dass dem Opfer die tiefe und tödliche Halsschnittverletzung bereits in liegender Position im Bett zugefügt worden sein muss. Dafür sprechen auch die flächenhaften Blutantragungen am Kopfende des Bettes und insbesondere fächerartige Spritzmuster, die aus linearen Tropfenstraßen bestehen (Abbildung 1,

Abbildung 1, C1).

Am nächsten Tag nimmt die Rechtsmedizinerin den Tatort erneut in Augenschein und begutach-

Tatrekonstruktion durch Blutspurenmuster

Am nächsten Tag nimmt die Rechtsmedizinerin den Tatort erneut in Augenschein und begutach-

A1). Diese entstehen, wenn Blut in einzelnen „Pulsschlägen“ aus einer Arterie spritzt. Die Ärztin kann diese Blutantragungen den festgestellten Verletzungen der rechtsseitigen Halsgefäße zuordnen.

An den Zimmerwänden und der bis 2,56 Meter hohen Decke erkennt die Blutspurenspezialistin zahllose beschleunigte Blutspuren. Diese weisen an einzelnen Stellen ein typisches „Cast-off“-Muster auf, das charakteristisch ist für ausholende, zuschlagende oder zustechende Bewegungen. Sie entstehen etwa, wenn sich Blut von einer Waffe durch eine beschleunigte Bewegung löst. Mithilfe computergestützter trigonometrischer Berechnungen ermittelt die Medizinerin später den Ursprung der Blutspuren. Sie müssen in einer Höhe von circa 1,50 Meter entstanden sein, was darauf schließen lässt, dass das Opfer währenddessen aufrecht im Raum stand. Diese Vorstellung passt auch zu dem größeren und intensiven Tropfspurenmuster vor dem Bett. Sie sprechen dafür, dass das Opfer an dieser Stelle verharrte, während Blut aus der stark blutenden Wunde auf den Boden tropfte (Abbildung 1, C5).

Fast auf Augenhöhe begutachtet die Ärztin zum Abschluss die Abdruckspur einer blutigen rechten Hand an der linken Zimmerwand, 1,40 Meter oberhalb des Bodens und 15 Zentimeter rechts des neben der Zimmertür befindlichen Lichtschalters (Transfer-/Kontaktspur, Abbildung 2).

Was geschah am Tatort?

Die Sachverständige schließt aus den Ergebnissen der Blutspurenverteilungsmusteranalyse, dass das Opfer im rechten Bett lag, als der Täter ihm die großen Schnittverletzungen am Hals zufügte. Dann sprang die Frau auf, und der Täter stach in stehender Position, unter anderem vor dem linken Bett, weiter auf sie ein. Die Frau ging zu Boden und blieb in der Mitte des Zimmers liegen, so, wie sie später von der Polizei gefunden wurde.

Rätselhaft bleibt die Abdruckspur der blutigen rechten Hand: Von wem stammt sie? Führt der Handabdruck zum Täter? Hat sich dieser durch Abrutschen am Messer selbst verletzt? Oder stammt der Handabdruck vom Opfer? Diese wichtigen Antworten erwartet die Rechtsmedizinerin von der DNA-Analyse, die sie jetzt in Auftrag gibt.

E-I-L-T, eine Mitarbeiterin des DNA-Labors markiert in großen Lettern die Fallakte mit den Blutspuren. Eilig ist die DNA-Analyse, weil sie die Frage beantwortet, ob neben dem Blut des Opfers noch eine fremde Blutspur zu finden ist. Dieses Wissen ist essenziell für die Interpretation des Blutspurenverteilungsmusters und die



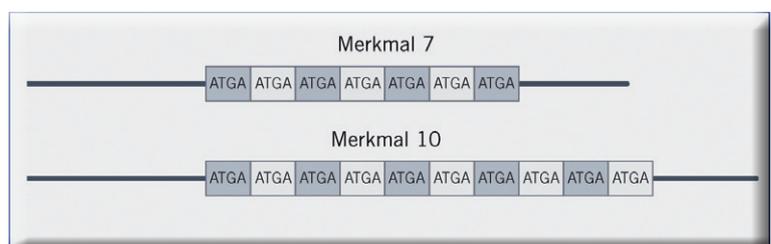
Abbildung 2: Blutige Handabdruckspur an der Wand neben der Zimmereingangstür.

weitere Ermittlungsarbeit der Kriminalpolizei. Aus den Blutabriebtupfern vom Tatort isoliert die Technische Assistentin die Erbsubstanz. Im Anschluss erstellt sie mithilfe der Polymerase-Kettenreaktion (PCR) das DNA-Profil, welches für jede Person spezifisch ist. Einzige Ausnahme sind eineiige Zwillinge.

Das DNA-Profil

Genetische Grundlage des DNA-Profiles sind kurze Abfolgen der vier DNA-Bausteine, die sich mehrfach hintereinander wiederholen. Diese Wiederholungseinheiten nennt man „short tandem repeats“ (STR) oder Mikrosatelliten (Abbildung 3). Sie liegen an zahlreichen Stellen im Erbgut (Genom) und befinden sich immer in

Abbildung 3: Auf den beiden DNA-Ausschnitten ist schematisch die modulartige Anordnung der Bausteinreihenfolge „ATGA“ gezeigt. Dieser nicht kodierende „short tandem repeat“ (STR)-Polymorphismus findet sich auf den Schwesterchromosomen in den Ausprägungen (Allelen) 7 und 10 wieder.



	SE 33		D21 S11		VWA		TH 01		FIBRA	
	Allel 1	Allel 2								
Leichnam	18	29.2	29	30	20	20	7	9.3	21	26
Handabdruck	29.2	33	29	32.2	17	20	7	8	21	28

Abbildung 4: DNA-Profil der Getöteten und des Verursachers der Handabdruckspur exemplarisch für die fünf Merkmalsysteme SE33, D21 S11, VWA, TH01 und FIBRA. Bei den beiden DNA-Profilen liegt in jedem Merkmalsystem eine Übereinstimmung vor (identisches Allel rot markiert). Durch die Untersuchung weiterer sechs Merkmalsysteme konnte eine nahe Verwandtschaft der beiden Personen bewiesen werden.

merkt außerdem eine auffällige Ähnlichkeit mit dem DNA-Profil der Getöteten, in jedem Merkmalsystem weisen die beiden Muster ein gemeinsames Allel auf (Abbildung 4). Sie hält daher eine nahe Verwandtschaft der beiden Personen für möglich und führt zur Absicherung eine biostatistische Berechnung durch. Das Ergebnis der Kalkulation legt nahe, dass der blutige Handabdruck von einem Sohn der Getöteten stammt.

nicht kodierenden Bereichen. Daher haben sie keinen Einfluss auf das Aussehen einer Person oder deren Eigenschaften. Verschiedene Personen unterscheiden sich lediglich in der Anzahl der Wiederholungseinheiten und weisen somit unterschiedliche STR-Merkmalstypen (Allele) auf. Die Benennung der Allele erfolgt numerisch nach der Anzahl der Wiederholungseinheiten.

Innerhalb der Bevölkerung existieren zahlreiche Allelvarianten. Um eine zuverlässige Unterscheidung zu erreichen, werden in Deutschland acht STR-Systeme auf verschiedenen Chromosomen untersucht sowie ein geschlechtsunterscheidendes Merkmal. Eine rein zufällige Übereinstimmung von DNA-Profilen ist unter einer Milliarde unverwandten Personen nicht zu erwarten.

Die DNA-Befunde im Blutspurenfall liegen nun vor; alle untersuchten Blutspuren zeigen eindeutige DNA-Profile. Die meisten davon sind identisch, so dass die Molekularbiologin die Blutlache und alle Blutspritzer dem Opfer zuordnen kann.

Nur der blutige Handabdruck zeigt das DNA-Profil eines Mannes. Die Wissenschaftlerin be-

Die Wende im Fall

Die Ermittlungsarbeit erfährt eine drastische Wendung, denn von einer Beziehungstat innerhalb der als harmonisch geltenden Familie sind die Ermittler bisher nicht ausgegangen. Der einzige Sohn der Getöteten wird erneut vernommen und mit den belastenden Befunden konfrontiert. Die Ermittlungsbeamten stellen bei ihm scharfrandige Verletzungen an der rechten Handinnenfläche fest.

Unter dem Druck der Indizien berichtet der Mann verzweifelt, vor wenigen Monaten in die Drogensucht abgerutscht zu sein. Er gesteht, die Mutter im Drogenrausch erstochen zu haben, da er nach einem vorangegangenen Streit plötzlich von unkontrollierbaren Hassgefühlen gegen sie übermannt worden sei. Der Sohn gibt an, bei der Tat nicht zurechnungsfähig gewesen zu sein. Sofort ordnet die Kriminalpolizei bei dem Täter eine forensisch-toxikologische Untersuchung an.

Handelte der Täter im Drogenrausch?

Forensische Toxikologen untersuchen Gifte, hierzu zählen Arznei- und Rauschmittel, Pflanzeninhaltsstoffe, Tiergifte und Alkohol. Im Vordergrund steht die Aufklärung von Verkehrs- oder strafrechtlichen Delikten sowie von Vergiftungs- und Mordfällen. Das Ziel der toxikologischen Untersuchung ist der Nachweis und die Quantifizierung von aufgenommenen Substanzen. Hierdurch können Aussagen über die pharmakologische Wirkung und somit über die Gefährlichkeit des „Giftes“ getroffen werden.

Die Konzentration wird in der Regel aus dem Blut ermittelt, da die aktuellen Blutkonzentrationen annähernd die pharmakologischen Wirkkonzentrationen widerspiegeln. Bei Mord- oder Suizidfällen werden bei einer Leiche als weitere Untersuchungsmaterialien Urin, Mageninhalt, Gewebe- und Haarproben herangezogen. Die

Verfahren der toxikologischen Analyse

Die toxikologische Analyse beginnt mit immunchemischen Vortests, die auf Antigen-Antikörperreaktionen beruhen. Weiterführend werden chromatografische Analyseverfahren wie die Gas- und Hochleistungsflüssigkeitschromatografie (GC und HPLC) eingesetzt, die oftmals mit der Massenspektrometrie (MS) gekoppelt sind. Bei der Gaschromatografie-Massenspektrometrie (GC-MS) verdampft man eine extrahierte Probe, und über Wechselwirkungen mit einer Trennsäule wird sie in ihre Einzelbestandteile aufgetrennt. Danach gelangen die Einzelsubstanzen über ein Trägergas in das Massenspektrometer und werden durch Elektronenbeschuss in Bruchstücke zerschlagen, deren Massen detektiert werden. Bis auf wenige Ausnahmen kann man für jede Substanz ein Massenspektrum erhalten, das einem spezifischen Fingerabdruck gleicht. Diese Verfahren gelten als beweisicher und sind damit vor Gericht verwertbar.

Analyse dieser Materialien liefert Hinweise auf den Aufnahmeweg, die ungefähre Aufnahmezeit und die Konsumgewohnheiten des Verstorbenen.

Bei dem Opfer des vorliegenden Falls werden routinemäßig sowohl die Körperflüssigkeiten Blut und Urin als auch Mageninhalt, Gewebe- und Haarproben untersucht. Das Ergebnis der Analyse ist negativ: Hinweise auf eine Beeinträchtigung des Opfers durch körperfremde Substanzen gibt es nicht. Bei dem tatgeständigen Sohn soll der Drogeneinfluss zur Tatzeit ermittelt werden. Seine Aussage, er habe die Tat im Drogenrausch verübt, lässt sich fast eine Woche nach dem Mord anhand einer aktuellen Blutentnahme nicht mehr bestätigen, da Drogen oder auch Arzneimittel in der Regel nicht länger als einen Tag nach der Aufnahme im Blut nachweisbar sind.

Um die Aussage des Täters dennoch überprüfen zu können, muss die Toxikologin den blutigen Handabdruck untersuchen, den er nach der Tat an der Wand hinterlassen hat. Die Spurensicherung geht daraufhin nochmals zum Tatort und schneidet ein Stück Tapete aus der Wand, an der das Blut des Täters haftet. Die Toxikologin extrahiert körperfremde Substanzen aus den getrockneten Blutspuren und analysiert diese mittels GC-MS. Sie findet in der getrockneten Blutprobe die Droge Kokain und deren Abbauprodukte (Abbildung 5). Kokain wirkt als Psychostimulans erregend auf das zentrale Nervensystem, so dass sich die Konsumenten ausgesprochen wach und leistungsstark fühlen. Oftmals überschätzen sie dabei ihre Fähigkeiten. Bei noch höheren Dosen wird häufig eine gesteigerte Aggressivität beobachtet, was beim Täter in Betracht kommen könnte.

Durch den eindeutigen Nachweis des Kokains im Blut kann somit die Behauptung des Täters bestätigt werden. Der Befund des Drogeneinflusses wird ihm wahrscheinlich eine Strafminderung verschaffen.

Fall 2: Tod auf dem Fußballplatz

Gespensische Stille im Stadion beim ersten Saisonspiel des Drittligisten FC Kaiserhof. Der 26-jährige Torwart bricht in der zwanzigsten Minute auf dem Spielfeld leblos zusammen. Sein

Herz steht still. Der anwesende Notarzt beginnt sofort mit der Wiederbelebung. Nach fünfminütiger Behandlung auf dem Rasen wird der bewusstlose Spieler in eine Klinik gebracht. Dort geben die Ärzte nach 40 weiteren Minuten die Wiederbelebungsversuche auf. Der junge Spieler ist plötzlich und unerwartet verstorben.

Die Ehefrau des Verstorbenen beschreibt dem Arzt ihren Mann als sportlich, gesund lebend und ohne ernsthafte Vorerkrankungen. Der Klinikarzt kann keine eindeutige Todesursache feststellen. Er ist sich seiner Verantwortung beim Ausfüllen des letzten Dokumentes des Toten bewusst und kreuzt auf dem Leichenschauchein „Todesart ungeklärt“ an. Daraufhin muss die Polizei verständigt werden. Nachdem der richterliche Beschluss vorliegt, wird der Leichnam im Rechtsmedizinischen Institut obduziert.

Die Kriminalbeamten informieren die diensthabende Rechtsmedizinerin über die Hintergründe des Falls. Das Sektionsteam beginnt am frühen Abend die nunmehr vierte Obduktion des Tages. Die Leichenöffnung ergibt keine Hinweise auf die Todesursache des jungen Torwarts. Die toxikologische Untersuchung schließt aus, dass ein Einfluss von Betäubungsmitteln, zentral wirksamen Arzneistoffen oder anderen toxikologischen Schadstoffen vorlag. Auch bei der histologischen Untersuchung der Organe und der neuropathologischen Untersuchung des Gehirns können die Mitarbeiter der Rechtsmedizin keine Hinweise auf die Todesursache feststellen.

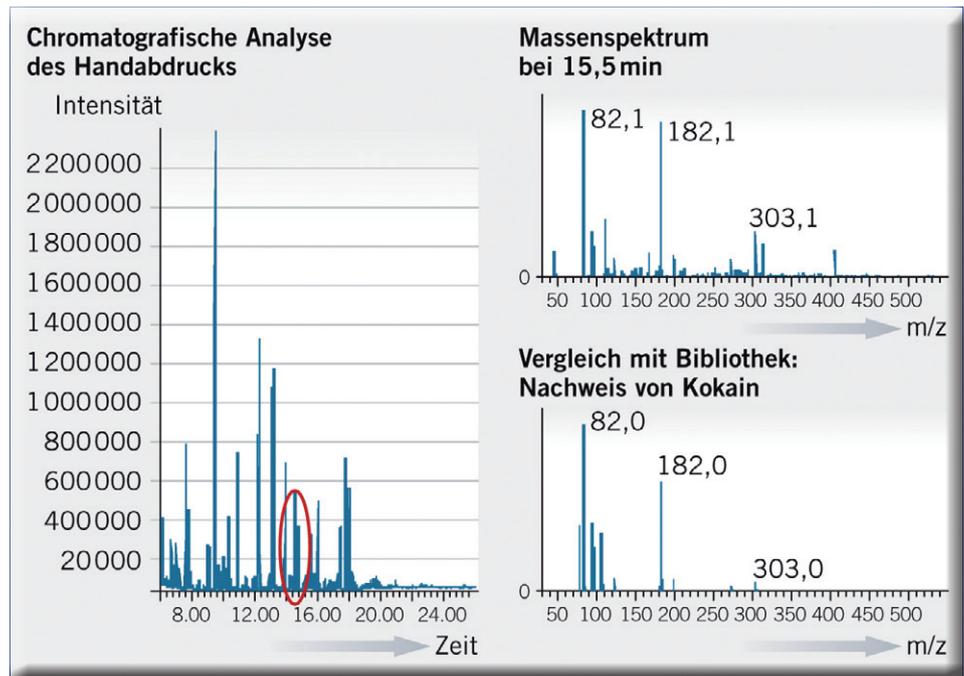


Abbildung 5: Links: Totalionenchromatogramm der extrahierten Blutprobe, Signal bei 15,5 min entspricht Kokain. Rechts oben: Massenspektrum des Signals bei 15,5 min. Rechts unten: Massenspektrum von Kokain mit den typischen Fragmentationen 82 und 182 sowie des Massenpeaks bei 303 (Referenz). Beim Vergleich mit dem Signal bei 15,5 min lässt sich eine Übereinstimmung erkennen, weswegen das Signal bei 15,5 min eindeutig Kokain zugeordnet werden kann.

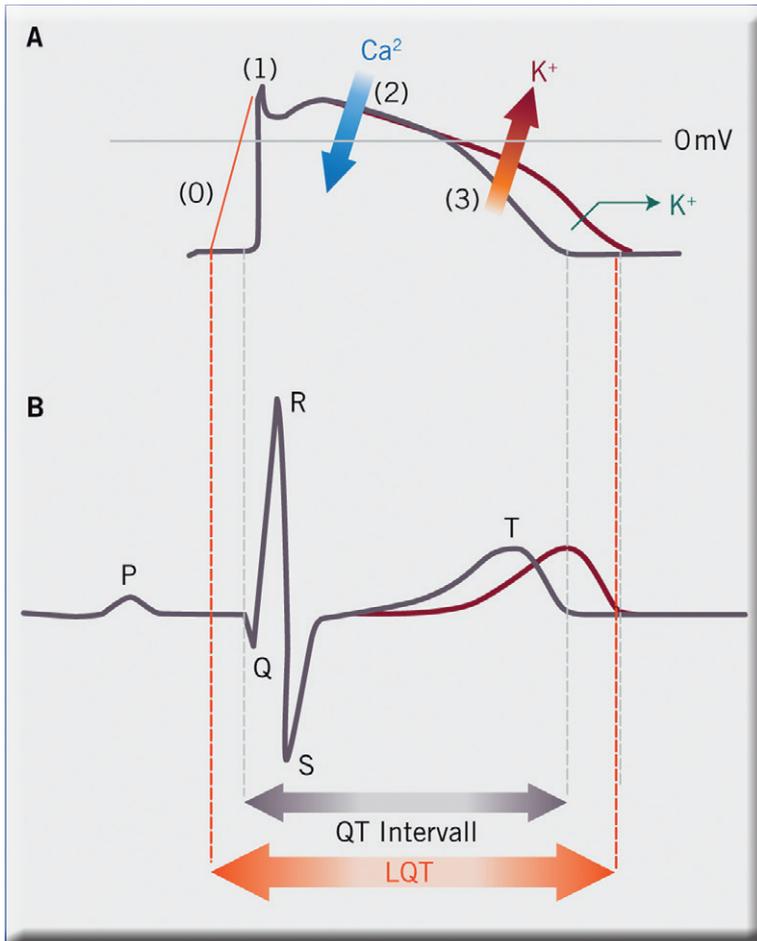


Abbildung 6: A: Aktionspotenzial von Herzmuskelzellen. Verantwortlich für die Erregung der Herzmuskelzellen ist das Aktionspotenzial, welches durch ein komplexes Zusammenwirken verschiedener Ionenströme entsteht (Ca^{2+} : Kalzium-Ion, K^{+} : Kalium-Ion). 6 B: Elektrokardiogramm (EKG): Der Name LQT-Syndrom bezieht sich auf das QT-Intervall auf dem EKG. Das QT-Intervall gibt die Zeitspanne vom Beginn der Erregungsausbreitung bis zum Ende der Erregungsrückbildung (Repolarisationszeit) in der Herzkammer an. Im Vergleich zu gesunden Personen ist dieser Vorgang bei Patienten mit LQT-Syndrom verlängert (orange gekennzeichnet).

Der plötzliche Herztod

Solche, auch nach einer Autopsie ungeklärten Todesfälle werden als „sudden unexplained death syndrome“ bezeichnet. Ursachen hierfür sind oftmals Herzrhythmusstörungen, bedingt durch Herzerkrankungen wie das Long-QT-Syndrom (LQTS), das Brugada-Syndrom und die catecholaminerge polymorphe ventrikuläre Tachykardie. Diese primär elektrischen Herzerkrankungen beruhen auf einer defekten Reizleitungsstörung: Die elektrischen Signale, die zur geordneten Kontraktion des Herzens ausgesandt werden, können sich nicht mehr störungsfrei ausbreiten. Vor allem Veränderungen im genetischen Bauplan von Ionenkanälen oder Rezeptoren des Herzens können zu Fehlfunktionen der Membranbausteine in den Muskelzellen führen. Als Folge treten Herzrhythmusstörungen auf, im schlimmsten Fall kommt es zum plötzlichen Herztod.

Die meisten krankheitsverursachenden Mutationen haben Wissenschaftler in den Genen von Ionenkanälen beschrieben. So führen Mutationen in zwei Kaliumkanälen und dem Natriumkanal des Herzens in der Regel zu einem veränderten Strömungsverhalten der Kanäle, was ein verlängertes Aktionspotenzial im Herzen zur Folge hat. Dies zeigt sich im Elektrokardiogramm (EKG) als Veränderung eines bestimmten Parameters (QT-Zeit; Abbildung 6).

Die Obduzentin weiß, dass diese primär elektrischen Herzerkrankungen für etwa ein Drittel der autopsisch negativen (auf den ersten Blick unerklärlichen) Todesfälle verantwortlich sein können, und wie wichtig die Suche nach krankheitsverursachenden Mutationen bei Fällen mit unklarer Todesursache ist. Daher übergibt sie der Molekularbiologin aus der am Institut etablierten Arbeitsgruppe „Molekulare Pathologie“ eine Blutprobe des Fußballspielers. Labormitarbeiter isolieren die DNA aus der Blutprobe und vervielfältigen mithilfe der PCR-Technik kodierende Bereiche der entsprechenden Gene. Eine spezielle chromatografische Auftrennung (Denaturing High Performance Liquid Chromatography, DHPLC) erlaubt den Nachweis von genetischen Veränderungen in den entstandenen PCR-Produkten. Ist das Chromatogramm auffällig, wird die exakte Abfolge der DNA-Bausteine entschlüsselt. Bei dem jungen Torwart findet die Molekularbiologin auf diese Weise in einem Gen einen kleinen, aber tödlichen Fehler. Durch den Austausch eines einzigen DNA-Bausteins im kardialen Natriumkanal kam es zu einer Fehlfunktion und dadurch zu einer unkoordinierten Erregungsleitung am Herzen. Als Folge starb der Torwart am plötzlichen Herztod. **CLB**

SNPs und DHPLC

Denaturing high performance liquid chromatography (DHPLC) verwendet Umkehrphasen-HPLC, um Einzelnukleotid-Polymorphismen (SNP von single nucleotide polymorphism) zu untersuchen. Mit SNPs werden Variationen einzelner Basenpaare in einem DNA-Strang bezeichnet. SNPs stellen ca. 90 Prozent aller genetischen Varianten im menschlichen Genom dar; sie treten nicht gleichverteilt auf, sondern nur ungleichmäßig stark an bestimmten Regionen. Zwei Drittel aller SNPs bestehen aus dem Austausch von Cytosin durch Thymin, da Cytosin im Wirbeltier-Genom häufig methyliert wird. Bei der DHPLC-Analyse von SNPs erhitzt man DNA-Fragmente zu einer Schmelze und lässt sie wieder abkühlen. DNA ohne SNPs unterscheidet sich von DNA mit SNPs durch eine unterschiedliche Schmelztemperatur, wenn man die DNA-Fragmente dann nochmals erhitzt. Das führt zu einer unterschiedlichen Retentionszeit in der Chromatographiesäule.

Bauteilschäden, die sich automatisch reparieren

Selbstheilende Werkstoffe durch Nanotechnik und Polymerchemie

Wenn etwas von selbst passiert ist das oft faszinierend, manchmal auch bedrohlich – oder einfach angenehm. Die letztgenannte Eigenschaft verdeutlichen insbesondere selbstheilende Werkstoffe. Sie sollen Beschädigungen selbstständig reparieren und so die Funktionsfähigkeit eines Bauteils aufrecht erhalten können. In den letzten Jahren ist die Entwicklung in diesem Bereich rasant gewachsen (Abbildung 1). Kein Wunder: Ihnen werden gute Zukunftsaussichten vorausgesagt.

Selbstheilende Werkstoffe gehen teilweise auch über das Konzept molekular selbstorganisierender Substanzen, die in dem Artikel über emergente Phänomene in der vorausgegangenen CLB 11-2010 beschrieben wurden, hinaus. Die automatische Aktion – das „selbst“ – bezieht sich dabei auf ein System, nicht nur auf eine Substanz. Bei Materialien aus supramolekularen Polymeren findet sich die Selbstorganisation dann allerdings wieder...

Für ein selbstheilendes Bauteil gibt es seit langem ein bekanntes Beispiel: Metallisierte Kunststoff-Folienkondensatoren sind selbstheilend (Abbildung 2). Bei einem punktuellen Kurzschluss zwischen den metallisierten Elektroden verdampft infolge hoher Lichtbogentemperatur sowohl das Dielektrikum in der Durchschlagstelle als auch die metallischen Folienbeläge, die nur eine Stärke von etwa 0,02 bis 0,05 Mikrometer haben, in der Umgebung der Durchschlagstelle. Die Kurzschlussursache wird quasi weggebrannt. Auch Metallpapierkondensatoren – bestehend aus je zwei mit Aluminium metallisierten Papierstreifen – sind selbstheilend.

Moderne selbstheilende Werkstoffe

Im Unterschied zu diesem älteren Beispiel von Selbstheilung in der Technik arbeiten moderne selbstheilende Werkstoffe einerseits durch Interaktionen verschiedener fein miteinander verbundener oder vermischter Materialien, heterogenen Werkstoffsystemen also. Andererseits ermöglichen Veränderungen auf molekularer Ebene des Materials Selbstheilungsprozesse; sie können auch als homogene Werkstoffsysteme ausgeführt werden. Zudem reagieren selbstheilende Werkstoffe auf die unterschiedlichsten Arten von „Verletzungen“: Ermüdungerscheinungen, Haarrisse, Kratzer, Korrosionsschäden.

Selbstheilung in heterogenen Systemen

Möglich werden derartige Materialsysteme insbesondere durch die heutige Mikro- und Nanotechnik. In einem Überblick über Entwicklung und Anwendung von selbstheilenden Werkstoffen beschreibt Dr. Heinz Eickenbusch von der VDI Technologiezentrum GmbH (VDI-TZ) verschiedene Ansätze für die Herstellung heterogener Werkstoffsysteme. Zum einen gebe es eine Komposit-Methode auf Basis von Mikro-/ Nanokapseln und Katalysatoren. Bei diesem Ansatz seien Oberflächen- und Schutzschichten oder Massiv-Kunststoffbauteile (Duroplaste, Thermoplaste)

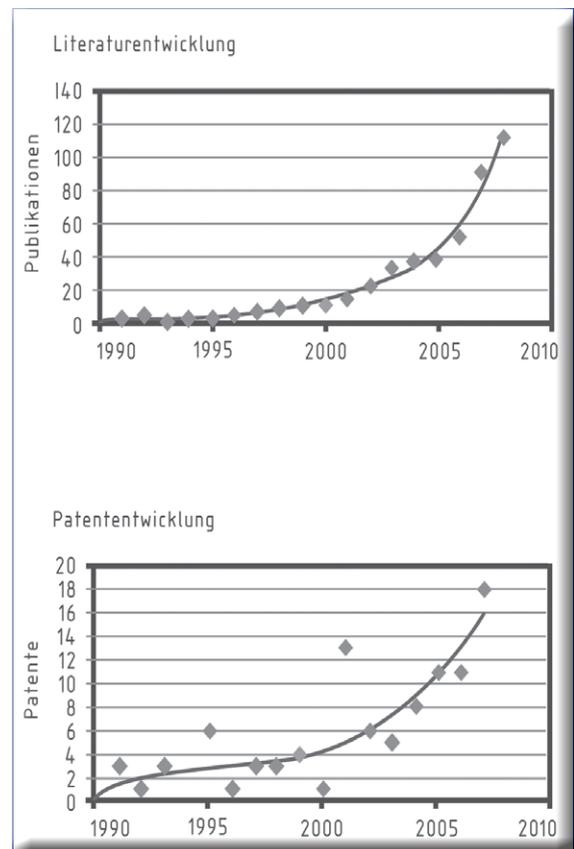
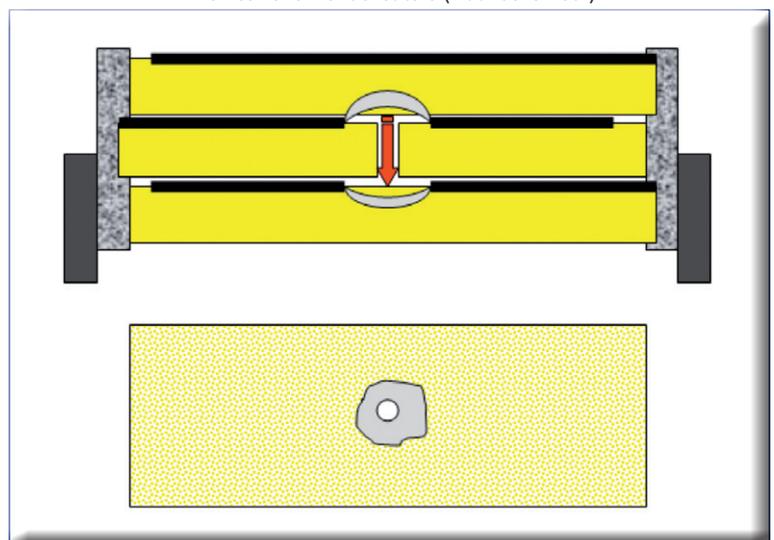


Abbildung 1: Oben: Literaturrentwicklung weltweit auf dem Gebiet „Self-Healing Materials“ (Quelle: Datenbank CAPlus). Unten: Patententwicklung seit 1990 (Quelle: WPINDEX-Datenbank; Abbildungen jeweils VDI / ZTC).

Abbildung 2: Schema der Selbstheilung bei einem punktuellen Kurzschluss zwischen metallisierten Kunststofffolien eines Folienkondensators (Abb.: Jens Both).



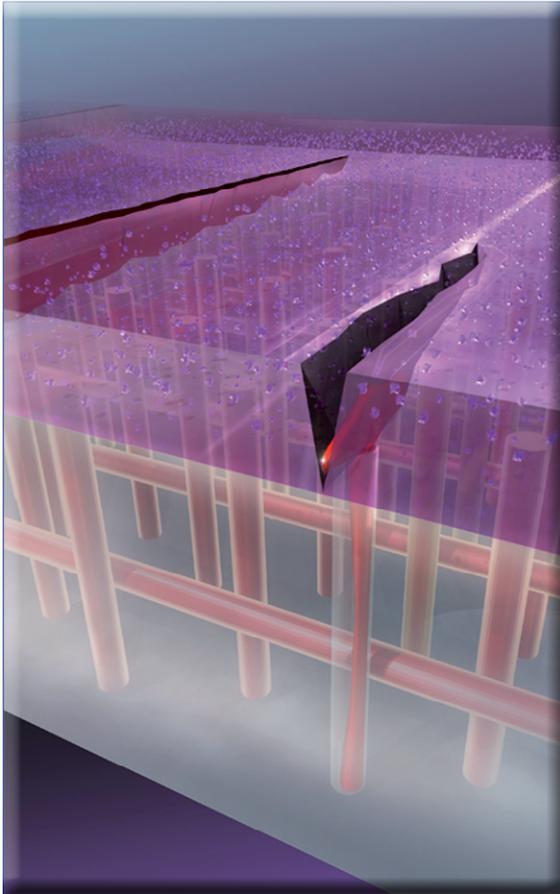


Abbildung 3: Oben: Schema eines Werkstoffs mit einem mikrovaskulären Netzwerk zur Selbstheilung, einem Forschungsprojekt aus den USA. Die ggf. zu heilende Deckschicht besteht aus hartem, sprödem Epoxidharz; die das Netzwerk enthaltende Schicht ist aus zähem, duktilen Polymerwerkstoffen aufgebaut. Das heilende Material läuft durch das Röhrennetz, wenn ein Riss auftritt. Im Kontakt mit einem Katalysator (lila Kügelchen) polymerisiert das Material. Bis zu sieben „Heilungen“ ließen sich mit diesem Aufbau ausführen. Um die Limitierung durch die Katalysatormenge aufzuheben experimentieren die Forscher mit einem dualen in den Werkstoff eingearbeiteten Netzwerk (Abb.: Janet Sinn Hanlon / Univ. of Illinois at Urbana Champaign UIUC).

Unten: Ebenso hat man mit Inkjet-Technik einen Werkstoff geschaffen, der die Selbstheilung nicht nur auf die Oberfläche beschränkt. Er besteht aus bis zu 100 selbstheilender Schichten (Abb.: Rob Shepherd, UIUC).



so- wohl mit Mikro- bzw. Nanokapseln (Durchmesser 10 nm bis 300 nm) als auch mit einem Metallkatalysator bzw. Härter durchsetzt. Die Kapseln enthalten flüssige Selbstheilungssubstanzen wie reaktive Polymermonomere (z. B. Epoxy-, Dicyclopentadien- oder Polydimethylsiloxan-Derivate). Weitet sich nun ein Riss im Material aus, dann reißt er unweigerlich auch einige der Kapseln mit auf. Der Inhalt fließt in den Spalt und füllt die Lücke. Durch eine Reaktion mit dem in der Matrix dispergierten Härter bzw. Katalysator, z. B. auf Ruthenium-Basis, wird ein Polymerisationsprozess ausgelöst, so dass sich die Monomere zu einem stabilen Polymer-Netzwerk verbinden und damit den Riss wieder verschließen.

Wie Eickenbusch darlegt, werden in neueren Ansätzen katalysatorfreie, selbstheilende Materialsysteme verfolgt, bei denen bestimmte Lösungsmittel wie Chlorbenzol oder weniger toxische aromatische Ester-Lösungsmittel wie z. B. Phenylacetat und Ethylphenylacetat den Stofftransport zur Stelle des Risses übernehmen. Solche Systeme werden auch für eine neue Generation von selbstheilenden Antikorrosionsbeschichtungen für Metalle erforscht. Im Epoxy-Primer sind wenige Mikrometer oder Nanometer große Polymerkügelchen, die mit organischen und anorganischen Korrosionshemmern gefüllt sind, gleichmäßig verteilt. Selbstheilende Substanzen können je nach Bedarf freigesetzt werden, etwa bei Änderung der Temperatur, des elektrochemischen Potentials, des lokalen pH-Wertes oder auch beim Auftreten von Korrosionsprodukten.

Bei Mensch und Tier erfolgen Selbstheilungsprozesse durch die Lieferung von „Baumaterialien“ über die Blutbahn. Auch wiederholte Verletzungen lassen sich so heilen; man erinnere sich nur, wie oft Kinder ihre Knie aufkratzen – zumindest wenn sie

real und nicht nur mit der Spielekonsole etwa Fußball spielen. In selbstheilenden Werkstoffen auf Nanokapselbasis ist so etwas prinzipbedingt nicht möglich; einmal aufgeplatzt geben die Kapseln ihren kompletten Inhalt frei. Erneute Schäden können nicht ausgeglichen werden.

Aber auch für solche Fälle haben Materialentwickler mittlerweile Lösungen bereit. Sie schaffen Materialien, die Mikroröhrensysteme enthalten, ähnlich wie Adern das Körpergewebe durchziehen (Abbildung 3). Im Schadensfall fließen durch diese mikrovaskulären Netzwerke, die mit externen Tanks für die stoffliche Versorgung verbunden sind, die Reparaturstoffe. Derartige Werkstoffe befinden sich allerdings in einem Experimentalstadium. Für eine Massenfertigung sind sie wohl auf lange Sicht zu teuer. Auch Faserverbundbauteile, die sowieso schon beispielsweise über Glasfasern verfügen, bieten Voraussetzungen für mikrovaskuläre Netze zur Selbstheilung. Zusätzliche Fasern könnten Epoxidharz an zu heilende Risse transportieren. Beigemischte Farbstoffe könnten bei späteren Wartungsarbeiten auf Schadstellen hinweisen.

Homogene selbstheilende Werkstoffe

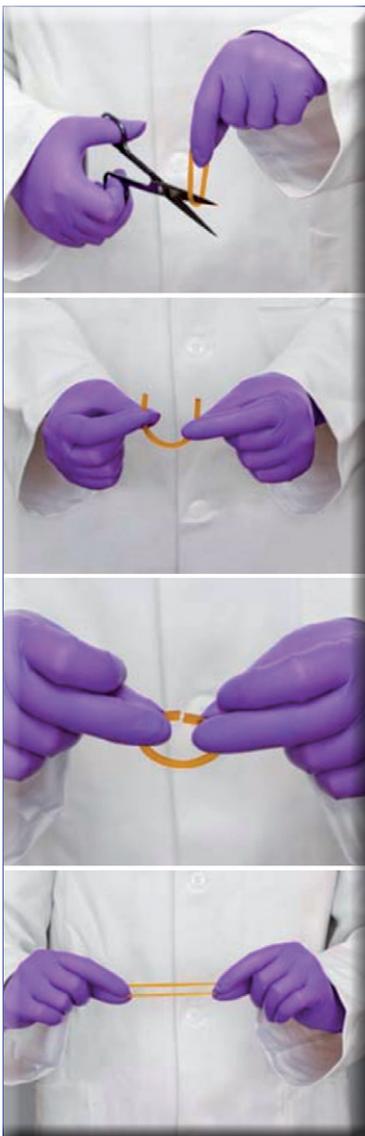
Ganz ohne einen Zusatz von Selbstheilungsstoffen kommen Polymere aus, die reversibel chemische Bindungen öffnen und schließen können. Bei dieser Methode werden chemische Bindungen mit Hilfe eines äußeren Reizes wie Licht oder Wärme neu gebildet und Risse im Material verbrückt.

Supramolekulare Polymere

Eine Grundlage dafür schaffen supramolekulare Polymere. Die molekularen Teilstrukturen dieser Polymere werden nicht durch kovalente Bindungen, sondern durch vergleichsweise schwache intramolekulare Bindungen wie etwa Wasserstoffbrückenbin-

dungen, Ionenbindungen, Metall-Ligand-Wechselwirkungen, Van-der-Waals- oder hydrophobe Wechselwirkungen zusammengehalten werden. Diese intramolekularen Bindungen können durch Temperaturerhöhung leicht aufgebrochen werden, lassen sich durch Abkühlen jedoch auch schnell wieder zurückbilden. Das prädestiniert solche Polymere für

Abbildung 5: Aufbauend auf Forschungen der Pariser Ecole Supérieure de Physique et Chimie Industrielle (ESPCI) entwickelte Arkema – 2004 abgespalten aus Atofina, die Chemiebranche von Total und Elf – ein selbstheilendes Elastomer. Einen Gummiring daraus kann man zerschneiden und ohne Klebstoffe wieder zusammenfügen. Problemlos hält er dann wieder ein Anspannen aus (Abb.: Arkema).



selbstheilender Materialien (Abbildung 4).

Werden beispielsweise im Falle eines supramolekularen thermoplastischen Elastomers die gebrochenen Wasserstoffbrücken an den Trennflächen in Kontakt gebracht, wird innerhalb kurzer Zeit wieder eine Verbindung zwischen den beiden Enden hergestellt. Grundlegend hierfür sind übrigens wieder selbstorganisierende Prozesse – womit wiederum ein Beispiel für deren große Bedeutung bei heutiger Forschung und Entwicklung genannt ist. Ein entsprechendes Material des französischen Unternehmens Arkema ging übrigens im vergangenen Jahr in industrielle Produktion (Abbildung 5).

Übrigens: Während kovalent gebundene Polymere in der Natur eine große Rolle spielen (DNA, Polypeptide, Cellulose), sind relativ wenige natürlich vorkommende supramolekulare Polymere bekannt. Ein Beispiel supramolekularer Polymerisation in der Natur ist die Selbstassemblierung des Tabakmosaikvirus.

Ein anderer Ansatz zur Herstellung selbstheilender Werkstoffe ohne den Zusatz von entsprechenden Heilungstoffen verwendet Kunststoffe wie Polyurethane, die mit Chitosan vernetzt sind und unter UV-Bestrahlung die Fähigkeit zur Selbstheilung besitzen. Chitosan besteht aus einem Netz von zuckerartigen Molekülketten, die zusätzlich in kurzen Abständen Oxetanmoleküle enthalten. Wird das Material beschädigt, öffnen sich die Oxetanringe und bilden reaktive Enden, an denen sich leicht andere Moleküle anlagern können. Unter UV-Einstrahlung brechen auch beschädigte Chitosanketten weiter auseinander und die freien Chitosanstücke lagern sich an die reaktiven Oxetanenden an. Auf

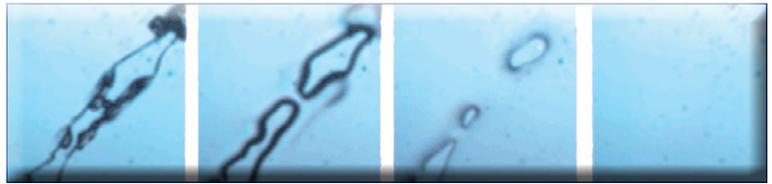


Abbildung 4: Eine Elastomerfolie mit einem kleinen Kratzer von ca. einem zwanzigstel Millimeter Breite (links) heilt sich bei Temperaturerhöhung auf 140 Grad Celsius (die zwei mittleren Bilder) vollständig selbst (rechtes Bild). Die Bilder verdeutlichen auch eine weitere Folge der schwachen intramolekularen Bindungen supramolekularer Polymere: ihre geringe Viskosität von Schmelzen (Abb.: SupraPolix BV).

diese Weise entstehen neue Chitosanketten, die kleine Kratzer wieder verschließen.

Absehbare Anwendungen

Absehbare Anwendungen für selbstheilende Materialien gibt es viele. Interessant sind sie immer dort, wo sicherheitsrelevante Aspekte zum Tragen kommen, oder wo Reparaturen etwa durch Unzugänglichkeiten sehr aufwändig und teuer werden. Von daher interessant wären etwa Anwendungen bei medizinischen Implanteten.

Besonders aufwändig sind aber zum Beispiel auch Reparaturen bei Flügeln von Windkraftanlagen. Sie sind hohen dynamischen Belastungen ausgesetzt, was zu Materialermüdungsschäden führt. Da sie aus glasfaserverstärktem Epoxidharz bestehen könnten in ihnen selbstheilende Materialien eingesetzt werden.

Schwer zugänglich sind auch Tiefseekabel – egal ob sie der Energieversorgung oder der Datenübertragung dienen. Hier könnten selbstheilende Materialien ebenfalls für längeren sicheren Betrieb sorgen. Ähnliches gilt für Gaspipelines, aber auch für Fragen der Hausisolation und des Schutzes vor eindringendem Wasser. Auskleidungen von Brücken, Tunneln und Dämmen gehen in dieselbe Richtung. Sicherheitsaspekte gibt es aber auch hinsichtlich der Verhinderung von Korrosion etwa bei Teilen der Auto- oder Flugzeugkonstruktion. Selbstheilende Kratzer von Autolacken erscheinen da schon eher als Luxusproblem... RK

Eine Lampe aus einzelnen Molekülen

Optoelektronische Komponente für molekulare Elektronik

Jetzt ist es erstmals gelungen, aus einzelnen Molekülen elektronische Bauelemente herzustellen und diese zum Leuchten anzuregen. Als Nachweis der molekularen Elektrolumineszenz dient der spektroskopische Fingerabdruck des Moleküls.

Für die Forscher der Uni Basel und des KIT Karlsruhe bestand die besondere Herausforderung darin, kleinste Strukturen – Moleküle – mit makroskopischen Strukturen – Elektroden – zu verbinden. Um Ladungstransport und Lichtemission zu ermöglichen, müssen die elektronischen und optischen Eigenschaften von Molekül und Nanoröhrenelektroden aufeinander abgestimmt sein. Sowohl die Moleküle als auch die Elektroden aus Kohlenstoff-Nanoröhren wurden daher von den Forschern eigens für dieses Verfahren entwickelt.

Die synthetisierten 7,5 Nanometer langen stäbchenförmigen Moleküle mit lichtaktiven Kern und die aufbereiteten Kohlenstoff-Nanoröhren erfüllten diese Anforderungen. Durch kontrollierte

strominduzierte Oxidation gelang es, Nanoröhren-Elektroden mit winziger Lücke – kleiner als zehn Nanometer – zu erzeugen. Die in Lösung befindlichen Moleküle werden dann mittels Dielektrophorese, einer Feld-induzierten Form der Selbstorganisation, zwischen die Nanoröhrenelektroden abgetrennt.

Für die ausreichende Stabilität der Nanoröhren-Molekül-Nanoröhren Kontakte sorgen spezielle Ankergruppen an den Molekülen. Wird an einen solchen Kontakt ei-

ne Spannung von einigen Volt angelegt, leuchtet das Molekül. Mit Hilfe eines empfindlichen Mikroskopaufbaus konnten die Forscher dieses Licht detektieren und nachweisen, dass es aus dem Kern des Moleküls emittiert wird.

Originalveröffentlichung: Electroluminescence from a single nanotube-molecule-nanotube junction; C. W. Marquardt, S. Grunder, A. Blaszczyk, S. Dehm, F. Henrich, H. v. Löhneysen, M. Mayor, R. Krupke; Nature Nanotechnology, published online 28. November 2010; doi 10.1038/NNANO.2010.230.

Spitze Sonden aus der Mikrowelle

Kohlenstoffnanoröhren wachsen auf Kobaltkugeln

Chemikern der Universität Jena ist es gelungen, eine neuartige Herstellungsmethode zu entwickeln, die das Wachstum von Kohlenstoffnanoröhren direkt auf der Rastersonde von Rasterkraftmikroskopen erlaubt.

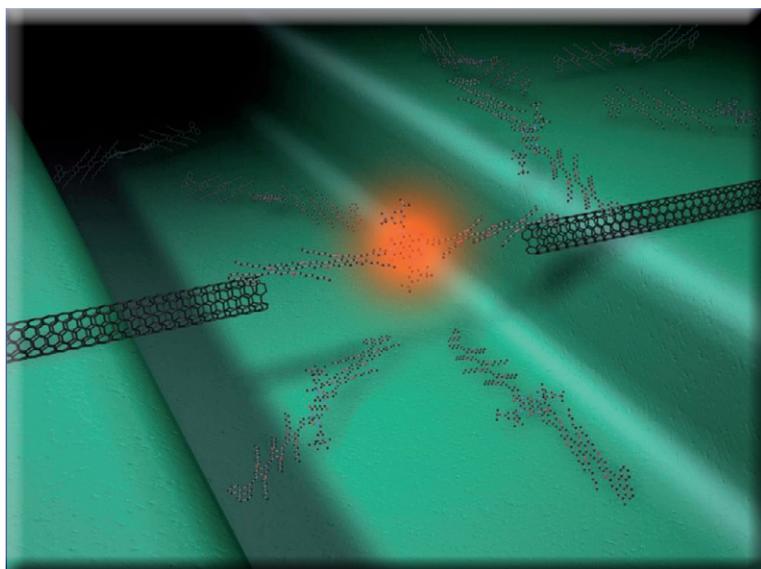
Mit der Rasterkraftmikroskopie werden Oberflächen so abgetastet, dass selbst kleinste Nanostrukturen

zu verbessern. Allerdings lassen sie sich in der Praxis nur schwer auf den Rastersonden verankern, was ihre Einsatzmöglichkeiten bisher einschränkt.

Die Jenaer Forscher um Prof. Ulrich Schubert griffen zur Herstellung jetzt zur Mikrowellenstrahlung, die für ein schonendes, aber sehr schnelles Wachstum der Nanoröhren sorgt. Dieses Wachstum beginnt an kleinen Kobaltkugeln, die mit Hilfe der Mikroskopiesonde aufgenommen werden. Die Metallkugeln in der Mikrowelle heizen sich dabei sehr stark auf und erzeugen eine Temperatur, die ausreicht, um Alkoholdampf in Kohlenstoff umzuwandeln. Durch die besonderen Bedingungen in der Mikrowelle, in der Drücke von bis zu 20 bar erzeugt werden können, entstehen auf diese Weise sehr schnell Kohlenstoffnanoröhren.

Nach Angaben der Wissenschaftler kosten die Rasterkraftsonden derzeit noch über 350 Euro pro Sonde. Mit ihrem neuen Herstellungsverfahren soll ein Preisniveau erreicht werden können, dass den Einsatz solcher Sonden auch bei Routineaufgaben erlaubt.

Das Bild zeigt einen Einzelmolekülkontakt zwischen zwei Kohlenstoffnanoröhren. Mit diesem Aufbau konnte erstmals über die Einzelmolekülelektrolumineszenz die Anwesenheit des Moleküls im Kontakt nachgewiesen werden (Abb.: KIT).



sichtbar werden. Für die Bildqualität spielt die verwendete Sonde eine bedeutende Rolle, da ihre Größe die abbildbare Dimension begrenzt – je kleiner die Sonde ist, umso kleiner können die Strukturen sein, die sich noch erkennen lassen. Kohlenstoffnanoröhren gelten als hervorragendes Material, um käufliche Rastersonden weiter

Ehre und Forschungsfreiheit für 4 Frauen, 6 Männer

Leibniz-Preise 2011 – ausgewählt aus 152 Vorschlägen

Der Hauptausschuss der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) erkannte am 2. Dezember vier Wissenschaftlerinnen und sechs Wissenschaftlern den Leibniz-Preis 2011 zu. Die Ausgezeichneten waren aus 152 Vorschlägen ausgewählt worden. Sie erhalten je ein Preisgeld von 2,5 Millionen Euro.

Die Leibniz-Preisträger 2011 im Kurzporträt:

Prof. Dr. Ulla Bonas (54; Molekulare Phytopathologie, Uni Halle-Wittenberg) ist eine der weltweit führenden Forschenden auf dem Gebiet der Wechselwirkungen zwischen pathogenen Bakterien und Pflanzen. Die Mikrobiologin befasst sich seit gut 20 Jahren mit dem Pflanzenpathogen *Xanthomonas campestris* pv. *Vesicatoria* (Xcv), das besonders bei Paprika und Tomaten von Bedeutung ist. Bonas Forschungen sind auf das engste verbunden mit einem zentralen Avirulenzgen von Xcv, dem AvrBs3-Gen. In einer Reihe von aufsehenerregenden Arbeiten gelang ihr zunächst die Klonierung und Charakterisierung des AvrBs3 und anschließend die Aufklärung seiner Funktionalitäten. Mit diesen trägt das AvrBs3 einerseits zum Zellwachstum bei, wobei es die Pflanze trickreich dazu bringt, es mit Nährstoffen zu versorgen. Andererseits löst es in resistenten Pflanzen durch eine Bindung an das Bs3-Gen ein Suizidprogramm aus, das den Zelltod bewirkt, sodass das Pathogen keine Nährstoffe mehr erhält – womit die Pflanze dem Bakterium seinen Trick gleichsam „heimzahlt“.

Prof. Dr. Christian Büchel (44; Kognitive Neurowissenschaften, Uniklinikum Hamburg-Eppendorf) erhält den Leibniz-Preis für seine grundlegenden Forschungen zu neuronalen Netzwerkeigenschaften, die bei komplexen Hirnprozessen wie Lernen, Gedächtnis, Sprache, Angst und Schmerz zum Tragen kommen.

Prof. Dr. Anja Feldmann (44; Informatik, TU Berlin) gilt in Deutsch-

land als die wissenschaftliche Expertin für das Internet. Vor allem mit ihren Arbeiten zur Internet-Verkehrsanalyse und -Modellierung sowie zum Internet-Routing hat sie über die Grundlagenforschung hinaus auch die praktische Entwicklung des Internet entscheidend geprägt.

Prof. Dr. Kai-Uwe Hinrichs (47; Organische Geochemie, Uni Bremen) verbindet in seinen Forschungen die Geochemie mit der Mikrobiologie. Er interessiert sich vor allem dafür, wie bestimmte Mikroorganismen den Kohlenstoffkreislauf beeinflussen und welche Auswirkungen diese Prozesse auf unseren Planeten haben. Schon früh konnte Hinrichs zeigen, dass die tiefe Biosphäre des Ozeans von Archaeen belebt ist, die nicht nur an der Bildung von Methan, sondern auch an bis dahin kaum erforschten Bildungsprozessen komplexerer Kohlenwasserstoffe wie Ethan und Propan beteiligt sind.

Prof. Dr. Anthony A. Hyman (48; Zellbiologie, Max-Planck-Institut für Molekulare Zellbiologie und Genetik, Dresden) wird als einer der weltweit führenden Zellbiologen mit dem Leibniz-Preis ausgezeichnet. Seine Forschungen an der Nahtstelle zwischen der Zellbiologie und der Entwicklungsbiologie gehen vor allem der Frage nach, welche Rolle die Mikrotubuli bei der Zellteilung spielen.

Prof. Dr. Bernhard Keimer (46; Experimentelle Festkörperphysik, Max-Planck-Institut für Festkörperphysik, Stuttgart) ist einer der international herausragendsten Vertreter auf dem Gebiet der Neutronenstreuung, sein Name steht für eine eigene Methodik, mit der er die seit mehr als 20 Jahren laufende und noch immer faszinierende Suche nach den Mechanismen der Hochtemperatur-Supraleitung in Cupraten – chemischen Verbindungen mit einem kupferhaltigen Anion – vorantreibt.

Prof. Dr. Franz Pfeiffer (38; Lasermedizin, TU München) ist bereits mit 38 Jahren eine internationale Kapazität in der Röntgenfor-

schung. Seine Arbeiten haben der Röntgenforschung neue Wege zur Visualisierung von Gewebe eröffnet. Dabei ging er von dem Phänomen der Phasenverschiebung aus, die beim Röntgen während der Gewebedurchquerung auftritt und durch das Wechselspiel von konstruktiver und destruktiver Interferenz einen deutlichen Kontrast entstehen lässt (siehe CLB 09-2010 „Phasenkontrastverfahren in der Röntgentechnik“, S. 415-417).

Prof. Dr. Joachim Friedrich Quack (44; Ägyptologie, Uni Heidelberg) erhält den Leibniz-Preis als einer der international bedeutendsten deutschen Ägyptologen.

Prof. Dr. Gabriele Sadowski (46; Technische Thermodynamik, TU Dortmund) forscht auf dem Gebiet der Polymerthermodynamik und der statistisch-thermodynamisch begründeten Zustandsgleichungen. Dabei hat sie unter anderem die SAFT-Theorie zur molekularen Modellierung von Fluiden auf die Beschreibung von Polymersystemen erweitert. In jüngeren Arbeiten weitete Sadowski die Erforschung thermodynamischer Eigenschaften auf die Lebenswissenschaften und hier auf komplexe Mischungen aus, die biologisch gewonnene Wirkstoffe erhalten. Ihre Forschungen auf diesem international sich gerade erst entwickelnden Gebiet der Biothermodynamik können etwa zur Herstellung partikulärer pharmazeutischer Wirkstoffe beitragen.

Prof. Dr. Christine Silberhorn (36, Quantenoptik, Uni Paderborn) ist die jüngste Trägerin des Leibniz-Preises 2011. Ihre Arbeiten zur Quanteninformationsverarbeitung zeichnen sich durch den Einsatz von kontinuierlichen statt diskreten Variablen und eine außergewöhnliche thematische Bandbreite aus. Besonderes Aufsehen erregten Silberhorns Beiträge zur Realisierung von Einstein-Podolsky-Rosen-Zuständen und zur Quantenkryptographie mit kontinuierlichen Variablen.

Selbstorganisation im Förderfokus DFG richtet elf neue Sonderforschungsbereiche ein

Die neu veröffentlichten Sonderforschungsbereiche (SFB) der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geben auch der Themenauswahl der CLB Recht: Gleich zwei neue unter den naturwissenschaftlichen SFB sind solche, die sich der Selbstorganisation widmen. Erst in der vergangenen CLB hatten wir diesen Themenbereich im Rahmen emergenter Phänomene aufgegriffen. Insgesamt richtet die DFG zum 1. Januar 2011 elf neue Sonderforschungsbereiche ein.

Die neuen SFB werden mit insgesamt 94,4 Millionen Euro (inklusive einer 20-prozentigen Programmpauschale für indirekte Kosten der Projekte) zunächst für eine erste Förderperiode von vier Jahren gefördert. Die DFG fördert damit ab Januar 2011 insgesamt 238 Sonderforschungsbereiche – sechs weniger als im Vorjahr.

Die neuen SFB

- In dynamischen Systemen der Physik, Chemie und Biologie bilden sich zeitliche, räumliche oder raum-zeitliche Strukturen häufig ganz spontan und fern vom thermodynamischen Gleichgewicht. Die Selbstorganisation dieser Strukturen will der SFB 910 **„Kontrolle selbstorganisierender nichtlinearer Systeme: Theoretische Methoden und Anwendungskonzepte“** erforschen. Dafür sollen neue Kontrollkonzepte und -methoden entwickelt und im Zuge von Simulationen und Modellierungen auf ausgewählte Systeme angewandt werden. Dabei wollen die Forscherinnen und Forscher verschiedene Kontrollbegriffe aus dem Bereich der nichtlinearen Dynamik und Chaoskontrolle, der klassischen Steuerungs- und Optimierungstheorie und der Quantenkontrolle zusammenführen. Untersuchungsschwerpunkte sind Halbleiterquan-

tenstrukturen, weiche Materie und neuronale Systeme.

- Die Erforschung der Selbstorganisation, Kooperativität und nichtlinearen Dynamik weicher Materie ist das Anliegen des SFB 937 **„Kollektives Verhalten von weicher und biologischer Materie“**. Beispiele für zu untersuchende Objekte sind Aktinnetzwerke, Biomembranen oder Zellen. Zu ihrer Untersuchung verwenden die Forscherinnen und Forscher Methoden und Konzepte der statistischen Physik und nichtlinearen Dynamik. Dabei soll etwa durch die Betrachtung der Adhäsion von Membranen oder der Teilungsdynamik von Zellen ein übergreifendes Bild von der Physik biologischer Materie gezeichnet werden. Insgesamt will der SFB zum besseren Verständnis der Phänomene in Polymernetzwerken und Biomembranen beitragen.
- Der SFB 889 **„Zelluläre Mechanismen sensorischer Verarbeitung“** will die Mechanismen synaptischer Übertragung sowie die Funktion sensorischer neuronaler Netzwerke auf verschiedenen Ebenen untersuchen: von der Rolle, die Proteinkomplexe bei der sensorischen Verarbeitung und ihren Störungen spielen, bis hin zum Verhalten.
- Immunbiologie ist das Oberthema des SFB 938 **„Milieuspezifische Kontrolle immunologischer Reaktivität“**. In ihm geht es um die molekulare Analyse immunologischer Prozesse in verschiedenen Geweben und Organen vor allem des Menschen. Mit dem Wissen über diese Reaktionen lassen sich die Immunprozesse auch gezielt beeinflussen.
- Mehrkernige metallorganische Verbindungen aus verschiedenen Metallen zeigen oft eine kollektive und kooperative Wechselwirkung der Metallzentren. Das Verständnis der elektronischen Kopplung solcher Metallatome

ist ein fundamentales Anliegen in den Molekularwissenschaften. Der in Kaiserslautern und Karlsruhe angesiedelte SFB/TRR 88 **„Kooperative Effekte in homo- und heterometallischen Komplexen (3MET)“** will speziell die Wechselwirkungen in neuen heterometallischen Komplexen mit wenigen Übergangsmetallatomen untersuchen.

- Der Begriff der Mikrokompartimente wird in der molekularen Biologie bislang zur Beschreibung bestimmter prokaryontischer Multiproteinkomplexe mit metabolischer Funktion genutzt. Der SFB 944 **„Physiologie und Dynamik zellulärer Mikrokompartimente“** erweitert diese Definition nun auf alle Zellen und definiert als Mikrokompartimente funktionelle Einheiten, die durch die Ansammlung von Proteinen und Lipiden in einer dynamischen Mikroumgebung gebildet werden, um sie von Organellen und quartären Proteinstrukturen zu unterscheiden.
- Der Empfang, die Umwandlung und die Weiterleitung von Informationen gehören zu den elementaren Funktionen biologischer Systeme. Zu den wichtigsten Signalmolekülen gehören dabei Calcium-Ionen. Sie stehen im Fokus des SFB 894 **„Ca²⁺-Signale: Molekulare Mechanismen und Integrative Funktionen“**. Er will die Bedeutung subzellulärer Ca²⁺-Signale in Zellen und im Hinblick auf das physiologische Verhalten ganzer Organe klären. Dabei reicht der Bogen von den molekularen Mechanismen der Signalentstehung bis zur Signalwirkung auf den gesamten Körper.
- Grundlegende Prozesse im interstellaren Raum sind Thema des SFB 956 **„Bedingungen und Auswirkungen der Sternentstehung – Astrophysik, Instrumentierung und Labor“**. Er befasst sich mit den bislang nur wenig aufgeklärten physikalischen und

chemischen Bedingungen, durch die sich die interstellare Materie zu dichten Wolken zusammenballt und am Ende neue Sterne entstehen.

- Der SFB 881 „**Das Milchstraßensystem**“ widmet sich der Frage nach der Entstehung und Funktionsweise der Milchstraße, um fundamentale Prinzipien der Galaxienbildung zu klären. Dafür sollen Sterne als fossile Anzeiger der chemischen und dynamischen

Entwicklungsgeschichte genutzt und der kosmische Materiekreislauf verfolgt werden.

- In der Wissenschaft, aber auch in vielen anderen Bereichen wie der Verkehrsnavigation stehen immer größere Datenmengen zur Verfügung. Bislang mangelt es jedoch an effizienten Methoden, verlässlich Informationen aus den Daten zu gewinnen. Der SFB 876 „**Verfügbarkeit von Information durch Analyse unter Ressour-**

cenbeschränkung“ will solche Verfahren verbessern und entwickeln. Dabei setzt man zum einen auf die Methodenentwicklung und -verbesserung, zum anderen auf deren Einsatz insbesondere in eingebetteten Systemen.

- Der SFB 880 „**Grundlagen des Hochauftriebs künftiger Verkehrsflugzeuge**“ will die wissenschaftliche Basis für eine neue Gattung ziviler, lärmärmer Flugzeuge schaffen.

Der neueste Stand – aktuelle Informationen zu früheren CLB-Artikeln

Reaktionsweg zur Herstellung von Graphen auf Kupfer aufgeklärt

**Zu CLB 07-08/2010, 310-319:
Anwendungen von Graphen
mit schulischen Mitteln**

Methoden, mit denen sich graphenartige Materialien mit gewünschten elektronischen Eigenschaften herstellen lassen, fehlen derzeit noch. Anhand eines prototypischen Polyphenylens hat nun ein schweizerisch-deutsches Forschungsteam aufgedeckt, wie der Reaktionsweg der Cyclodehydrierung auf einer Kupferoberfläche abläuft, und wie sich die Bausteine zu einem planaren Nanographen koppeln. Für ihre Arbeit kombinierten die Wissenschaftler experimentelle Beobachtungen – vor allem am Rastertunnelmikroskop – mit Computersimulationen. Diese ermitteln, ob ein theoretisch denkbarer Reaktionsschritt energetisch überhaupt möglich ist. Ergebnis: Der Reaktionsweg verläuft über sechs Schritte mit fünf Zwischenprodukten, wobei die Reaktionsbarrieren zwischen diesen durch die katalytische Aktivität der Oberfläche verringert wird. Zwei Zwischenprodukte werden durch die Oberfläche derart stabilisiert, dass sie mit dem Rastertunnelmikroskop abgebildet werden konnten.

Um mit den gängigen Herstellungsverfahren der Elektronik kompatibel zu sein, eignen sich Metalloberflächen wie Kupfer allerdings nicht. Die graphenartigen Materialien müssen auf Halbleitersubstraten wachsen. Das Forschungsteam hat mit Simulationen deshalb auch durchgerechnet, ob dies funktionieren könnte, die Resultate weisen darauf hin. Diese Erkenntnisse sind der Schlüssel dazu, die oberflächenunterstützte Synthese als zuverlässige Methode für die Herstellung von graphenartigen Materialien zu etablieren. Originalveröffentlichung: Surface-assisted cyclodehydrogenation provides a synthetic route towards easily processable and chemically tailored nanographenes, M. Treier, C.A. Pignedoli, T. Laino, R. Rieger, K. Müllen, D. Passerone, R. Fasel, Nature Chemistry, veröffentlicht online am 7. November 2010; DOI: 10.1038/NCHEM.891

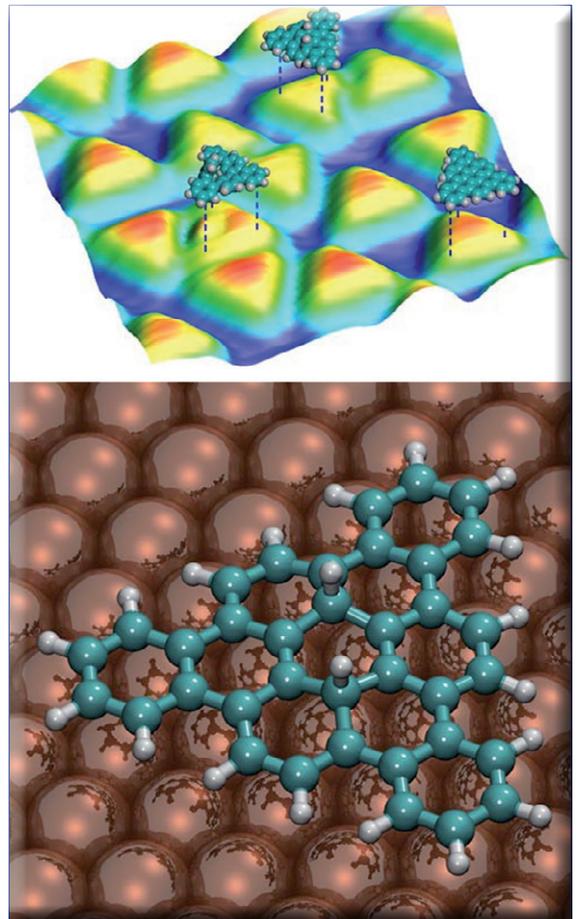
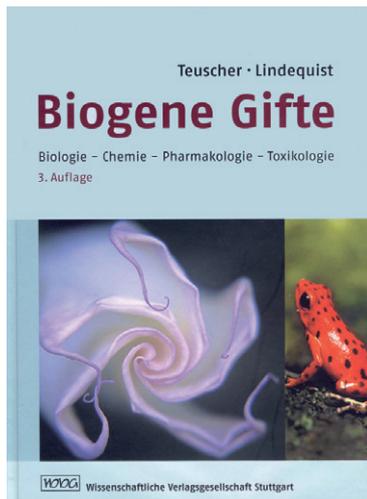


Bild oben: Rastertunnelmikroskop-Aufnahme mehrerer Graphene sowie der zwei stabilen Zwischenprodukte auf einer Kupferoberfläche. Die Molekülmodelle zeigen das Graphen (unten rechts) sowie die beiden Zwischenprodukte (oben und links). Der Durchmesser der Moleküle liegt bei etwa einem Nanometer.

Bild unten: Das computergenerierte Bild zeigt Details der beiden theoretisch vorausgesagten Zwischenprodukte (Abbildungen: Empa).

Große Vielfalt an biogenen Giftstoffen in Tieren, Pflanzen und Mikroorganismen



Eberhard Teuscher, Ulrike Lindequist: *Biogene Gifte: Biologie-Chemie-Pharmakologie-Toxikologie*; 963 Seiten; Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart, 3. Auflage 2010 (gebunden), ISBN 978-3-8047-2438-9; 138,00 Euro.

Mit dieser Neuauflage liegt ein herausragendes Nachschlagewerk und Lehrbuch über Biogene Gifte (toxische Naturstoffe) vor, das sich laut Vorwort vor allem an Pharmazeuten, Human- und Veterinärmediziner, Biologen, auf einschlägigen Gebieten tätige Chemiker (Biochemie, Naturstoffe,

Wirkstoff-Forschung; Lebensmittelchemiker) und an Studierende dieser Fächer richtet. Als „Produzenten“ biogener Gifte wurden hierbei außer weltweit vorkommenden Mikroorganismen auch Pilze, Pflanzen und Tiere, vor allem aus Lebensräumen Mitteleuropas, erfasst; in der Neuauflage in größerem Ausmaß auch Pflanzen und Tiere der anderen Kontinente. Beschrieben werden Inhaltsstoffe, die akute oder chronische Vergiftungen auslösen oder die allergische Reaktionen hervorrufen.

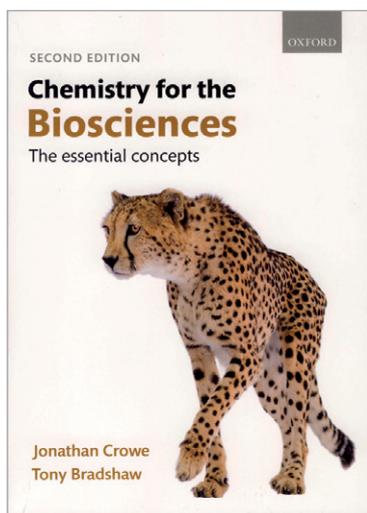
Zudem wird die wachsende Bedeutung von Kenntnissen über Strukturen und Wirkungsweise toxischer Naturstoffe für die Arzneimittel-Entwicklung dargestellt. Das einführende Kapitel beantwortet zunächst die Frage „Was sind biogene Gifte?“ und umfasst Unterkapitel zu deren Geschichte, Vorkommen in lebenden Organismen, Struktur

und Wirkung sowie deren Rolle in biologischen Systemen. Hinzu kommen Abschnitte über deren toxikologische Bewertung (Toxikokinetik, Toxikodynamik, Klinische Toxikologie), wobei ins einzelne gehende Angaben in den folgenden Kapiteln durch grau unterlegte Absätze und Symbole hervorgehoben sind. Die Anordnung der weiteren Kapitel erfolgt aufgrund der chemischen Strukturen und der biogenetischen Herkunft der Giftstoffe:

Aliphatische Säuren und ihre Lactone (Kap.2), Polyline (3), Polyketide (4; mit 68 Seiten längstes Kapitel), Terpene (Kap. 5 bis 11), Steroide (12; 52 Seiten), Saponine (13), Phenylpropan-Derivate (14), Naphthalen- und Anthracen-Derivate (15), Aminosäuren (16), Amine (17), Cyanogene Verbindungen (18), Glucosinolate (19) und Aliphatische Nitroverbindungen (20). Die Kapitel 21 bis 37 informieren auf insgesamt 272 Seiten über das große Gebiet der Alkaloide, zugeordnet nach heterocyclischen Strukturmerkmalen, wobei Isochinolin-(22), Indol-(26) und Pyridin-Alkaloide (32) den größten Raum einnehmen.

Peptidtoxine, Proteotoxine und Lectine sind Inhalt der Kapitel 38 bis 57 (148 Seiten), angeordnet nach den Organismen, in denen derartige Toxine gebildet werden, wie Mikroorganismen (39), höhere Pilze (40) und Tiere (ab 42). Nicht weniger als 8300 Literaturangaben verweisen auf Originalarbeiten und weitere 138 auf Übersichtsartikel. Hervorzuheben sind noch das umfangreiche Sachverzeichnis (70 Seiten) sowie insbesondere die Wiedergabe von „Produzenten“ biogener Gifte durch in Form von Farbtafeln angeordnete 480 Bilder, die sicher zur weiten Verbreitung dieser Neuauflage beitragen werden. Dr. Dieter Holzner

Chemie – im Hinblick auf Studierende der Biowissenschaften



Jonathan Crowe, Tony Bradshaw: *Chemistry for the Biosciences: The essential concepts*; 704 Seiten; Oxford University Press, 2. Auflage 2010; ISBN 978-0-19-957087-4; ca. 33,00 Euro.

Die erweiterte Neuauflage dieses Lehrbuches vermittelt Studierenden der Biowissenschaften grundlegende Kenntnisse der Chemie. Dabei haben die Autoren Lehrinhalte ausgewählt, die für die Chemie-Ausbildung dieser Zielgruppe motivierend und unerlässlich sind, was sich auch in der vertiefenden Darstellung innerhalb

der Kapitel (jeweils als „Box“ eingerahmt) besttigt. Von den insgesamt 99 Box-Inhalten haben 64 einen Bezug zu den Biowissenschaften.

An eine kurze Einführung schließen sich Kapitel an über den Atom-Aufbau (2), Verbindungen und Chemische Bindung (3) und Molekulare Wechselwirkungen(4). Die Einführung in die Organische Chemie niedermolekularer Verbindungen erfolgt in den Kapiteln 5 und 6, während Naturstoffe, wie Aminosäuren, Polypeptide, Kohlenhydrate, Lipide, Nucleotide und Nucleinsäuren, sowie „Metalle in der Biologie“, Gegenstand von Kapitel 7 sind. Die Kapitel 8 und 9 befassen sich vertiefend mit dem räumlichen Aufbau von kleinen Molekülen und von hochmolekularen Naturstoffen (Polysacchariden, Proteinen, Nucleinsäuren), gefolgt von einem Kapitel über Isomerie. (10). Grundlagen und Verfahren der qualitativen und der quantitativen chemischen Analyse sind Inhalt der ausführlichen Kapitel 11 und 12. Der folgende Teil des Lehrbuches umfasst Kapitel über Chemische Thermodynamik (13), Kinetik (14), Chemische Gleichgewichte (15), Säuren, Basen und das wässrige Milieu (16) sowie über den Verlauf von Redox-Reaktionen in

biologischen Systemen und über die Einwirkung von freien Radikalen (Kap. 17). Das abschließende Kap. 18 erläutert Reaktionsmechanismen, die biochemischen Umsetzungen und Stoffwechselwegen zugrunde liegen.

Eine Bibliographie schließt auch Hinweise auf Websites ein. Am Ende der Kapitel sind stets die darin besprochenen „Schlüsselkonzepte“ in Form von Checklisten zusammengestellt. Zudem enthalten die Kapitel Kontrollfragen (insgesamt 207) mit den Antworten am Ende des Buches. Zu den

jenigen Kontrollfragen (35), deren Beantwortung Berechnungen erfordert (wie zur quantitativen chemischen Analyse), findet man Erläuterungen mit allen Lösungsschritten in einem *Online Resource Centre* unter: <http://www.oxfordtextbooks.co.uk/orc/crowe2e/>.

Ungeachtet einiger Druckfehler (wie in den Formeln von Indometacin und in der Seitenkette von Asparaginsäure) spricht dieses durchgehend zweifarbig gestaltete Lehrbuch Studierende der Biowissenschaften auch hierzulande an. *Dr. Dieter Holzner*

Eine Übersicht über das Gesamtgebiet der Botanik

Ulrich Lüttge, Manfred Kluge, Gerhard Thiel: *Botanik: Die umfassende Biologie der Pflanzen*; 1216 Seiten; Wiley-VCH-Verlag, Weinheim 2010, ISBN 978-3-527-32030-1; 69,00 Euro (Subskriptionspreis, gültig bis 30. April 2011, danach 79 Euro).

Mit dieser Neuerscheinung legen die Autoren ein mit 912 Abbildungen (davon 770 mehrfarbig) hervorragend ausgestattetes Lehrbuch der Botanik vor. Es besteht aus in sieben Teilen angeordneten 42 Kapiteln mit insgesamt 132 jeweils als „Kompakt“ bezeichneten Hervorhebungen wichtiger Begriffe und Lehrinhalte im Text, ferner mit Zusammenfassungen sowie insgesamt mehr als 600 Übungsaufgaben und mit Empfehlungen für weiterführende Literatur am Ende jedes Kapitels.

- Teil A, als „Anfänge“ bezeichnet, umfasst die ersten drei Kapitel (auf 65 Seiten) über die Evolution bis zu den einfachsten Pflanzen, über Bioenergetik und über Arbeitsteilung und Regulation als Ebenen der Integration.

- Teil B: „Bau und Funktion der Pflanzenzelle“ ist mit 414 Seiten ein Buch im Buch und besteht aus den Kapiteln über Membranen (4 bis 6), Vakuolen (7), Cytoplasma im Hinblick auf Struktur und zahlreiche Stoffwechsel-Vorgänge (8), Mitochondrien und Atmung (9), Plastiden und ihre Funktionen, insbesondere Photosynthese, Oxidativer Pentosephosphat-Zyklus und Biosynthese der Fettsäuren (10) sowie Microbodies (11). Die Lehrinhalte der folgenden Kapitel sind: Metabolismus von Sauerstoff (12), Zellwände (13), Proteine und Aminosäuren (14), Naturstoffe, im Hinblick auf „Pflanzen als vielseitige Synthetiker“ (15), die Bedeutung von Mineralstoffen und der Salinität für die Pflanzenernährung (16 und 17), ferner Kompartimentierung, Vernetzung und Regulation des Stoffwechsels (18) sowie Zellkern (19) und Gene, Genome und Evolutionstheorien (20).

- Teil C „Pflanzenorganismen“ beschreibt auf 158 Seiten Algen (21), den „Übergang zum Landleben“ (22), Schleimpilze und Pilze (23) sowie den Generationswechsel bei Farnen, Gymnospermen und Angiospermen und die Evolution von Blüten, Samen und Früchten (24).

- Teil D: „Pflanzenorgane und Funktionen“ hat in 5 Kapiteln auf 227 Seiten zum Gegenstand: Die

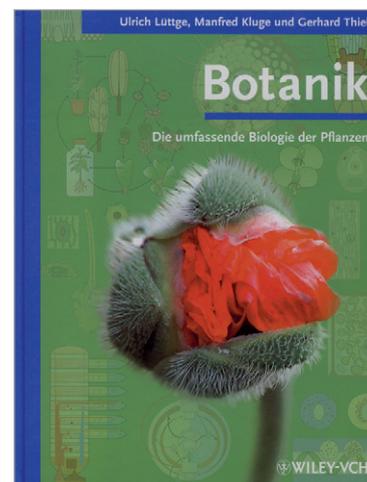
Wurzel (25), Die Sprossachse (26), Das Blatt (27), Kohlendioxid-Konzentrierungsmechanismen (28) sowie Symbiose, Parasitismus und Pflanzen-Krankheiten (29).

- Teil E gibt den Überblick über „Pflanzen in ihren Lebensräumen“ auf 98 Seiten mit den Kapiteln Allgemeine Pflanzenökologie (30), Vegetation der Erde (Horizontale und vertikale Gliederung; Kap.31), Pflanzensoziologie (32) und Umweltfaktoren (33).

- Teil F beschreibt das Gebiet der „Signal-Reaktions-Koppelungen“ auf 146 Seiten in den 6 Kapiteln: Wachstum, Entwicklung, Altern und Tod (34), Signale: Eingang und Verarbeitung (35), Physikalische Signale (36), Die Ausnutzung des Lebensraums: Die Bewegungen (37), Chronobiologie (38) sowie Nichtlineare Dynamik und Systembiologie (39).

- Teil G verdeutlicht unter dem Titel „Pflanzen und aktuelle Herausforderungen“ in 3 Kapiteln (auf 71 Seiten) die weltumspannende Bedeutung der Pflanzen, so in „Motive für die Arbeit mit Pflanzen“ (Kap. 40) in Unterkapiteln wie: Die Nutzung der Primärproduktion der Pflanzen; Der Verlust von Anbauflächen und die Nutzung extremer Standorte; Energie-Versorgung; Biodiversität und Klimaänderungen. Kapitel 41 beschreibt den Weg von der konventionellen Biotechnologie zur molekularen Biotechnologie anhand neuer Verfahren zur Gewinnung pflanzlicher Produkte, während das abschließende Kapitel 42 eindrucksvolle Beispiele für „Pflanzen als Ideengeber für Problemlösungen in der Technik: Bionik“ gibt.

Dieses Lehrbuch wird nicht nur seinem Anspruch auf umfassende Darstellung der Botanik und der Biochemie der Pflanzen unter Einbeziehung aktueller Entwicklungen und globaler Problemstellungen gerecht, sondern empfiehlt sich Studierenden der Biowissenschaften angesichts des nachahmenswerten Preis-/Nutzen Verhältnisses. Zudem sind alle Abbildungen unter www.wiley-vch.de/home/botanik frei zugänglich. *Dr. Dieter Holzner*



ERREICHEN HALTEN

Die CLB-Rubrik für Ausbildung und Weiterbildung

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

Dezember 2010

Promotion o.k., Wissenschaftskarriere fraglich Ergebnisse einer Befragung unter Doktoranden der Max-Planck-Gesellschaft

Über siebzig Prozent aller Max-Planck-Doktoranden sind mit der Betreuung und mit dem Promotionsprogramm an ihren Instituten zufrieden, auch wenn es mitunter Kritik an der Finanzierung der Promotion gibt. Zu diesem Ergebnis kommt der jetzt erst veröffentlichte Abschlussbericht der Max Planck PhDnet Befragung 2009.

Derzeit arbeiten an den rund 80 Max-Planck-Instituten ungefähr 4500 Promovierende an ihrer Doktorarbeit. Nach der Promotion streben jedoch nur 37 Prozent der Max-Planck-Doktoranden eine wissenschaftliche Karriere an. Viele fürchten, Familie und Beruf nicht vereinbaren zu können und schätzen die Karriereaussichten als sehr unsicher ein. „Die Max-Planck-Gesellschaft bemüht sich deshalb, die Infrastruktur an Kindertagesstätten so auszubauen, dass junge Familien hinreichend entlastet werden“, sagt Max-Planck-Präsident Peter Gruss. „Wir werden hier weiter nach Lösungsmöglichkeiten suchen müssen, um insbesondere auch an kleinen Max-Planck-Instituten eine Kinderbetreuung und damit die Vereinbarkeit von Familie und Beruf zu unterstützen.“

Die Antworten auf die Doktorandenumfrage zeigen, wie

Promotionsprogramme die Erfolgchancen der Doktoranden erhöhen können. So ist ein gutes Verhältnis zwischen Doktorand und Betreuer wesentlich für den Erfolg einer Doktorarbeit. 20 Prozent der Befragten gaben an, wegen persönlichen oder arbeitsbezogenen Problemen mit ihrem Betreuer über einen Abbruch der Doktorarbeit nachgedacht zu haben. Doktoranden, die ihren Betreuer selbst auswählen und regelmäßig treffen können, sind zufriedener mit ihrer Betreuung und denken seltener daran, ihre Doktorarbeit abzubrechen. „Angesichts der zentralen Bedeutung eines guten Verhältnisses mit dem Betreuer sollten verstärkt Angebote zur Schulung von Betreuern sowie zum Umgang mit Konflikten im Betreuungsverhältnis angeboten werden“, wünscht Dorothea Hämmerer, Projektleiterin der Studie.

Kritik üben die Befragten vor allem an der Finanzierung. Derzeit erhalten Doktoranden entweder ein Stipendium oder einen Vertrag. Während Stipendiaten keinen vertraglichen Verpflichtungen zur Mitarbeit in den Instituten unterliegen, sind Doktoranden mit Vertrag Mitarbeiter der Institute und deshalb sozial besser abgesichert durch Kranken-, Sozial-, und Rentenversicherung.

Derzeit erhalten 2034 Doktoranden ein Stipendium, 1469 Doktoranden arbeiten auf Vertragsbasis. In den vergangenen Jahren ist die Anzahl der Stipendien in der Max-Planck-Gesellschaft stärker gestiegen als die der Verträge. Während die meisten deutschen Doktoranden auf Vertragsbasis beschäftigt sind, erhalten internationale Doktoranden oft ein Stipendium.

Seit längerem strebt die Max-Planck-Gesellschaft deshalb eine Annäherung von Stipendien- und Doktorandensätzen an. Derzeit wird mit Bund und Ländern über die Anhebung des Stipendienhöchstsatzes und bessere Rahmenbedingungen für Stipendiaten verhandelt. Gruss hofft, dass diese Änderungen 2011 umgesetzt werden. Allerdings macht er deutlich, dass es eine vollkommene Gleichstellung von Stipendiaten und Doktoranden nicht geben könne, da Stipendiaten keine Beschäftigten der Institute seien.

An der nun veröffentlichten Umfrage beteiligten sich über 60 Prozent aller Doktoranden der Max-Planck-Gesellschaft. Sie wird von Studierenden an deutschen Hochschulen seit Jahren als einer der begehrtesten zukünftigen Arbeitgeber im Bereich der Naturwissenschaften genannt.

Null Euro für Kohlendioxidreduktionen

Ernüchternde Ergebnisse über Zahlungsbereitschaft für Klimaschutz

Eine Studie über die Zahlungsbereitschaft für den Klimaschutz von der Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH (ZEW) in Mannheim bringt ernüchternde Ergebnisse: Die Mehrheit würde nichts dafür bezahlen.

Dummerweise ist der Klimaschutz ein öffentliches Gut. Alle Staaten können das Gut „stabiles Klima“ unabhängig davon nutzen, ob sie einen Beitrag zur Erstellung bzw. Erhaltung des Guts geleistet haben oder nicht. Es stellt sich also die Frage, ob und in welchem Umfang Menschen bereit sind für etwas zu zahlen, das dann allen – auch denen, die nichts bezahlt haben – zugute kommt. Meinungsumfragen zeichneten bislang ein eher pessimistisches Bild.

Viele Befragte lehnten z.B. höhere Umweltsteuern oder Einschnitte beim persönlichen Lebensstandard ab. Und wenn dann mehr oder weniger komplexe Fragebogenstudien doch einmal zu dem Ergebnis kommen, dass die Menschen theoretisch bereit wären, für den Klimaschutz zu zahlen, ist eben dies das Problem: Theoretisch wären sie es, solange sie dafür kein real existierendes Geld auf einen real existierenden Tisch legen müssen. Zudem ist das Bild, das solche Studien zeichnen sehr uneinheitlich. Die gemessenen Werte für die Zahlungsbereitschaft zur Vermeidung einer Tonne CO₂ reichen von 25 Euro bis hin zu knapp 500 Euro.

Seit 2005 gibt es in der EU einen börsenmäßigen Handel mit Emissionsrechten für Kohlendioxid. Will ein Unternehmen, zum Beispiel ein Kraftwerksbetreiber, mehr CO₂ ausstoßen, so muss dafür ein entsprechendes Recht, ein „Zertifikat“ vorgelegt werden. Das nutzten die Autoren der Studie, um über einen realen Anreiz Probanden zu aussagefähigen Antworten über ihren

Antrieb zur Klimaschutzfinanzierung zu kommen.

An der Studie nahmen 202 Mannheimer Bürger im Alter von 18 bis 75 Jahren teil. Die Teilnehmer erhielten eine Aufwandsentschädigung in Höhe von 40 Euro, wurden über den Klimawandel und die Wirkungsweise des Emissionshandels informiert und konnten schließlich – freiwillig und anonym – CO₂-Zertifikate kaufen. Jeder Teilnehmer konnte für fünf verschiedene Preise die individuelle Nachfrage nach Zertifikaten angeben, wobei schließlich ein Preis als bindend ausgelost wurde. Die an die Teilnehmer verkauften Zertifikate wurden erworben und stillgelegt. Damit wurde die Gesamtmenge aller zur Verfügung stehenden Zertifikate im Emissionshandel exakt um diese Menge reduziert, d.h., es wurde ein realer Beitrag zum Klimaschutz geleistet.

Im Mittel 12 Euro, um eine Tonne CO₂ zu vermeiden

Die Ergebnisse sind ernüchternd: Im Mittel betrug die Zahlungsbereitschaft für die Vermeidung einer Tonne CO₂ knapp 12 Euro, der niedrigste bislang gemessene Wert. Sehr interessant ist zudem die Beobachtung, dass gut 60 Prozent der Teilnehmer eine Zahlungsbereitschaft von Null Euro aufwiesen. Das bedeutet, dass für eine substanzielle und kostspielige Klimaschutzpolitik letztlich keine politische Mehrheit existiert.

Ältere Teilnehmer kaufen deutlich weniger Zertifikate als jüngere. Dagegen kaufen Teilnehmer mit höherem Bildungsniveau und Wähler der Grünen deutlich mehr Zertifikate. Darüber hinaus haben Teilnehmer, deren Kaufentscheidung beurkundet wird, eine höhere Nachfrage nach Klimaschutz.

Beachten muss man zudem, dass dieses Resultat mit einer deutschen Stichprobe erzielt wurde. Die deutsche Öffentlichkeit

ist im internationalen Vergleich eher besorgt über die Folgen der Erderwärmung. Außerdem sind die Einkommen in Deutschland relativ hoch und ein höheres Einkommen geht im Allgemeinen mit einer höheren Nachfrage nach Umweltschutz einher.

Was bedeutet das nun für die internationale Klimaschutzpolitik?

„Wenn selbst in einem Land wie Deutschland die Zahlungsbereitschaft eher gering ist, wie soll dann

„Wir sollten uns um Krankheiten kümmern. Wir sollten uns um den Hunger in der Welt kümmern. Wir sollten uns um eine Menge Dinge kümmern bevor wir das angehen.“
Michael Crichton über Maßnahmen gegen das weitere Fortschreiten der globalen Erwärmung, The Charlie Rose Show, 19. Februar 2007.

„Nichts spricht dagegen, nach Sylt zu reisen statt auf die Seychellen oder sparsamere Autos zu fahren – allein schon wegen der knapper werdenden Ressourcen. Aber den Klimawandel werden wir dadurch nicht wirklich aufhalten. Solange China, Indien und Amerika weitermachen wie bisher, ist es ziemlich unwichtig, was wir Deutschen tun.“ - Hans von Storch, deutscher Mathematiker und Klimaforscher, Der Spiegel, Nr. 11/2007, S. 156.

Chinesen und Indern in einem Kyoto-Folgeabkommen die Übernahme eigener kostspieliger Minderungspflichten zulasten von weiterem wirtschaftlichem Wachstum und Entwicklung schmackhaft gemacht werden?“, fragt Dr. Carsten Vogt, einer der Autoren der Studie. Er ist Wirtschaftsprofessor für Struktur- und Entwicklungspolitik an der Hochschule Bochum. Die Einbindung wichtiger Schwellenländer wäre aber unverzichtbar, wenn es künftig gelingen soll, die weltweiten CO₂-Emissionen spürbar zu reduzieren.

Tatsächlich ist die geringe Zahlungsbereitschaft eine gute Erklärung, warum wichtige Vertragsstaaten nach der Aushandlung des Kyoto-Protokolls das Abkommen durch zahlreiche Nachverhandlungen zu letztlich symbolischer Politik reduziert haben.

Elektrochemische und optische Analysen

Mehrere richtige Antworten pro Frage sind möglich.

- 1** Was muss sich bei einer konduktometrischen Titration durch zugesetzte Maßlösung ändern?
A Die Temperatur der Lösung.
B Die Konzentration eines gelösten Stoffes.
C Die Leitfähigkeit der Lösung.
D Die Polarität der Lösung.
E Der pH-Wert der Lösung.
- 2** Wovon ist die Leitfähigkeit einer verdünnten Lösung abhängig?
A Von der Ionenkonzentration.
B Von der Zahl der Elementarladungen.
C Von der Ionenbeweglichkeit.
D Von der Polarität des Lösungsmittels.
E Von der Temperatur.
- 3** Die Leitfähigkeit einer verdünnten Lösung steigt, wenn ...
A die Lösung wärmer wird.
B die Lösung kälter wird.
C die Lösung polarer wird.
D die Lösung alkalischer wird.
E die Lösung gerührt wird.
- 4** Welcher Faktor beeinflusst das Redoxpotenzial einer gelösten Substanz?
A Temperatur.
B Druck.
C Konzentration.
D pH-Wert.
E Leitfähigkeit.
- 5** Welcher Faktor beeinflusst den elektrischen Widerstand einer Elektrolytlösung?
A Temperatur.
B Elektrodenoberfläche.
C Ionenbeweglichkeit.
D Ionenkonzentration.
E Elektrodenabstand.
- 6** Bei welcher Elektrode ist das Potenzial direkt von der Konzentration der sie umgebenden Elektrolytlösung abhängig?
A Ionenselektive Elektrode.
B Elektrode zweiter Art.
C Elektrode erster Art.
D Redoxelektrode.
- 7** Was ist ein Beispiel für eine Redoxtitration?
A Titration von Essigsäure mit Natronlauge.
B Titration von Dichromationen mit Eisen(II)-Ionen.
C Titration von Silbernitratlösung mit Kaliumiodid.
D Titration von Oxalatlösung mit Permanganatlösung.
E Titration von Zn(II)-Ionen mit EDTA-Lösung.
- 8** Welches Elektrodenpaar ist für Fällungstitrationen geeignet?
A Keines. Fällungstitrationen sind grundsätzlich nicht potenziometrisch durchzuführen.
B Glaselektrode und Kalomel-elektrode.
C Platinelektrode und Kalomel-elektrode.
D Silberelektrode und Kalomel-elektrode.
E Zinkelektrode und Silber-Silberchloridelektrode.
- 9** Was ist Polarimetrie?
A Elektrochemisches Verfahren.
B Ein optisches Analyseverfahren.
C Spektroskopisches Verfahren.
D Ein chromatographisches Analyseverfahren.
E Ein katalytisches Analyseverfahren.
- 10** Welche Definition gilt für die Wellenzahl in der Spektroskopie?
A Sie ist der reziproke Wert der Wellenlänge.
B Sie beschreibt den Grad der optischen Aktivität eines Stoffes.
C Sie ist das Produkt aus der Schichtdicke in einer Küvette und der Konzentration der darin enthaltenen Lösung.
D Sie ist der Quotient aus der Zahl der Wellenlängen auf einer bestimmten Wegstrecke und dieser Wegstrecke.
E Sie beschreibt die Zahl der Wellen pro Zentimeter.
- 11** Wann gilt das Bouguer-Lambert-Beer-Gesetz?
A Die Lösung des absorbierenden Stoffes ist stark verdünnt.
B Die Absorption wird nicht durch Lösungsmittelmoleküle beeinflusst.
C Die Reflexion ist groß.
D Die Lösung des absorbierenden Stoffes ist hoch konzentriert.
E Die Streuung ist gering.
- 12** Welche Reihe zeigt die Stoffe nach abnehmender Geschwindigkeit von durchgehendem Licht?
A Luft, Wasser, Quarz, Diamant, Glas.
B Quarz, Luft, Wasser, Glas, Diamant.
C Luft, Wasser, Diamant, Quarz, Glas.
D Luft, Wasser, Quarz, Glas, Diamant.
E Luft, Glas, Wasser, Diamant, Quarz.
- 13** Welche Reihe zeigt die Stoffe nach zunehmender Brechzahl?
A Luft, Wasser, Quarz, Diamant, Flussspat.
B Quarz, Luft, Wasser, Flussspat, Diamant.
C Luft, Wasser, Diamant, Quarz, Flussspat.
D Luft, Wasser, Flussspat, Quarz, Diamant.
E Luft, Flussspat, Wasser, Diamant, Quarz.

Lösungen zu Seite 518 (CLB 11/2010):

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

(Lösungen zu den Fragen hier finden Sie in CLB 01/02-2011 sowie auf www.clb.de)

Bezugsquellenverzeichnis

ANALYSEN

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

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

ARBEITSSCHUTZARTIKEL



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

CHEMIKALIEN



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

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

DEUTERIUMLAMPEN



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

DICHTUNGSSCHEIBEN AUS GUMMI MIT AUFVULKANISIERTER PTFE-FOLIE

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

FTIR-SPEKTROMETER-ZUBEHÖR



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

GEFRIERTROCKNER

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

GEFRIERTROCKNUNGSANLAGEN



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

HOHLKATHODENLAMPEN



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

KÜHL- UND TIEFKÜHLGERÄTE



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

KÜVETTEN

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

LABORCHEMIKALIEN



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

LABOREINRICHTUNGEN

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

LABORHILFSMITTEL



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

LABOR-SCHLÄUCHE UND -STOPFEN AUS GUMMI

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

LABORZENTRIFUGEN, KÜHLZENTRIFUGEN



LAB TECHNOLOGY

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



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

LEITFÄHIGKEITS-MESSGERÄTE



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

MIKROSKOPE



Labor- und Routine- Mikroskope Stereolupen und Stereomikroskope

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

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

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

OPTISCHE TAUCHSONDEN

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

PARTIKELANALYSE



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

PH-MESSGERÄTE



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

REINIGUNGSMITTEL FÜR LABORGLAS



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

SAUERSTOFF-MESSGERÄTE



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

STERILISATOREN

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

TEMPERATUR-MESSGERÄTE

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



TEMPERATUR-MESSGERÄTE



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

THERMOMETER

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



VAKUUMKONZENTRATOREN

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

CLB-Geschichte

Fortsetzung von Umschlagseite 3

316

Die Lanthaniden-Metalle

Folge hat. Durch die Zugabe geringer Mengen Mischmetall kann man Gußeisen bis zu einem gewissen Grade schmiedbar machen, da diese eine kugelige Abscheidung des Graphites bewirkt. Die Temperaturfestigkeit von Nichteisenlegierungen wird durch Lanthaniden-Metalle oft wesentlich beeinflußt, was besonders für den Motorenbau und für Düsentriebwerke wichtig ist. Magnesiumlegierungen erhalten darüber hinaus noch eine wesentlich größere Härte bei einer gleichzeitigen Verbesserung ihrer Gußeigenschaften. Auch das Zünden von Heizelementen bei elektrischen Hochtemperaturöfen kann durch Lanthanidenlegierungen stark vermindert werden (10, 13).

Reine Lanthanidenmetalle oder hochprozentige Legierungen können auch für die Elektroindustrie interessant werden. Wie aus der Tabelle ersichtlich, ist zum Beispiel Gadolinium unterhalb -16°C ferromagnetisch und Terbium, Holmium, Dysprosium sowie Erbium haben noch wesentlich niedrigere Curie Temperaturen. Dysprosium und Holmium sind dazu noch in einem bestimmten Temperaturbereich antiferromagnetisch, während Lanthan bei $4,7^{\circ}\text{K}$ supraleitend wird (4, 14).

Die wichtigste technische Anwendung finden die Lanthanidenmetalle vor allem wegen ihrer extremen Neutronenabsorptionsquerschnitte (s. Tab.) in der Reaktortechnik. Für die „Verdünnung“ der Brennstoffe, für Moderatoren und Kühlmittel benötigt man Metalle, die einen möglichst kleinen Absorptionsquerschnitt für thermische Neutronen haben. Für die Regelorgane aber und die Abschirmung muß man dagegen Metalle wählen, deren Absorptionsquerschnitt möglichst groß ist. Ein weiterer Vorzug der Lanthanidenmetalle bei ihrer Verwendung als Abschirmung in Kernenergie-Anlagen ist ihre Fähigkeit, große Mengen Wasserstoff auch bei hohen Temperaturen zu binden.

Im einzelnen seien folgende Anwendungen aufgezählt: Als Neutronenabsorber dienen vor allem Europium, Dysprosium, Samarium und Gadolinium. Europium ist in Regelstäben dem bisher meistens verwendeten Cadmium noch überlegen, während sich Dysprosium anstelle von Bor vorzüglich als sog. „abrennbares Gift“ (engl. „burnable poison“) eignet. Auch Erbium kann als solches dienen. Cer und Cer-Zirkonlegierungen finden hauptsächlich als Baustoff und als Wasserstoffträger bei festen Moderatoren Verwendung.

Aber auch die anderen Lanthanidenmetalle und ihre Legierungen, insbesondere die eutektischen Legierungen mit 45 bis 99% Niob, bieten für den Reaktorbau neue Werkstoffe, deren vielseitige Anwendungsmöglichkeiten, auch auf anderen Gebieten der Technik, heute noch nicht abzusehen sind (26).

Literatur:

- (1) C. A. Hampel, Rare Metals Handbook, New York 1956. — (2) ASM-AEC Symposium on the Rare Earths and Related Metals, Chicago, Nov. 1959, zitiert von (14). — (3) Hellmann-Wiberg, Lehrb. d. Anorganischen Chemie, 70. Aufl., Berlin 1964, S. 496 ff. — (4) E. Lové, WADC Techn. Report, 57-666 Part I. — (5) Pray, Calif. Div. of Mines. Mineral. Inform. No. 6 (1957). — (6) J. E. Powell, Brit. Pat. Nr. 510, 198 (1989). — (7) Beck, Angew. Chem. 52, 2782 (1939). — (8) Kapfenberger, Z. Analyt. Chem. 106, 199 (1986). — (9) Marsch, J. Chem. Soc. [London] 398, 523 (1942). — (10) Ullmanns Enzyklopädie der techn. Chemie, 3.

Maser und Laser II

317

- Aufl., 5. Bd. S. 210 ff. — (11) Vickery, Chemistry of the Lanthanons, New York 1953. — (12) Vickery, J. Soc. Chem. Ind. 65, 388 (1946). — (13) Ullmann, 6. Bd., S. 516-548. — (14) K. Strnat u. H. Weik, Metall 14, 718-717, 1163-1170 (1960) (mit vielen Angaben neuerer amerik. Literaturstellen). — (15) Sneed-Drasted, Comprehensive Inorganic Chemistry Vol. IV Part II, Princeton 1956. — (16) Banks, Carlson, Daane et al., Studies on the Preparation, Properties and Analysis of High Purity Yttrium Oxide and Yttrium Metal at the Ames Laboratory 18 1 (1956); zu beziehen durch Office of Techn. Services, US-Department of Commerce, Washington 25, D.C. (mit vielen Literaturangaben). — (17) Arkel, Reine Metalle, Berlin 1939 (mit vielen Literaturangaben über alle Darstellungsmethoden). — (18) Siemens & Halske, Brit. Pat. Nr. 10867 (1900). — (19) Weibke, Z. Elektrochemie 45, 518 (1939). — (20) Fischer, Brunger u. Grieneisen, Z. Anorg. Chem. 231, 54 (1937). — (21) Daane u. Spedding, J. Electrochem. Soc. 1953, 442. — (22) Daane u. Spedding, J. Am. Chem. Soc. 1953, 2275. — (23) Küster-Thiel-Fischbeck, Logarithmischen Rechentafel usw., 68. Aufl., Berlin 1952. — (24) Holzman, Handbook of Chemistry and Physics 50. Edit., Cleveland, Ohio 1964. — (25) D'Ans, F. Lutz, Taschenbuch f. Chemiker und Physiker. — (26) W. Meitner, Metall 19 (1965) S. 16-21.

deren Verfahren schließt man den Monazit mit Ätznatron bei hohen Temperaturen auf, wobei sich unlösliche Lanthanidenhydroxide bilden. Nach dem Filtrieren werden diese vorsichtig angesäuert, wobei der Hauptteil der „leichten“ Lanthaniden in Lösung geht, während die „schweren“ und das Thorium als Rückstand verbleiben. Bei einer dritten Methode, die sich allerdings noch im Versuchsstadium befindet, wird der Monazit direkt chloriert, ein Verfahren, das, falls es sich als großtechnisch durchführbar erweist, infolge seiner Unkompliziertheit den anderen weit überlegen wäre (4).

Der Bastnäsit, der in den amerikanischen Vorkommen einen Gehalt von etwa 10% Lanthaniden-Oxiden hat, wird bei der Aufarbeitung feinst gemahlen und flottiert. Das hierbei erhaltene Mineralienkonzentrat wird mit ca. 10%-iger Salzsäure ausgelaugt, wobei ein großer Teil in Lösung geht. Die salzsaure Lösung wird abfiltriert und kalzinert. Der dabei gewonnene Rückstand enthält über 90% Lanthanidenoxide (5).

Trennung

Wesentlich schwieriger ist die Trennung der Lanthaniden, ein Problem, das die Analytiker schon seit mehr als 150 Jahren beschäftigt. Die von ihnen in zwischen ausgearbeiteten Methoden sind äußerst vielfältig und führen im Labor zu einer sauberen Trennung; für industrielle Verfahren sind sie aber meist untanglich. *Auer von Welsbach* z. B. trennte bei ihrer Entdeckung Neodym und Praseodym durch mehrtausendfaches Umkristallisieren, wozu er über 3 Jahre benötigte! Einige wenige Labormethoden konnte man aber doch in die Technik übertragen.

Nach dem Prinzip der Oxydationsmethode, die von *Bunsen* bereits 1853 zur Reindarstellung metallischen Cers angewandt wurde, wird bei einem Verfahren (6) noch heute gearbeitet. Hierbei wird in der Mischung der dreiwertigen Lanthanidenhydroxide das Cerhydroxid unter Luftfeuchtigkeit bei 100 °C aufoxydiert und bleibt dann beim Ansäuern mit verdünnter Salpetersäure, zusammen mit Praseodym- und evtl. auch Terbiumhydroxid, die ebenfalls, wenn auch nur teilweise aufoxydiert werden (7), im Rückstand.

Samarium, Europium und Ytterbium dagegen können zu zweiwertigen Verbindungen reduziert und so von den übrigen abgetrennt werden. Die Reduktion, die bei Europium zu einer sauberen Trennung und bei Samarium und Ytterbium zu einer starken Anreicherung führt, kann durch Elektrolyse (8) oder Amalgamierung (9) vorgenommen werden. Diese Redoxmethoden haben aber durch das Aufkommen der Trennungsmethode mit Ionenaustauschern viel an technischer Bedeutung verloren. Ebenfalls stark abgefallen ist die technische Anwendung der anderen „klassischen“ Trennverfahren, der fraktionierten Kristallisation, bei der durch mehrmaliges Umkristallisieren der Nitrate in großen dampfbeheizten Wannen die Cergruppe relativ einfach getrennt wurde (10), oder der Schmelztrennung, die auf der unterschiedlichen Neigung der Lanthanidennitrate beruhte, beim Schmelzen zu zerfallen (3, 11). Die selektive Subli-

mation dagegen könnte, mit Hilfe der inzwischen wesentlich verbesserten Vakuumtechnik, in Zukunft wieder an Bedeutung gewinnen, da sich kleinere Mengen Chloride mit dieser Methode relativ leicht und sauber trennen lassen (12).

Die heute wichtigsten großtechnischen Verfahren sind die Trennung mit Ionenaustauschern und durch Lösungsmittelextraktion.

Bei der Trennung mit Ionenaustauschern kann man jedoch nicht nach der konventionellen Methode, wie etwa bei der Wasseraufbereitung, arbeiten, da die Lanthaniden alle die gleiche Wertigkeit und nur geringe Unterschiede im Ionenradius besitzen. Erst die Ausnutzung der verschiedenen Neigung der Lanthaniden zur Bildung gewisser Komplexe ermöglichte ihre Trennung mittels Ionenaustauschern. Zunächst benutzte man Citrate als Komplexbildner, ging aber, als damit einige Elemente nicht zu trennen waren, zu Äthylendiamintetraacetat (EDTA) über und belud die Austauscher zusätzlich noch mit Cu^{2+} , wodurch eine befriedigende Trennung aller Lanthaniden erreicht wurde (13, 14). Als Ionenaustauscher wird meist Amberlit IR 100 oder Dowex 50 verwendet.

Bei der praktischen Anwendung dieses Verfahrens läßt man die Lösung des Lanthanidsalzes, der der Komplexbildner zugegeben ist, zuerst durch eine Kolonne laufen, deren Austauscher mit der reinen Salzlösung gesättigt ist. In ihr reichern sich die stabilsten Komplexe an. Die nächsten Kolonnen enthalten „frische“ Austauscher, die mit H^+ , NH_4^+ und Cu^{2+} beladen sind. Da nun die Konzentrationsunterschiede der einzelnen Lanthaniden in der Lösung die Geschwindigkeit des Austausches bestimmen, werden in jeder Kolonne oben die Elemente abgesetzt, die den stabileren Komplex gebildet haben und deshalb im Überschuß sind. Die einzelnen Lanthaniden werden also räumlich getrennt abgelagert. Die Trennung wird durch mehrmaliges Wiederholen, wobei dann die 2. Kolonne die Rolle der ersten übernimmt usw., so weit getrieben, daß die einzelnen Fraktionen am Ende nur noch ein bestimmtes Element enthalten (13, 14, 15).

Nach diesem Verfahren wurde im Ames-Laboratorium der Iowa State-University die erste Großanlage zur Gewinnung reiner Lanthanidenmetalle betrieben, in der inzwischen mehrere Tonnen dieser Metalle produziert wurden. Eine Beschreibung dieser Anlage, die hauptsächlich der Yttriummetall-herzeugung für die Atomenergiebehörde dient, ist in (16) enthalten.

Bei der ebenfalls in den USA in technischem Maßstab entwickelten Lösungsmittelextraktion löst sich das betreffende Salz in zwei ininnig sich berührenden Phasen, von denen die eine meist aus organischen, die andere aus anorganischen Lösungsmitteln besteht, in einem Verhältnis, das für die verschiedenen Lanthaniden unterschiedliche Werte hat (13). Die Trennung gelingt dabei bisher noch nicht so sauber wie beim Ionenaustausch, das Verfahren befindet sich aber in rascher Entwicklung. Heute wird meist mit verd. Salpetersäure: Tributylphosphat in bis zu zwanzigstufigen Gegenstromapparaten gearbeitet (14).

Reduktion zu Metall

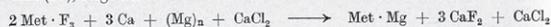
Für die technische Darstellung der Metalle kommen heute nur noch zwei Verfahren in Betracht, die Elektrolyse und die Umsetzung mit Alkali- oder Erdalkalimetallen bei hohen Temperaturen. Die einst viel benutzte Zersetzung der wasserfreien Chloride im Vakuum (17) hat nur noch historischen Wert, während die Zersetzung der Azide im Hochvakuum, eine der ältesten Methoden zur technischen Feinreinigung von Mischmetall (18), für die Herstellung dünner Schichten wieder zu einer gewissen Bedeutung gelangen könnte.

Für die Elektrolyse, die vornehmlich zur Darstellung von Mischmetall und Cer verwendet wird, müssen die betreffenden Chloride sorgfältig von Sulfat- und Phosphatresten befreit werden. Die gut getrockneten Salze werden mit einem Elektrolyten, meist Alkalihalogenide, gemischt und in einem Eisentiegel geschmolzen. Bei 800 bis 900 °C wird mittels einer Graphitelektrode elektrolysiert, wobei der Schmelztiegel als Kathode dient (19). Anstelle der Graphitelektrode kann man auch mit Eisen-Anoden und Kathoden aus geschmolzenem Zink, Magnesium oder Cadmium arbeiten. Das Lanthanidenmetall lagert sich dabei mit der Kathode und wird anschließend durch Vakuumdestillation wieder davon getrennt (13, 17, 20). Das nach dem Elektrolyseverfahren gewonnene Lanthanidenmetall ist stets reiner oder weniger stark durch das Elektrodenmaterial verunreinigt.

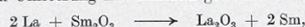
Zur Herstellung reiner Metalle dient heute fast ausschließlich die Umsetzung der betreffenden Fluoride oder Chloride mit Erdalkali- oder Alkalimetallen bei hohen Temperaturen. Diese Reaktion hatte schon 1814 *Berzelius* zur Darstellung des metallischen Cers benutzt, sie verläuft nach der Formel:



Die großtechnische Darstellung der Lanthanidenmetalle, z. B. im Ames-Laboratorium (17), folgt dem Schema



Das geschmolzene Metallfluorid wird dabei in einer mit Titan ausgekleideten Retorte mit Calcium umgesetzt und bildet mit dem Magnesium eine schmelzflüssige Legierung, die sich unter der aus Calciumfluorid und Calciumchlorid bestehenden Schlacke ansammelt. Das Calciumchlorid nimmt an der Reaktion nicht teil, es dient nur als Flußmittel. Die bei dieser Reduktion gewonnene spröde Legierung wird zerkleinert und durch Vakuumdestillation bei etwa 1200 °C vom Magnesium und Calcium befreit (21). Dieses für die Darstellung von Lanthanidenmetallen typische Verfahren versagt aber bei der Herstellung metallischen Samariums, Europiums oder Ytterbiums. Diese Metalle werden aus ihren Oxiden durch Umsetzung mit Lanthan gewonnen:



wobei die Reaktion durch das laufende Abdestillieren des Samariums gezwungen wird, nur nach rechts zu laufen (22).

Die durch thermische Reduktion gewonnenen Metalle fallen stets als Schwamm an und enthalten noch eine Reihe von Verunreinigungen, die ihre Materialeigenschaften stark beeinflusst. Besonders Sauerstoff ist sehr gefährlich, da sich die Oxide vorwiegend an den Korngrenzen ablagern, wodurch die Duktilität des Metalls sehr beeinträchtigt wird. Durch ein besonderes Raffinationsverfahren mit Lithiumfluorid gelingt es jedoch, den Sauerstoffgehalt unter 0,05% zu senken (14). Stickstoff kann mit Tantal, die anderen Verunreinigungen können meist durch sorgfältiges Destillieren im Vakuum entfernt werden (4).

Das Niederschmelzen des gereinigten Metallschwammes zu massiven Blöcken muß wegen der großen Affinität der Lanthanidenmetalle zu Sauerstoff in inerter Atmosphäre oder im Vakuum vorgenommen werden. La, Ce, Pr, Nb lassen sich in einem Vakuum von etwa 0,1 Torr schmelzen, Gd, Tb, Dy, Ho, Er und Lu wegen ihres hohen Dampfdruckes jedoch nur bei leichtem Unterdruck (ca. 250 Torr), und Yb, Sm, Tm sowie Eu können aus demselben Grund nur bei einem Überdruck von 2 atü, meist unter Argon, geschmolzen werden (4).

Eigenschaften und Verwendung

Die reinen Metalle und ihre Legierungen untereinander sind an trockener Luft ziemlich beständig, laufen an feuchter Luft aber sehr schnell an, wobei Cer, Lanthan und Mischmetall am leichtesten oxydieren. Eine polierte Fläche von Lanthan, die reinweiß wie die von Zinn aussieht, läuft innerhalb weniger Minuten bunt an und überzieht sich mit einer stahlblauen Oxidschicht. Cer, das poliertem Eisen ähnelt, läuft ebenfalls schnell gelb an und bildet in wenigen Stunden eine graue Oxidschicht, die sich durch die Luftfeuchtigkeit rasch in eine leicht abblätternde Hydroxidschicht umwandelt. Die „schweren“ Lanthaniden sind gegenüber Luftsauerstoff und Feuchtigkeit viel weniger empfindlich. Sie bilden teilweise eine gut haftende Schutzoxidschicht (3, 10, 13).

Bisher wurden in der Technik weit mehr Lanthaniden-Salze als Metalle verwendet; erst in letzter Zeit verschiebt sich das Verhältnis mehr zugunsten der Metalle, obwohl auch die Salze immer neue Anwendungen finden, z. B. bei der Herstellung von Strahlenschutzgläsern oder von ferromagnetischer und dielektrischer Keramik.

Der wichtigste Verbraucher der Lanthanidenmetalle, in der Form von „Mischmetall“, der Legierungen der Metalle der Cergruppe, war bisher die Feuersteinindustrie. Ihr Bedarf wurde aber in den letzten Jahren schon erheblich von dem Verbrauch an Lanthanidenmetallen als Legierungszusätze zu neuen Werkstoffen übertroffen. Literatur hierüber ist allerdings fast nicht vorhanden, so daß nur wenige Möglichkeiten summarisch angeführt werden können.

Eisenlegierungen, denen Lanthanidenmetalle, meist Cer, Neodym oder Lanthan in Mengen von 0,5 bis 3% zugesetzt wurden, zeichnen sich durch eine dünnere Schmelze und ein feineres Korn aus, was eine Verbesserung der Gieß- und Schmiedbarkeit und eine höhere Duktilität und Kerbschlagzähigkeit zur

Messung von Gefahrstoffen – BGIA-Arbeitsmappe –

Herausgegeben vom Institut für Arbeitsschutz der Deutschen
Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)

Von Prof. Dr. rer. nat. H. Blome und Prof. Dr. rer. nat. D. Reinert

Im praktischen Ordner oder online: **Bewährte Arbeitshilfe plus zuverlässige Informationsquelle**

Arbeitsschutzgesetz und Gefahrstoff- bzw. Biostoffverordnung verpflichten den Arbeitgeber dazu, überall, wo Gefahrstoffe am Arbeitsplatz auftreten könnten, regelmäßig die Gefährdungen sowie die Einhaltung der geltenden Grenzwerte zu ermitteln. Die **BGIA-Arbeitsmappe** bietet hierzu praktische Beispiele und erläutert messtechnische Ermittlungsmethoden.

Das Werk ist ergänzbar und wird ständig an die aktuelle Entwicklung angepasst.

Mit Anleitungen zur Durchführung von Gefährdungsbeurteilungen basierend auf den aktuellen Änderungen des technischen Regelwerkes zur GefStoffV!

Weitere Informationen und Bestellmöglichkeit unter www.BGIA-ARBEITSMAPPEdigital.de



ERICH SCHMIDT VERLAG

Bestellungen bitte an den Buchhandel oder über:

Fax-Nr. 030/25 00 85-275

Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG

Genthiner Straße 30 G · 10785 Berlin · ESV@ESVmedien.de

www.BGIA-ARBEITSMAPPEdigital.de

Firma / Institution

Vorname / Name / Kd.-Nr.

Funktion

Straße / Postfach

PLZ / Ort

Fax

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

E-Mail

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

Datum / Unterschrift

Messung von Gefahrstoffen – BGIA-Arbeitsmappe –

- Loseblattwerk (inkl. Online-Ausgabe)**, 2.312 Seiten in 3 Ordnern, Grundwerk Euro (D) 138,- (inkl. 7% USt. und zzgl. Versandkosten), ca. 2 Ergänzungslieferungen pro Jahr, Ergänzungen sind bis auf Widerruf zuzusenden. ISBN 978 3 503 02085 0
 - fest
 - Musterband 14 Tage zur Ansicht
- Online-Ausgabe**, Jahresabonnement Euro (D) 95,40 (inkl. 19% USt. und zzgl. Euro (D) 4,95 Verfügungspauschale). Die Bezugsgebühr wird jährlich im Voraus erhoben. Abbestellungen sind mit einer Frist von 2 Monaten zum 1. 1. J. möglich. ISBN 978 3 503 11665 2

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

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

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

Bestell-Coupon