

CLB

Chemie in Labor und Biotechnik

Analytik

Biotechnik

Optimierte Prozesse

Komplexe Materialien

Maßgeschneiderte Moleküle

Menschen und Chemie

Aus- und Weiterbildung

- Cyanide
- Reaktive Nano-Zemente
- Jugend forscht: Fluoreszenzpolarisation

Chemie FÜR LABOR UND BETRIEB

Eine verständliche Monatsschrift

Nr. 7

Frankfurt a. M., Juli 1955

6. Jahrgang

Aufgaben der analytischen Chemie

Von Dr. R. Krüger, Chemische Werke Hüls AG.

Qualitätsüberwachung

In allen zivilisierten Ländern hat sich in den letzten Jahrzehnten in steigendem Maße bei den Artikeln des täglichen Bedarfs die Forderung nach einwandfreier Qualität der Ware durchgesetzt. Die Behörden schalten sich bei bestimmten Erzeugnissen ein, um die Bevölkerung vor Übervorteilung oder gar Schaden durch mindere Güte der Ware oder der Verarbeitung zu bewahren. Durch Regierungserlässe werden bei Vorliegen eines öffentlichen Interesses Güteforderungen aufgestellt und für den vorgesehenen Zweck ungeeignete Waren von der Verwendung ausgeschlossen. Die ordnungsgemäße Durchführung der festgelegten Bestimmungen wird im Auftrag der Behörden durch besondere Kontrollorgane überwacht. Als Beispiel nennen wir die laufenden Lebensmitteluntersuchungen oder die Abnahmeprüfungen bei Maschinen und Bauwerken.

Darüber hinaus wird sich jeder verantwortungsvolle Erzeuger von Gebrauchsgegenständen für den häuslichen und den industriellen Bedarf von der Güte seiner Ware — meist durch Stichproben — überzeugen und sich so vor berechtigten Beanstandungen schützen. Die Güte der meisten Fertigwaren ist neben der einwandfreien Verarbeitung weitgehend von der Qualität der Rohstoffe abhängig. Diese Qualitätsüberwachung der Rohstoffe, ihrer Vor- und Zwischenprodukte ist neben der technischen und rein physikalischen Materialprüfung eine wichtige und verantwortungsvolle Aufgabe der analytischen Chemie.

Ist der Zusammenhang zwischen der Güte der Fertigprodukte und der Qualität der verwandten Rohstoffe und der Hilfsstoffe bekannt, so wird der Hersteller der Enderzeugnisse auf Grund seiner Erfahrungen dem Rohstofflieferanten bestimmte Qualitätsansprüche nennen. Solche Qualitätsvereinbarungen können zwischen einzelnen Geschäftspartnern getroffen werden, sie sind aber auch für zahlreiche Rohstoffe zwischen großen



376

Aufgaben der analytischen Chemie

Interessengruppen der Verarbeiter und Erzeuger üblich. So wurden beispielsweise für Metalle und Metallegierungen Handelstypen von besonderem Reinheitsgrad, mit zulässigen oder erforderlichen Zusätzen festgelegt, für pharmazeutische Artikel durch das Deutsche Arzneibuch Reinheitsansprüche gestellt, für Treibstoffe und Schmiermittel Qualitätsnormen vorgesehen.

Bei den chemischen Erzeugnissen, für die eine allgemein verbindliche Abmachung noch nicht getroffen wurde, geben die Hersteller in den Werbeblättern oder — insbesondere in den USA — auch in Zeitungsanzeigen die garantierten Güteanforderungen bekannt. Die Verpflichtung, die der Erzeuger mit der Gütegarantie einget, zwingt ihn zur laufenden Kontrolle der Verkaufsprodukte durch ein analytisches Laboratorium. Es ist vielfach üblich, daß die zur Qualitätsüberwachung durchgeführten Analysen dem Kunden auf Anforderung zugestellt werden. Das Vertrauen des Kunden zu dieser „Versandanalyse“ nimmt zu, wenn das analytische Laboratorium von den einzelnen Produktionsbetrieben weitgehend unabhängig ist. Dies kann unter Umständen zu einer räumlichen oder organisatorischen Trennung der eigentlichen analytischen Betriebsüberwachung von der Untersuchung der versandfertigen Ware führen. In größeren Werken wird die von der Produktion unabhängige Versandkontrolle erreicht, wenn ein für alle Erzeugnisse zuständiges Untersuchungs- oder Analytisches Laboratorium, gleichgestellt mit den Produktionsbetrieben, der Geschäftsführung direkt untersteht.

Es muß für jeden Analytiker selbstverständlich sein, daß der als richtig und zuverlässig erkannte Untersuchungsbefund an alle empfangsberechtigten Stellen, wenn es üblich ist auch an den Kunden, ohne Beschönigung weitergegeben wird, auch wenn das Ergebnis einmal nicht zu Gunsten des eigenen Werkes ausgefallen ist. Wird — vielleicht auf eine Reklamation hin — das ausgefertigte Analysenergebnis als fehlerhaft erkannt, so soll der nun einmal nicht völlig auszuschließende Fehler offen und ehrlich zugegeben werden.

Analysevorschriften

Vielfach entstehen Meinungsverschiedenheiten zwischen zwei Laboratorien über die Analysenergebnisse, wenn nach abweichenden Analysevorschriften gearbeitet wird. Besonders auffällig sind solche Analysen-

Zu nebenstehender Abb. 1: Grundvoraussetzung einer richtigen Analyse ist die einwandfreie Probenahme. (Aus „Lichtbogen“ 4, 12 (1955).)

378

Aufgaben der analytischen Chemie

differenzen z. B. bei der Bestimmung von Siedegrenzen. Der Siedeverlauf ist bei einem technischen Produkt von der gewählten Apparatur und der Arbeitsweise abhängig. In diesem Fall ist es unerlässlich, daß die beiden Laboratorien die Arbeitsbedingungen bis ins einzelne festlegen. Eine Vereinbarung über die Untersuchungsmethoden ist zur Erzielung vergleichbarer Analysen überhaupt immer empfehlenswert.

In vielen Ländern sind, wie schon angedeutet, für zahlreiche industrielle Erzeugnisse allgemein anerkannte Güterrichtlinien aufgestellt worden und für jede vorgesehene Prüfung ist eine bestimmte Arbeitsweise festgelegt. Bekannt sind vor allem die Arbeiten des „Deutschen Normenausschusses“ mit den „DIN-Blättern“, der „American Society for Testing Materials“ mit den „ASTM-Standards“ und der „British Standards Institution“ mit den „British Standards Specifications“. Diese Normblätter geben die vereinbarten Toleranzen, also die zulässigen Höchst- und Mindestwerte, und dann die für jede Einzelbestimmung vorgesehene Analysenmethode mit eingehender Beschreibung der erforderlichen Geräte, Lösungen und der ausführlichen Vorschrift des Arbeitsganges an (vgl. Abb. 2).

Liegen solche allgemein gültigen Analysevorschriften für die untersuchten Produkte nicht vor, so sollte die Arbeitsweise für das eigene Laboratorium, selbst bei einfachen Analysen, schriftlich festgelegt werden und dem Analytiker ständig zur Verfügung stehen. Im Gedächtnis festgehaltene oder mündlich weitergegebene Analysenmethoden werden erfahrungsgemäß im Laufe der Zeit oft mehrfach, bewußt oder unbewußt, geändert oder vereinfacht, und dies nicht immer zum Vorteil. Ist eine Methodenänderung erforderlich, so soll dies nach der Erprobung schriftlich geschehen. Weichen die nach den beiden Methoden für die gleichen Proben erhaltenen Werte, etwa die Mittel aus zahlreichen Einzelbestimmungen, voneinander ab, so wird man die Abweichung zum Vergleich der nach der alten und der neuen Methode erhaltenen Werte festhalten.

Neue Methoden und Apparate

Vom Analytiker werden heute sowohl auf anorganischem als auch auf organischem Gebiet erhöhte Anforderungen, insbesondere schnelle Ausführung der Analyse, große Genauigkeit und die Ermittlung mehrerer Nebenprodukte gefordert. Die klassischen Methoden der Analyti-

Zu nebenstehender Abb. 2: Ausschnitt aus dem DIN-Blatt 51751 als Beispiel für die anzustrebende Ausführlichkeit einer Analysevorschrift.

Fortsetzung auf Umschlagseite 3

Liebe CLB-Leserin, lieber CLB-Leser,

diese CLB präsentiert wieder einmal die Siegerarbeit Chemie des Bundeswettbewerbs „Jugend forscht“ (s.S. 302-310). Neben dem Informationsgewinn über das diesjährige Siegerthema „Fluoreszenzpolarisierung“ hoffe ich auch, dass der Artikel für Schülerinnen und Schüler eine Leuchtturmfunktion zur Eigenmotivation für die Beschäftigung mit Naturwissenschaft und Technik übernimmt. Von der Schule können die jungen Menschen nämlich nicht unbedingt viel erwarten. Noch immer streiten sich Pädagogen lieber um Faktenwissen, um Fächerinhalte – das erlebt man gerade jetzt bei der Einführung des achtjährigen Gymnasiums – als um Methoden und Fördermöglichkeiten.



Förderung wird in unseren Schulen unprofessionell gehandhabt, so das Fazit einer Studie des Zentrums für empirische pädagogische Forschung der Universität Koblenz-Landau (s.S. M57). Nur etwa jede siebente Lehrkraft sei mit diagnostischen Hilfsmitteln vertraut, die eine Analyse der Fördermöglichkeiten erlauben. Vielleicht sollte man einmal über die Methode nachdenken, nach der Lehrer für ihren Beruf ausgewählt werden. Während in Deutschland an vielen Hochschulen ein mittelmäßiges oder schlechtes Abitur ausreicht, um sich für Lehramtsfächer einzuschreiben, müssen angehende Pädagogen beispielsweise in Finnland ein umfangreiches Auswahlverfahren bestehen. Dennoch herrscht dort großer Andrang – obwohl die Bezahlung eines finnischen Lehrers auch nur zwischen 2000 und 3000 Euro brutto im Monat liegt: Mehr als 6000 Studienbewerber konkurrierten dieses Jahr um 450 Plätze. In einer ersten Testrunde, die nur etwa ein Drittel der Bewerber besteht, gibt es auch Fragestellungen, die beantworten helfen sollen, ob der Beruf überhaupt zu ihnen passt. Man sucht Bewerber, die Kinder begeistern können – um so längerfristig die Wettbewerbsfähigkeit eines kleinen Landes zu sichern, das im weltweiten technologischen Wettbewerb steht. Noch klappt die Verbindung von Computer und Gehirn nicht so gut, dass man damit den Nürnberger Trichter simulieren könnte ;-)

Obwohl es ja die unglaublichsten Fortschritte gibt – nicht nur bei Brain-Computer-Interfaces, die auch die CLB zuletzt in Ausgabe 12-2007 beschrieben hat: Wird der Sportunterricht überleben? Wie wird später wohl die Olympiade aussehen? Gibt es eine Doping-Eskalation? US-Forscher haben eine Substanz entdeckt, die denselben Effekt hat wie



wochenlanges Training! Aminoimidazol-Carboxamid-Ribonukleosid (AICAR) vermehrt die Mitochondrien, die Kraftwerke in den Zellen, und beeinflusst die Fettverbrennung sowie die Nährstoffzufuhr über die Blutgefäße. Auf Laufbändern rannten mit AICAR gedopte Mäuse 44 Prozent länger als eine Kontrollgruppe unbehandelter Tiere. Die Forscher fanden noch ein weiteres Präparat namens GW1516, das einen Trainingseffekt zwar nicht aus dem Nichts erzeugte – es verstärkte aber ein reales Training um bis zu 70 Prozent! Zur Auffindung dieser Substanzen haben Versuche mit genmanipulierten Mäusen – Marathonmäusen – geführt, die eine extreme Ausdauer aufwiesen.

Ich denke, angesichts der Ergebnisse moderner Forschung muss heute im konventionellen Unterricht neu über die Rolle des Menschen diskutiert werden, bis hin zu Überlegungen in Richtung Transhumanismus. Da es bei den Forschungen, die zu solchen Überlegungen drängen, immer auch um Biologie, Analytik und Materialwissenschaften geht, wird die CLB diese Prozesse begleiten.

Ihr

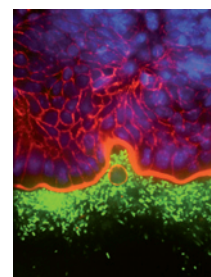
INHALT

Aufsätze

Cyanide Herstellung, Eigenschaften und Verwendung	288
Reaktive Nano-Zemente Injizierbare, flexible „Knochenbaumwolle“ für minimal-invasive Chirurgie	294
Jugend forscht 2008 Fluoreszenzpolarisation: Drehungen im Gigahertzbereich	302

Rubriken

Editorial	281
Impressum	283
F & E im Bild	283
Unternehmen	284
Personalia	286
Förderungen / Preise	287
Forschung und Technik	311
Umfeld Wissenschaft	316
Neue Produkte	317
Bezugsquellenverzeichnis	319

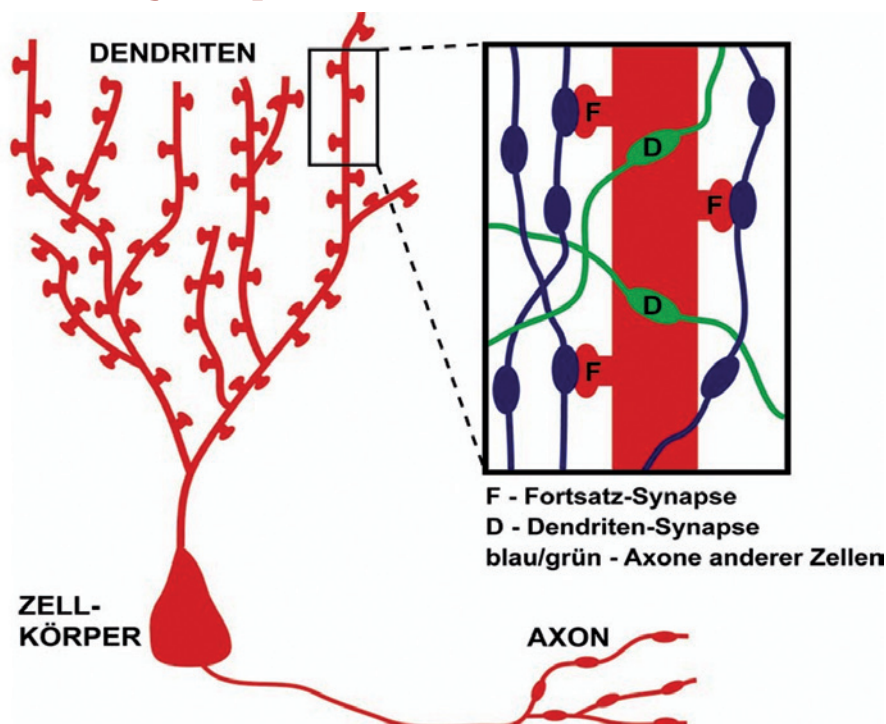
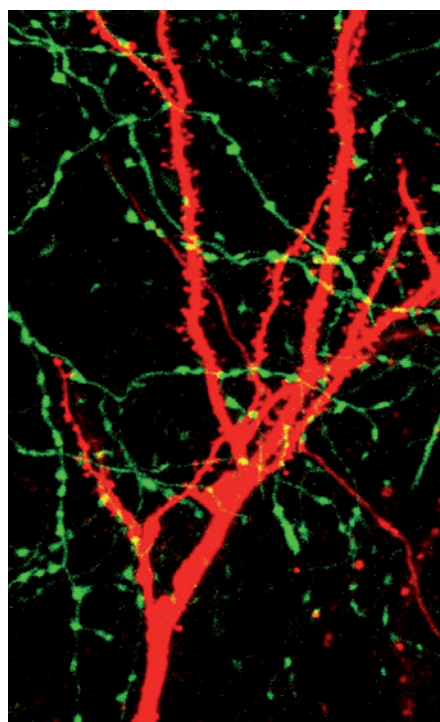


Zum Titelbild
Salmonellenbakterien im
Mausdarm. Die Bakterien sind
grün, das Gewebe der Maus
ist blau und rot (siehe dazu
den Artikel auf Seite 311; Bild:
Bärbel Stecher/Wolf-Dietrich
Hardt/ETH Zürich).

CLB-Memory

Zentrum für pädagogische Forschung urteilt: Blauer Brief für die Förderung an Schulen	M57
Über das Verhältnis von Patentanmelder und Erfinder Wie man gewinnen kann – und wie Erfinder leer ausgehen können	M58
BMBF fördert Maßnahme gegen den Fachkräftemangel 2,68 Millionen Euro für Weiterbildungskurse	M61
HIS-Studie zur Zufriedenheit Studierender Familie und Partnerschaft wichtiger als Karriere	M62
GDCh: Statistik über Chemiestudienaufnahme Im 4. Jahr in Folge fallend	M63
Chemie und Energie Solartechnik	M64

Flexible hemmende Synapsen



Sobald wir etwas Neues sehen, erleben oder tun, wachsen neue Querverbindungen zwischen einzelnen Nervenzellen aus. Das Durchdenken einer neuen Situation kann jedoch auch die zeitweilige Unterdrückung unwichtiger Informationen erfordern. Daher besitzt das Gehirn auch Nervenzellkontakte, die den Informationsfluss hemmen. Während sich die informationsfördernden Synapsen an den Enden der auswachsenden Fortsätze befinden, sitzen hemmende Synapsen direkt auf dem „Schaft“ der Dendriten (in der Abbildung schematisch dargestellt). Solch eine Schaft-Synapse kann entstehen, wenn sich ein Dendrit und das Axon einer anderen Nervenzelle berühren. Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Neurobiologie in Martinsried fanden nun: Nur an ungefähr 40 Prozent der Überkreuzungen von Dendriten und Axonen gab es auch eine Synapse. Je nach Bedarf können hemmende Synapsen an noch freien Überkreuzungen aufgebaut und auch wieder entfernt werden. Schaft-Synapsen können dabei genauso schnell wie Fortsatz-Synapsen auf- und auch wieder abgebaut werden, also im Zeitraum von wenigen Minuten bis Stunden (Bild: Max-Planck-Institut für Neurobiologie / Corrette Wierenga).

Impressum

CLB
Chemie in Labor und Biotechnik

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

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

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

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

Ständige Mitarbeiter:
Dr. Maren Bulmahn, Bensheim;
Ans de Bruin (Grafik), Heidelberg;
Prof. Dr. Wolfgang Hasenpusch, Hanau;
Dr. Mechthild Kässer, Diekholzen;
PD Dr. Röbbbe Wünschiers, Quedlinburg.

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

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

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

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

CLB erscheint monatlich.

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

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

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

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

ISSN 0943-6677



NACHRICHTEN & NOTIZEN

Die Evonik Industries AG, Essen, schließt Ende dieses Jahres ihre weltweit einzige Anlage zur Herstellung von Cyanoessigsäure und -ester in Mobile (Alabama, USA) mit 700 Mitarbeitern. Aufgrund der Konkurrenz aus China und Überkapazitäten ist die Produktion nicht mehr wirtschaftlich. Die Cyanoessigsäure und deren Ester sind Zwischenprodukte für Klebstoffe, pharmazeutischen Wirkstoffe und Agro-Chemikalien.

Die Ehrfeld Mikrotechnik BTS GmbH (EMB), eine Tochtergesellschaft von Bayer Technology Services GmbH, und Xytel Inc. haben eine Produktions- und Marketing-Vereinbarung zur Einführung der Mikroreaktionstechnik in Pilotanlagen für die Öl- und Gas-, Chemie- und Pharmaindustrie unterzeichnet.

Die Firma CEM hat eine neue Homepage konzipiert: Mikrowellen-Chemie und deren Anwendungen werden dargestellt. Außerdem werden Seminare und Kurse, weiterführende Links, Literaturtipps, zahlreiche Downloads und eine Job-Rubrik präsentiert.

Qiagen führt einen neuen molekulardiagnostischen Test mit EU-Zulassung ein, mit dem eine Genvariation (HLA-B*5701-Allel) nachgewiesen werden kann. Träger dieser Variante haben ein weit höheres Risiko, eine Überempfindlichkeitsreaktion auf Abacavir, ein häufig eingesetztes Medikament gegen AIDS, zu entwickeln.

Roche und Meda, ein internationales Unternehmen für Spezialpharmaka mit Sitz in Solna (Stockholm, Schweden), haben eine Vereinbarung unterzeichnet, die den Verkauf von vier Roche-Pharmaprodukten an Meda betrifft. Alle weltweiten Produktrechte für Marcoumar (Antikoagulans), Torem (Diuretika), Tilcotil (zur Behandlung von schmerzhaften Erkrankungen des Bewegungsapparates) und Aurorix (Antidepressivum) gehen für insgesamt 120 Millionen Euro an Meda. Mit diesem Schritt verstärkt Roche die Strategie, sich auf Kernprodukte aus der Pipeline der Divisionen Pharma und Diagnostics zu konzentrieren.

Tecan, ein weltweit führender Anbieter im Bereich der Laborautomation, hat ein Gerät der Reihe Freedom EVO 150 gespendet. Damit werden forensische Proben verarbeitet, um Menschen identifizieren zu können, die durch die Folgen des Erdbebens im Mai in der Provinz Sichuan umgekommen sind. Durch die Spende wird die Verarbeitung der Proben enorm beschleunigt. Das System wurde im Zentrum für Forensik der Abteilung Öffentliche Sicherheit in der Provinz Sichuan installiert. Der Betrieb wird durch Tecan's chinesischen Vertriebspartner Eastwin unterstützt.

The Medicines Company hat die Curacyte Discovery GmbH mit Sitz in Leipzig sowie deren Wirkstoffkandidat CU-2010 übernommen. CU-2010, ein Hemmstoff von Serinproteasen, wird zur Reduktion des Blutverlusts bei Operationen verwendet. Das Unternehmen zahlt 14,5 Mio Euro sofort und weitere 10,5 Mio Euro, wenn CU-2010 in die Phase II der klinischen Entwicklung weitergeführt wird.

BASF investiert in Komplexbildner

Großanlage in Ludwigshafen

Die BASF investiert in die Produktion für ihren nachhaltigen Komplexbildner Trilon M und festigt damit ihre Position als einer der weltweit führenden Komplexbildner-Hersteller. Eine neue World-Scale-Anlage in Ludwigshafen, Deutschland, ist derzeit im Bau.

Nach der Fertigstellung im Jahr 2010 wird die BASF über eine weltweite Kapazität von 120 000 Tonnen pro Jahr für ihr Komplexbildner-Sortiment verfügen: am Standort Ludwigshafen, im nordamerikanischen Lima, Ohio, und im brasilianischen Guaratinguá.

Komplexbildner erhöhen die Reinigungswirkung von Wasch- und Geschirrspülmitteln sowie von Industrie- und Allzweckreinigern, indem sie in wässrigen Lösungen die Konzentration von Metallionen reduzieren. Dabei überführen sie schwer lösliche Verbindungen in leicht wasserlösliche Verbindungen. In der Papierindustrie eliminieren

Komplexbildner Schwermetalle, die die Bleiche stören würden. In der Kosmetikindustrie stabilisieren sie Cremes und Shampoos, und in Fotopapier verhindern sie das Vergilben.

Die unter dem Markennamen Trilon M in steigenden Mengen vermarktete Methylglycindiessigsäure ist ein leistungsstarker und umweltfreundlicher Komplexbildner aus der Klasse der Amino-carboxylate.

Das ökotoxikologische und toxi-kologische Profil von Trilon M ist durch Langzeitstudien abgesichert. Eine Gefahrstoffkennzeichnung ist nicht erforderlich. Die Nachhaltigkeit des Produktes konnte durch eine TÜV-zertifizierte Ökoeffizienzstudie untermauert werden. Das Produkt ist in flüssiger und fester Form erhältlich.

Bei einem guten Preis-/Leistungsverhältnis hat sich Trilon M deshalb für den Phosphatersatz in Reinigungsmitteln für Geschirrspülmaschinen etabliert.

Zwei Aufträge für CAC

Die Chemieanlagenbau Chemnitz GmbH (CAC) mit Sitz in Chemnitz/Sachsen, eine international tätige Gesellschaft für Verfahrenstechnik und Anlagenbau mit 230 Mitarbeitern, baut eine schlüsselfertige Natriumhypochloritanlage mit einem Auftragswert von 30 Mio. Euro in Moskau. Die Anlage mit einer Jahreskapazität von 60 000 t/a wird 2011 in Betrieb genommen, und soll das bisher bei der Trinkwasseraufbereitung eingesetzte Chlorgas durch Natriumhypochlorit ersetzen. Weiterhin baut CAC ein Werk für Wasserstoffperoxide in Leuna weiter aus. Im Jahr 2010 wird die Anlagenkapazität auf 80 000 Tonnen pro Jahr verdoppelt. CAC übernimmt im Rahmen dieses Auftrages das Front End Engineering Design (FEED) sowie die Erstellung der notwendigen Genehmigungsunterlagen nach BImSchG.

Solarsilizium billiger

Die Evonik Industries AG (Essen) und die SolarWorld AG (Bonn) haben ihre neue Solarsiliziumanlage im badischen Rheinfeldern eingeweiht. Im Rahmen des gemeinsamen Joint Ventures Joint Solar Silicon (JSSI) wird erstmals ein Verfahren angewendet, bei dem eine Energieeinsparung von bis zu 90 Prozent gegenüber herkömmlicher Solarsiliziumproduktion möglich ist. Im Rahmen des Verbunds wird zuerst Monosilan produziert, und daraus schließlich Solarsilizium hergestellt. Die Produktion in Rheinfeldern startet zunächst mit einer jährlichen Kapazität von 850 Tonnen Solarsilizium. Derzeit wird das Wachstum der Solarindustrie noch durch knappe Rohstoffkapazitäten begrenzt. Mit der neuen Anlage ist JSSI seinem Ziel näher gekommen, diesen Nachfrageengpass kostengünstig zu beseitigen.

Roche geht neue Wege in der Erforschung von Krebserkrankungen

Schnelle Sequenzierung genetischer Varianten

Mit dem Genome Sequencer FLX System von 454 Life Sciences (Branford, USA), einer Tochterfirma von Roche, konnten genetische Varianten identifiziert werden, die möglicherweise in Zusammenhang mit Krebserkrankungen von Prostata, Brust und Darm stehen.

Die Varianten traten in einem zuvor identifizierten Bereich des menschlichen Genoms mit der Bezeichnung 8q24 auf. Wissenschaftler des National Cancer Institute in Bethesda (USA) haben das Probenmaterial von insgesamt 85 Personen mit Prostata- und Darmkrebs resequenziert. 39 der untersuchten Personen hatten fortgeschrittenen Prostatakrebs. 40 Personen waren Teilnehmer einer Screeningstudie des Instituts für

Prostata-, Lungen-, Darm- und Eierstockkrebs. Zu Kontrollzwecken wurden außerdem die Daten von 6 weiteren Personen sequenziert.

Bei der Resequenzierung des 136 KB 8q24 Bereichs des insgesamt 3 Milliarden Basen umfassenden menschlichen Genoms identifizierten die Wissenschaftler über 1000 genetische Varianten bei 85 Personen. Insgesamt konnten 442 neue Einzelnukleotid-Polymorphismen (SNPs) identifiziert werden.

Die Ergebnisse werden in weiteren Untersuchungen verwendet, um mögliche genetische Varianten, die Krankheiten verursachen können, zu identifizieren.

Eines der Hauptziele der Sequenzierung kompletter Genome ist, genau die genetischen Varianten zu identifizieren, die zu einem Phänotyp beitragen.

Es gibt zwar bereits einige kommerzielle Technologien, die Bereiche im menschlichen Genom identifizieren können von denen vermutet wird, dass sie in Zusammenhang mit Krankheiten stehen. Jedoch können diese Geräte in der Regel nicht die ursächliche genetische Variante aufzeigen.

Das ultraschnelle Hochdurchsatz Genome Sequencer System zeichnet sich durch eine einfache Probenvorbereitung und lange, präzise Leseweiten aus. Dadurch können umfangreiche wissenschaftliche Projekte im finanzierbaren Rahmen durchgeführt werden. Diese Sequenziergeräte der nächsten Generation erlauben es Wissenschaftlern, nahezu alle genetischen Varianten innerhalb spezieller Bereiche schnell und kostengünstig zu bestimmen.

Preis des Stifterverbands für Fraunhofer IPA und DKFZ

Peptid-Arrays um den Faktor 100 billiger

Für ein neues Herstellungsverfahren von Peptid-Arrays, das auf Laserdruck basiert, erhielten Wissenschaftler des Deutschen Krebsforschungszentrums und des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA den Wissenschaftspreis des Stifterverbands 2008.

Peptide sind Bruchstücke von Proteinen, die aus bis zu 50 Aminosäuren aufgebaut sind. In der Praxis reichen 15 bis 20 Aminosäuren aus, um etwa Proteine von Krankheits-erregern zu identifizieren. Derzeit sind die Kapazitäten von Peptid-Arrays jedoch begrenzt. Sie liegen bei maximal 10000 Peptiden auf einem Träger. Um beispielsweise alle tausend Proteine eines Bakteriums in Form von jeweils 100 überlappenden Peptiden darzustellen, benötigt man Biochips mit 100 000 Peptiden, für einen Malariaerreger

sogar 500 000. Weiterer Nachteil: ein Peptidspot kommt auf etwa fünf Euro; ein gesamter Träger mit 10 000 Peptiden würde nahezu 50 000 Euro kosten. Ausweg jetzt: Biochips aus dem Drucker.

Peptid-Arrays werden bislang mit einer Spottechnik hergestellt, bei der die einzelnen Aminosäuren mit einem Pipettierroboter auf eine papierartige Membran aufgetupft werden. Jetzt wird auf Glas gedruckt, nicht auf ein flexibles Medium. Es muss mit 20 Tonern gedruckt werden, denn die Peptide müssen aus 20 verschiedenen Aminosäuren zu bestimmten Ketten verkettet werden. Den Bio-Toner lieferten die Wissenschaftler des DKFZ: verkapselte Aminosäuren. Die Aminosäurepartikel werden im Drucker zunächst trocken verarbeitet. Damit die Aminosäuren aber chemisch reagieren können, müssen sie gelöst sein. Dazu wird

die Platte erhitzt. Dabei werden die Tonerpartikel geschmolzen und die Aminosäuren können an den Träger koppeln. Schicht für Schicht wird exakt aufeinander gedruckt und verkettet. Weiterer Vorteil: die in den Toner eingekapselten Aminosäuren sind um ein Vielfaches länger haltbar als diejenigen in flüssiger Form. Die gedruckten Peptid-Arrays sind mit über 155 000 Mikropunkten auf einem Träger von 20 mal 20 Zentimetern nicht nur viel komplexer, sie lassen sich auch viel schneller produzieren und senken die Kosten um mindestens den Faktor 100. Die fertigen Arrays können zu einem Preis von wenigen Cent pro Peptid angeboten werden.

Die Entwicklungskosten belaufen sich bisher insgesamt auf etwa 1,5 Millionen Euro; das BMBF sowie die VW-Stiftung förderten das Vorhaben.

BAYER Schering Pharma **Andreas Fibig** (46), derzeit Senior Vice President beim Pharma-Konzern Pfizer, wurde neuer Vorstandsvorsitzender von Bayer Schering Pharma (BSP). Außerdem wird **Dr. Bernd Metzner** (37), derzeit Finanzleiter der Bayer S.p.A., Italien, die Leitung Central Administration and Organization (CAO) bei Bayer Schering Pharma übernehmen.

FENS Prof. Dr. **Helmut Kettenmann**, Forschungsgruppenleiter „Zelluläre Neurowissenschaften“ am Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin (MDC) Berlin-Buch und Professor für Zelluläre Neurobiologie an der Charité/Universitätsmedizin Berlin wird neuer Präsident der Föderation der Europäischen Neurowissenschaftlichen Gesellschaften.

MDC Die frühere Kanzlerin der Fachhochschule Lübeck, **Cornelia Lanz** (51), ist neuer administrativer Vorstand des Max-Delbrück-Centrums für Molekulare Medizin (MDC) Berlin-Buch. Schwerpunkte der Arbeit von Cornelia Lanz sind Serviceverbesserung der Verwaltung und Bürokratieabbau.

MERCATOR Der Germanist **Dr. Wolfgang Rohe**, stellvertretender Generalsekretär des Wissenschaftsrats, wurde Leiter des Kompetenzzentrums „Wissenschaft“ der Stiftung Mercator. Rohe ist seit 2005 stellvertretender Generalsekretär des Wissenschaftsrates. Die Stiftung Mercator initiiert und unterstützt Projekte für bessere Bildungsmöglichkeiten an Schulen und Hochschulen.

SARTORIUS Der weltweit agierende Biotechnologie-Zulieferer Sartorius Stedim Biotech hat sein Management-Team um **Alan Burns** (Vice President of Global Quality Systems) verstärkt. Der Pharmaexperte ist für die



weltweiten Qualitätssysteme des Unternehmens zuständig und leitet von Concord, Kalifornien, aus den neu geschaffenen, zentralen Qualitätsbereich.

WYETH **Timm Volmer** (46) wird neuer Geschäftsführer von Wyeth Deutschland. Er tritt die Nachfolge von Andreas Krebs (50) an, der im Juni zum „President Europe, Middle-East, Africa (EMEA) und Canada“ von Wyeth ernannt worden war. Volmer, bereits Mitglied der Geschäftsleitung von Wyeth Deutschland, verantwortet seit 2004 als Direktor den Bereich Kommunikation und Gesundheitspolitik.

Zwei Wissenschaftlerinnen teilen sich den mit 10 000 Euro dotierten diesjährigen **Merck Serono Dermatologie Forschungspreis**: **Dr. med. Margarete M. Niebuhr** von der Medizinischen Hochschule Hannover befasste sich mit den molekular-genetischen Ursachen der atopischen Dermatitis. **Dr. rer. nat. Stephanie Schlickum** wies den Einfluss des Adhäsionsmoleküls Integrin auf die epitheliale Ausprägung der Lymphozyten und somit die Aufrechterhaltung der Epithelfunktion nach.

Prof. Dr. Frank Neese, Lehrstuhl für Theoretische Chemie der Universität Bonn, erhält den diesjährigen **Klung-Wilhelmy-Weberbank-Preis** für Chemie. Der mit 100 000 Euro ausgestattete Preis ist die höchst dotierte Auszeichnung für jüngere Wissenschaftler in Deutschland. Mit seinen Arbeiten zur effizienten Berechnung der Elektronenstruktur großer Moleküle ermöglicht der 41-jährige Biologe experimentell tätigen Naturwissenschaftlern in vielen Arbeitsgebieten, ihre Ergebnisse präzise und effizient zu interpretieren und neue sinnvolle Experimente zu konzipieren.

EHRUNGEN

PD Dr. Gesine Bug, Oberärztin im Klinikum der J.W. Goethe-Universität Frankfurt, ist mit dem diesjährigen **Preis der Alfred und Angelika Gutermuth-Stiftung** ausgezeichnet worden. Die 38-jährige Ärztin und Wissenschaftlerin erhielt den mit 5000 Euro dotierten Preis für ihre Arbeiten zur Therapie der akuten myeloiden Leukämie (AML) und des myelodysplastischen Syndroms.

Ehrungen der GDCh

Die Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) hat auf der Versammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte (GDNÄ) in Tübingen mehrere Preise verliehen: Den **Alfred-Stock-Gedächtnispreis** erhielt **Michael F. Lappert**, geboren 1928 im tschechischen Brünn, nun in Brighton an die Universität von Sussex. Im Bereich der Organometallchemie hat Lappert zahlreiche neue Verbindungsklassen synthetisiert und charakterisiert. Mit der **Liebig-Denk Münze** wurde der 1942 in Berlin geborene Astrophysiker **Wolfgang Krätschmer** von der Universität Heidelberg ausgezeichnet, für seine Pionierarbeiten zu einer eigenständigen Fullerenchemie. Unter anderem synthetisierte er di- und oligomere Fullerene und hochreaktive Kohlenstoffketten mit 9 bis 21 Kohlenstoffatomen. Zweimal wurde in Tübingen der **Klaus-Grohe-Preis** für Medizinische Chemie verliehen. Der Pharmazeut **Paul W. Elsingerhorst**, geboren 1981 in Lengerich, ist Postdoc an der Universität Bonn. Er wird für seine Ergebnisse über Cholinesterase-Inhibitoren geehrt. Der zweite Grohe-Preisträger, **Carsten Vock**, geboren 1977 in Göttingen, wird für seine grundlegenden Forschungsarbeiten zur Entwicklung neuer cytotoxischer Organometallverbindungen für die Krebstherapie ausgezeichnet. Seit Dezember 2007 ist er Postdoc an der Universität des Saarlandes.

Prof. Dr. Klaus Ditrich, Mitarbeiter der biokatalytischen Forschung der BASF, wird mit der „**Siegfried Medaille für zukunftsweisende Arbeiten in der Prozesschemie**“ ausgezeichnet. Der mit 10 000 Schweizer Franken dotierte Preis wird für Ditrichs Arbeiten zur Entwicklung technisch realisierbarer Produktionsverfahren für optisch aktive Amine, Alkohole und Carbonsäuren verliehen. Diese chiralen Zwischenprodukte werden als Schlüsselbausteine bei der Synthese von Wirkstoffen für Pflanzenschutzmittel und Pharmazeutika genutzt.

Umgang mit Antibiotika

Der Umgang mit Arzneimitteln gegen Infektionskrankheiten ist immer noch ein Problem. Die ungezielte, übermäßige Verwendung von Antibiotika führt zu gefährlichen Resistenzen. Umgekehrt haben auch übertriebene Ängste vor dieser Medikamentengruppe bedenkliche gesundheitliche und auch ökonomische Folgen. Die ARGUS (Antibiotika: richtiger und gewissenhafter Umgang schützt)-Stiftung fördert unter anderem die sachgerechte, kritische und anschauliche Berichterstattung zum Thema „Verantwortungsvoller Antibiotikaeinsatz“ in Publikums-

und Fachmedien. Der ARGUS-Journalistenpreis ist mit insgesamt 7500 Euro dotiert, aufgeteilt auf Printmedien, Hörfunk und Fernsehen sowie Onlinejournalismus. Der prämierte Beitrag soll sich durch sorgfältige Recherche, interessante Aufbereitung des Themas sowie eine allgemein verständliche Vermittlung auch komplexer Zusammenhänge auszeichnen. Bewerben kann man sich bis zum **1.11.2008** bei: ARGUS – Gemeinnützige Stiftung für den Erhalt und die Entwicklung von Infektionstherapeutika, Postfach 19 11 19, 14001 Berlin.

Schülerwettbewerb Computeranimation

Aus Anlass des Jahres der Mathematik 2008 veranstaltet die Fachgruppe Mathematik der Hochschule Zittau/Görlitz den Schülerwettbewerb „Computeranimation mit PovRay“. PovRay ist eine frei verfügbare RayTracing-Software, mit der fotorealistische Bilder erzeugt werden können. Mit geeigneten Programmen, zum Beispiel dem Jasc Animation Shop, können die Einzelbilder zu Animationen in verschiedenen Formaten zusammengesetzt werden. Teilnahmeberechtigt sind alle Schüler der Klassenstufen 10-12 (13). Der Inhalt der Animation kann einen Sachverhalt aus der Mathematik, Physik, Biologie und Tierwelt, Technik etc. verdeutlichen. Einreichung der Animationen inklusive aller Quelldateien bis zum **2. Oktober 2008** an Prof. Dr. Uwe Schnell (uschnell@hs-zigr.de). Auf die Gewinner warten attraktive Preise, beispielsweise Notebook, iPod, Schülerlizenz für das Computeralgebrasystem Maple und ein Warengutschein über 50 Euro. Unter www.hs-zigr.de/matnat/cinematik/wettbewerb.html sind Details zum Wettbewerb und die Links zu den entsprechenden Programmen zu finden.

Seltene Erkrankungen

Die Eva Luise und Horst Köhler Stiftung für Menschen mit seltenen Erkrankungen vergibt in Kooperation mit der Allianz Chronischer Seltener Erkrankungen (ACHSE e.V.) zum zweiten Mal einen mit 50 000 Euro dotierten Preis für Forschungsprojekte, die sich seltenen Erkrankungen widmen. Bewerbungsschluss für den Forschungspreis ist der **15. Oktober 2008**. Am 2. März 2009 erfolgt in Berlin die feierliche Vergabe an den oder die Preisträger. Interessierte Wissenschaftler erhalten detaillierte Informationen zur Bewerbung und die Bewerbungsunterlagen unter www.achse-online.de.

Zukunft der Kinder

Der Zukunftspreis 2008 des gemeinnützigen Berliner IZT (Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung) stellt die „Zukunft der Kinder“ in den Mittelpunkt. Ausgezeichnet werden „Konzepte, Projekte und Initiativen für, mit und von Kindern“. Die Ausschreibung richtet sich an Kinder, Jugendliche und Erwachsene. Die mit 3000 Euro dotierte Auszeichnung wird alle zwei Jahre verliehen und jeweils unter ein anderes Thema der Zukunftsforschung gestellt. Bewerbungsschluss ist der **30. September 2008**. Weitere Informationen über den Preis unter www.izt.de.

Patente und Technische Schutzrechte

Die Hans-Sauer-Stiftung wird die Bewerbungsfrist für Ihren diesjährigen Forschungspreis zum Thema „Forschung und technische Schutzrechte“ um drei Monate verlängern. Kandidaten haben nun bis zum **30.11.2008** die Möglichkeit Forschungsarbeiten einzureichen, die sich mit der Bedeutung von Patenten zwischen Wissen, Recht und Markt in empirischer und disziplinübergreifender Per-

spektive auseinandersetzen. Der Wettbewerb steht Vertretern aller Disziplinen offen, wobei fachübergreifende Ansätze besonders gewürdigt werden. Antragsfähig sind Arbeiten, deren Abschluss oder Veröffentlichung nach dem 1. Januar 2002 erfolgt ist. Der anlässlich des zehnten Todestages des Stifters im Jahr 2006 erstmals ausgeschriebene Preis ist mit 5000 Euro dotiert.

Herstellung, Eigenschaften und Verwendung

Wolfgang Hasenpusch, Universität Siegen
Andreas Rubo, Hanau - Wolfgang

Die Salze der Cyanwasserstoffsäure (Blausäure), die Cyanide (auch in der Schreibweise „Zyanide“), zählen zu den sehr giftigen Chemikalien. Sie zu ersetzen, wenn immer sich eine Möglichkeit ergibt, schreiben die gesetzlichen Vorschriften für den Umgang mit Chemikalien vor. Oft ist jedoch, trotz vielfacher Bemühungen, das Cyanid mit seinen vielfältigen Eigenschaften nicht durch andere, weniger gefährliche Stoffe zu ersetzen. In diesem Fall ist die fehlende Substitutions-Möglichkeit nach der Gefahrstoffverordnung schriftlich zu begründen und es müssen alle technischen und organisatorischen Vorkehrungen getroffen werden, um mit den Cyaniden sicher umzugehen. Mitarbeiter sind zu schulen und im sicheren Umgang mit Cyaniden zu trainieren. Im vorliegenden Beitrag soll neben den Herstell-Methoden besonders auf die Eigenschaften und die industrielle Verwendung dieser Stoffe eingegangen werden.

Die Autoren

Prof. Dr. **Wolfgang Hasenpusch**, ist seit über 30 Jahren bei der Degussa AG tätig und beauftragt mit Aufgaben in den Bereichen Edelmetallscheidung, Quecksilberrecycling, Kreislaufwirtschaft, Gefahrstoffe, Umweltschutz, Arbeitssicherheit u.v.m., wobei Cyanide eine wichtige Rolle spielen. Er ist Dozent bei der BG Chemie und an der Universität Siegen für Themen der „Industriellen Anorg. Chemie“ sowie seit vielen Jahren im Prüfungsausschuss „Betriebswirtschaft“ an der IHK, Frankfurt und DIHK, Bonn.

Dr. **Andreas Rubo** ist seit 1989 bei der Degussa AG in verschiedenen leitenden Funktionen in der Entwicklung und weltweiten Kundenbetreuung, hat langjährige Erfahrung bei der sicheren Anwendung von Gefahrstoffen. Mit der Gründung der CyPlus GmbH (100%ige Tochter der Degussa) im Jahr 2003 war er als Director Chemicals Management tätig, Umweltauditor, Autor zahlreicher Publikationen zum sicheren Umgang mit Cyaniden, derzeit tätig bei Evonik Degussa GmbH im Bereich International Sales mit der konzernübergreifenden Projektarbeit zur Steigerung der Marketing- und Sales Effizienz.



Hasenpusch



Rubo

Geschichte des Natriumcyanids

Natriumcyanid ist das Natriumsalz der Blausäure. Blausäure ist seit Bestehen der Erde auch heute noch in sehr niedrigen Konzentrationen nahezu allgegenwärtig in der Erdatmosphäre. Blausäure existiert seit der Entstehung der Uratmosphäre, wie sich in Funkenentladungs-Experimenten nachweisen ließ, und Na_2O kommt in der wasserfreien Erdkruste mit 3,91% in der Häufigkeitsskala der chemischen Elemente nach den Oxiden von Silizium, Aluminium, Eisen und Kalzium bereits an fünfter Stelle.

Die Blausäure wurde erst 1782 bei der Reaktion von Kaliumhexacyanoferrat(II), dem „Gelben Blutlaugensalz“ (früher: Kaliumferrocyanid), mit verdünnter Schwefelsäure von dem deutsch-schwedischen Apotheker und Chemiker Carl Wilhelm Scheele (1742 - 1786) entdeckt. Er gab auch diesem farblosen und brennbaren Gas seinen Namen, da es aus dem Berliner Blau gewonnen wurde. Die Salze, die Cyanide, erhielten ihren Namen von dem griechischen Wort für „blau“: *kyanos*.

Umfangreichere Untersuchungen sind den Pariser Chemie-Professoren Graf Claude-Louis von Berthollet (1748 - 1822) fünf Jahre später sowie Joseph Louis Gay-Lussac (1778 - 1850) im Jahre 1815 zu verdanken, der auch die Zusammensetzung zur chemischen Formel HCN analysierte.

Blutlaugensalz war zur Herstellung von Blaufarben (Berliner Blau) schon länger bekannt. Die Färber J.C Dippel und H. Diesbach stellte es 1704 in Berlin aus Blut, Hornspänen, Tierabfällen, Eisenspänen und Pottasche her, ein echtes alchemistisches Gebräu. Dieses leicht zugängliche Blau-Pigment löste schnell das teure Ultramarin ab und war in der Folgezeit Gegenstand vieler Untersuchungen.

In Deutschland ist die Geschichte des Cyanids eng mit der Firmengeschichte der Deutschen Gold- und Silber-Scheideanstalt (Degussa, Frankfurt; heute: Evonik Degussa GmbH in Essen, ohne Edelmetall-Aufarbeitung) verknüpft. Denn schon der Gründer-Sohn des im Jahre 1843 in Frankfurt am Main etablierten Unternehmens, Hector Roessler,

benötigte das Cyanid für die Edelmetall-Scheiderei und begann 1864 mit der eigenen Herstellung von Kaliumcyanid. Er schmolz dazu das gelbe Blutlaugensalz mit Pottasche.

1889 begann die erfolgreiche Entwicklung, Natriumcyanid aus Blutlaugensalz und metallischem Natrium herzustellen. Noch im gleichen Jahr griffen die Beteiligungen in Niagara Falls (USA) und Pretoria (Südafrika) dieses Verfahren auf.

Durch Reaktion von metallischem Natrium mit Kohle und Ammoniak gelang H. Y. Castner 1901 eine neue Synthese zur Herstellung des Natriumcyanids. Bei der Degussa in Frankfurt wurde dieses Verfahren weiter optimiert. Produktionen von Natriumcyanid entstanden an anderen Orten: 1958 in Wesseling, 1968 in Antwerpen und 1990 in Mobile, Alabama (USA).

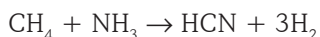
1975 hatte Degussa das von Andrussow erarbeitete Verfahren zur oxidativen Herstellung der Blausäure aus Methan und Ammoniak durch neue Katalysatoren und Verfahrenstechnik weiterentwickelt. Dieser neue „BMA-Prozess“ (BMA = Blausäure aus Methan und Ammoniak) läuft in Abwesenheit von Sauerstoff ab.

Die Verfahren sind durch folgende Gleichungen zu beschreiben:

Andrussow-Verfahren:



BMA-Verfahren:



Dort, wo der Wasserstoff in anderen Prozessen seine Verwendung findet, lässt sich die Blausäure mit Natronlauge leicht zum Natriumcyanid oder mit Kalilauge zu Kaliumcyanid neutralisieren [1].

Zur Gold-Laugung in der Bergwerks-Technik findet Cyanid seit seinem ersten Einsatz 1887 in den Minen Neu Seelands in steigendem Maße seinen Einsatz. Schätzungsweise verlaufen heute 90% der Goldgewinnung über den Cyanidlaugungs-Prozess. Je nach Erz-Zusammensetzung werden dafür 300 bis 2000 g NaCN pro Tonne Erz benötigt. Trotz vieler Versuche, das sehr giftige Cyanid durch andere Chemikalien-Kombinationen zu ersetzen, wie Brom/Schwefelsäure, Hypochlorit/Salzsäure, Thiosulfat/Kupfer oder Eisen(II)-sulfat/Thioharnstoff, konnte es durch erhebliche Nachteile dieser Lauge-Systeme bis auf vereinzelte lokale Einzelfälle nicht ersetzt werden.

Herstellung der Cyanide

Das heute gebräuchlichste Verfahren zur Herstellung der verschiedenen Cyanide und Cyano-Komplexe ist die Neutralisation von Blausäure mit Lauge [2]. Aus wirtschaftlichen Gründen wird

hierfür meistens die preiswertere Natronlauge anstelle von Kalilauge verwendet. Ältere Verfahren gehen von Carbonat-Schmelzen aus, in die Ammoniak und Kohlenmonoxid eingeleitet wurde oder die man mit Ammoniak und Kohle versetzte. Eisencyanokomplexe, hergestellt aus Pottasche und Blut- oder Hornresten aus Schlachtereien, dienten durch thermische Zersetzung ebenfalls lange Jahre zur Herstellung der Cyanide.

Schließlich ließen sich aus den Reinigungsmassen der Gaswerke noch Cyanide gewinnen. Eine Übersicht über diese Herstellverfahren gibt Abbildung 1.

In den Verkehr gebracht werden Cyanide zum größten Teil in Form von Briketts und Granulat, sowie in geringerer Menge auch als Pulver. Ebenso wird flüssige Cyanidlauge weltweit in großen Mengen eingesetzt, vorrangig bei der Belieferung von Goldbergbau-Betrieben, wenn diese nahe genug am Produktionsort dieses Einsatzstoffes liegen. Bei dieser Produktform kann auf den Aufwand für die Trocknung des Salzes verzichtet werden.

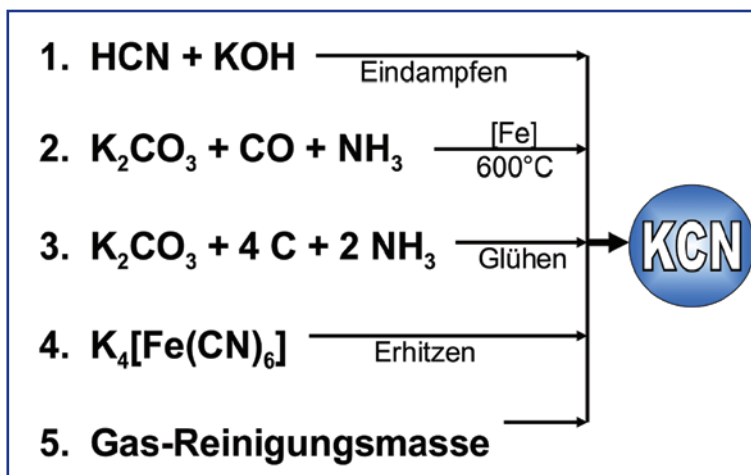
Cyanide sind sehr giftige Gefahrstoffe

Die Gefahrstoffverordnung und Grenzwert-Tabellen stufen Cyanide als sehr giftig ein. Die erlaubte maximale Arbeitsplatzkonzentration für Cyanide liegt gegenwärtig in Deutschland bei 5 mg Staub/m³, berechnet als CN, oder 10 ml HCN/m³ (ppm).

Der mandelartige Geruch der Blausäure, der als wichtiges Warnsignal genutzt werden kann, wird nicht von allen Menschen wahrgenommen. Etwa 50% der Bevölkerung verfügt über keinerlei Geruchsempfinden gegenüber Cyanwasserstoff. Die Geruchsschwelle wird mit 0,2 bis 5,1 ml HCN/m³ angegeben [3].

Beim Umgang mit Cyaniden kommt den technischen und organisatorischen – vor personenbezogenen Schutzmaßnahmen – eine besondere Bedeutung zu.

Abbildung 1: Herstellung der Cyanide am Beispiel des KCN.



AUFsätze

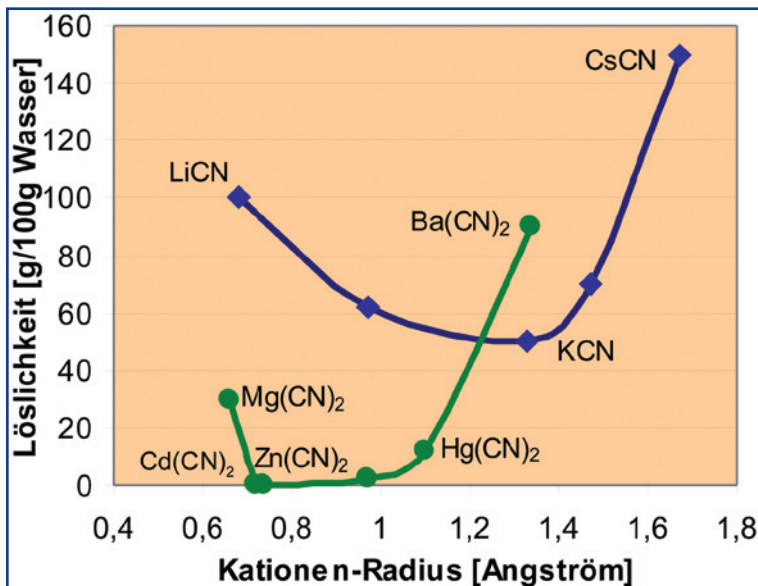


Abbildung 2:
Löslichkeit ein-
und zweiwertiger
Metallcyanide in
Wasser (20°C).

Technische Schutzmaßnahmen

Alle Arbeiten mit Cyaniden sollen grundsätzlich in geschlossenen Apparaturen/Anlagen durchgeführt werden. Einwandfrei funktionierende Absaugvorrichtungen müssen ein gefahrloses Beschicken und Entleeren ermöglichen. Mitarbeiter dürfen keinen Hautkontakt mit Cyaniden oder Cyanwasserstoff haben. Für den Notfall müssen Duschen sowie reichlich Wasser zum Spülen der Augen deutlich erkennbar installiert sein. Für Probenahmen sind vorwiegend technische Möglichkeiten und On-line-Analytik zu bevorzugen. Behälter und Leitungen sind eindeutig und dauerhaft zu kennzeichnen. Die Raumluft sollte mittels Monitor auf HCN-Gas überwacht werden. Für Laboratorien gilt das Merkblatt M 006 der BG Chemie „Besondere Schutzmaßnahmen in Laboratorien“.

Organisatorische Maßnahmen

Alle Beschäftigten müssen über mögliche Gefährdungen beim Umgang mit Cyaniden unterrichtet

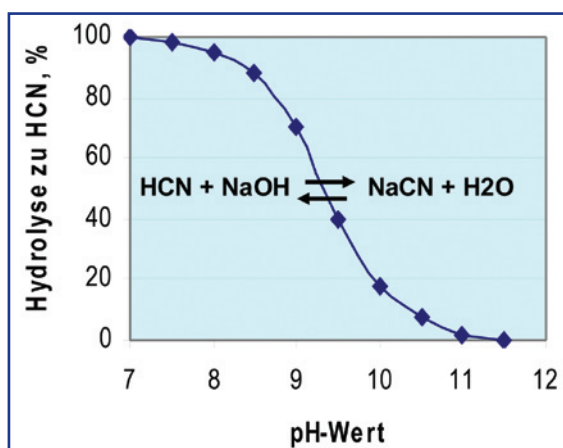


Abbildung 3:
pH-abhängige
Hydrolyse von
NaCN (25°C).

werden, und die Unterweisung muss protokolliert sein (betriebliche Nachweispflicht).

Neben den Unterweisungen vor Aufnahme der Arbeit müssen arbeitsplatzbezogene Unterweisungen mindestens einmal jährlich stattfinden. Betriebsanweisungen nach §14 der Gefahrstoff-Verordnung sind Arbeitsplatz-bezogen nach Sicherheitsdatenblättern oder entsprechenden Unterlagen zu erstellen und am Arbeitsplatz jederzeit verfügbar zu halten.

Das Arbeiten mit Säuren ist strikt von den Cyanidbereichen zu trennen, auch in den Abläufen und bei den Abfällen.

Das Anlegen von Atemschutzmaske und Fluchtfilter sowie das richtige Verhalten im Gefahrfall sind mit den Mitarbeitern zu üben. Gebrauchte Filter sind rechtzeitig zu wechseln. Die organisatorischen Maßnahmen und das Tragen von Schutzausrüstungen sind zu überwachen. Beinahe-Unfälle sollten festgehalten und besprochen werden.

Personenbezogene Schutzmaßnahmen

Der Arbeitgeber ist verpflichtet, geeignete persönliche Schutzausrüstung für jeden Mitarbeiter zur Verfügung zu stellen. Filter (Typ B, grau bzw. Kombi-Filter B2-P3, grau/weiß für Stäube) müssen in ausreichender Menge vorhanden sein. Die Belastungen der Mitarbeiter, unter Schutzmaske tätig zu sein, sind dabei ärztlich zu überwachen. Derartige Arbeiten sollten so weit wie möglich vermieden werden.

Aufgrund des alkalischen pH-Wertes der Cyanid-Lösungen ist ausreichender Augenschutz anzuwenden, da es bei Augenkontakt sonst zu gravierenden Augenschäden durch Verätzung kommen kann.

Bei Reinigungs- und Aufräumarbeiten ist auch auf geeignete Schutzkleidung zu achten. Sauberkeit am Arbeitsplatz und persönliche Hygiene tragen dazu bei, dass auch mittelbar keine Cyanide in den Körper gelangen. Arbeitskleidung muss getrennt von der persönlichen Kleidung aufbewahrt werden, um eine Kontamination der Privatkleidung zu verhindern. Zur Arbeitsplatz-Hygiene zählen auch Ess- und Rauchverbote.

Entgiftung von Cyanid

Zur Entgiftung von Cyaniden, wie sie u. a. in Tailing-Lösungen aus der Goldgewinnung, Galvanik-Bädern und Härterei-Schmelzen anfallen, wurden mehrere Entgiftungsmethoden entwickelt.

Am gebräuchlichsten und umweltschonendsten ist die Entgiftung mittels Wasserstoffperoxid. Das Cyanid wird dabei zum Cyanat oxidiert und zerfällt anschließend (pH-abhängig) weiter zu Kohlendioxid und Ammoniak. Die Abnahme der Cyanid-Konzentration lässt sich über potentiometrische Titration gut verfolgen [4].

Die Entgiftung mit Hypochlorid ist ebenfalls noch oft im Einsatz. Das Oxidationsmittel Chlor hat jedoch selbst eine hohe Giftwirkung (falls es in die Umwelt gelangen würde).

In Schachtofenschmelzen kann Cyanid u. U. als Reduktionsmittel eingesetzt werden.

Nach einem Patent von Prof. Schindewolf unterwirft man cyanidische Rückstände der Hochtemperatur-Hydrolyse, wobei das Cyanid zu Ammoniumformiat hydrolysiert [5].

Aufgrund der hohen Komplex-Stabilität der Buntmetallcyano-Verbindungen wird auch die Cyanid-Entgiftung mit Eisensalzen vorgeschlagen und durchgeführt. Die sich bildenden Hexacyanoferrate sind sehr stabil. Mit Buntmetall-Kationen, wie Zink und Eisen, sind die Komplexe sehr schwer in Wasser löslich.

Physikalische Eigenschaften

Neben der Giftigkeit der Cyanide, die einen sorgfältigen Umgang fordern, haben die Cyanide durch ihre Dichte, Löslichkeiten und Schmelzpunkte interessante Eigenschaften. Von Bedeutung ist die Kenntnis der Gleichgewichtsreaktion zwischen wässrigen Cyanid-Lösungen und der Freisetzung von Cyanwasserstoff in schwach alkalischen und besonders in sauren Lösungen.

Verhalten der Cyanide in wässrigen Lösungen

Die Cyanide der Alkalimetalle weisen in wässrigen Lösungen eine gute Löslichkeit auf. Abbildung 2 zeigt die Abhängigkeit der Löslichkeiten von dem Kationenradius, dem für die Gitterenergie verantwortlichen Parameter, die wiederum mit der Solvationsenergie konkurriert. Bei den Alkalimetallen liegt die geringste Löslichkeit beim Kaliumcyanid mit immerhin noch 50 g/100g Wasser. NaCN-Lösungen sind in der industriellen Praxis nicht höher konzentriert als ca. 30%!

Bei den Erdalkalimetallen widerstehen nur das Magnesium- und das Bariumcyanid der Hydrolyse. Ihre Löslichkeiten sind vergleichsweise hoch. Die Löslichkeit der Buntmetallcyanide ist dagegen durchweg gering. Beim Zinkcyanid wurde sie beispielsweise zu 0,0005g/100 g Wasser (20°C) bestimmt. Die Löslichkeit von Silbercyanid ist allerdings mit 0,000.023 g/100 g Wasser noch geringer. Bei einem Überschuss von Cyanid steigt die Löslichkeit der Schwermetalle wieder erheblich an: Sie liegt bei Silber als $K[Ag(CN)_2]$ bei 25 g/100 g Wasser (20°C), bei den Eisenhexacyano-Komplexen bei 40 g/100 g Wasser und beim Kalium-octacyano-Komplex des Wolframs, $K_4[W(CN)_8] \times 2H_2O$, sogar bei 130 g/100 g Wasser.

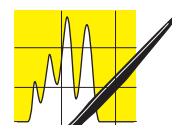
Während die Cyano-Komplexe der Buntmetalle sehr stabil sind, unterliegen die Alkalicyanide schon bei pH-Werten ab 10 der Hydrolyse und

setzen giftige Blausäure frei. Die Gleichgewichte zwischen dem gelösten Cyanid-Ion und dem Cyanwasserstoff in Abhängigkeit von dem pH-Wert der Lösung zeigt die Abbildung 3. Die Lösungen sind also stets hinreichend alkalisch zu halten und unter gut ziehenden Abzügen zu handhaben.

Geringe Löslichkeit weist das Kaliumcyanid auch in Alkoholen wie Glycerin, Methanol (5 %) und Ethanol (0,9 %) bei 20°C auf.

Dichte der Cyanide

Kenntnisse über die Dichte von Stoffen haben mehrere Vorteile: Je höher die Dichte der Verbindungen ist, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit der Bildung von Stäuben in der Luft und



AUFSÄTZE

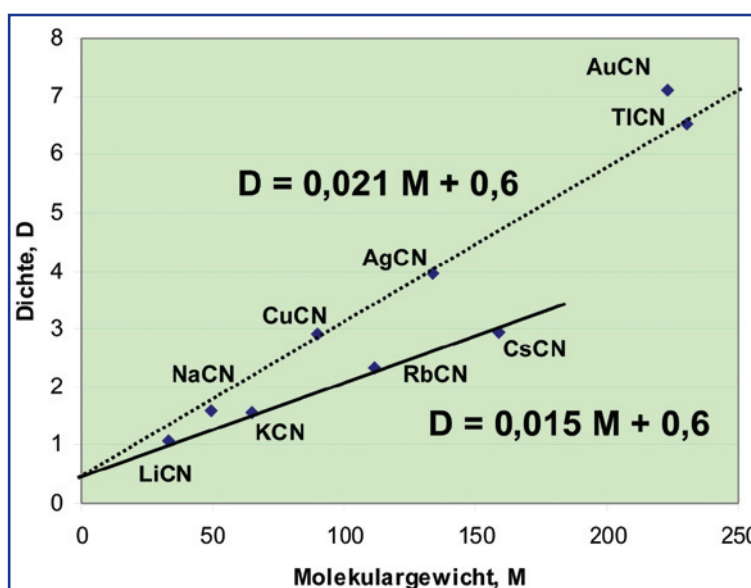
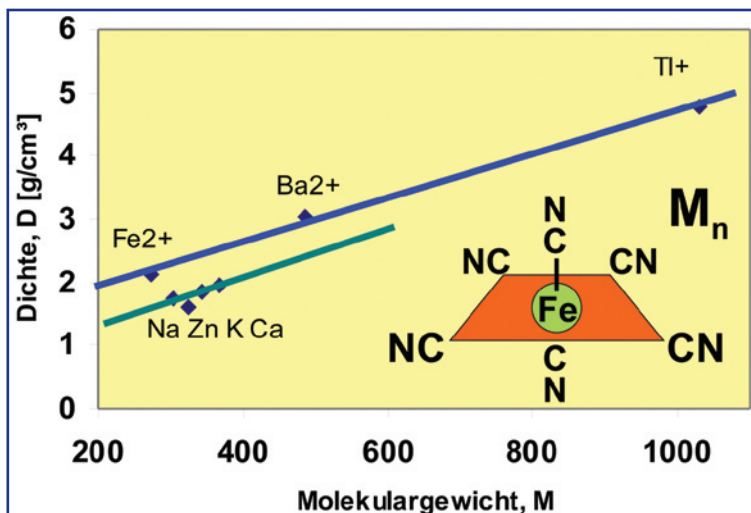


Abbildung 4: Lineare Dichte-Molekulargewichts-Relationen unter den einwertigen Metallcyaniden.

Abbildung 5: Lineare Dichte-Molekulargewichts-Beziehung unter den Hexacyanoferraten(III).



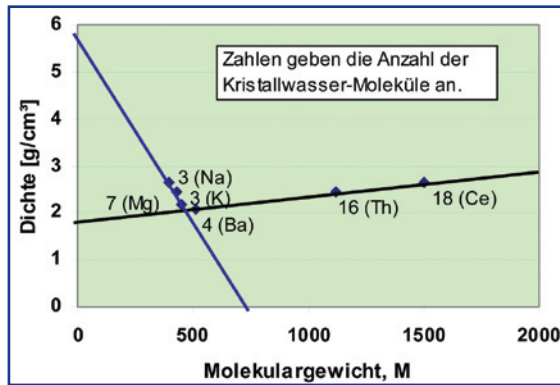


Abbildung 6: Dichten der kristallwasserhaltigen Metall-tetracyanoplatinate(II).

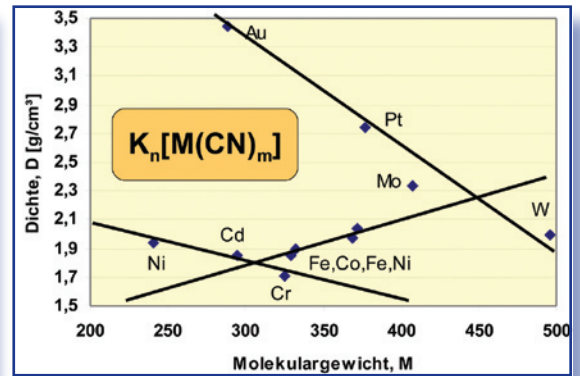


Abbildung 7: Dichte der Kalium-Cyanometallate als Funktion des Molekulargewichtes.

desto genauer lassen sich Konzentrationsmessungen über Dichte- oder Brechungsindex-Messungen in Lösungen durchführen. Damit sind diese Kenntnisse direkt mit Umsetzungen im Arbeitsschutz korrelierbar. Allerdings liegen nicht von allen Cyanidverbindungen gemessene Dichten vor. Über die Molekulargewichte und Periodensystem-Anordnungen der Metalle lassen sich jedoch die gewünschten Werte relativ gut abschätzen.

Die Linearität der Dichten verschiedener Metallcyanide wie auch der Cyano-Komplexsalze mit dem Molekulargewicht ist in erster Näherung gegeben. Allerdings gruppieren sich verschiedene Metallsalze um unterschiedliche Geraden.

So fällt bei den Cyanidsalzen auf, dass sie der allgemeinen Geraden $D_a = 0,015 M + 0,60$ recht gut folgen. Bei der speziellen Gruppe der einwertigen Schwermetallcyanide gehorchen die Dichten einer anderen Geraden: $D_s = 0,021 M + 0,60$. Die beiden Geraden schneiden sich auf der Dichte-Achse (Abbildung 4).

Ebenfalls zwei Geraden bilden die Dichte-Molekulargewichts-Beziehungen der verschiedenen Me-

tallsalze der wasserfreien Hexacyanoferrate(II), die Salze des „Gelben Blutlaugensalzes“, wie Abbildung 5 zeigt, oder die D/M-Relationen der unterschiedlichen kristallwasserhaltigen Tetracyanoplatinate(II) (Abbildung 6).

Auf drei Geraden der Funktion $D = f(M)$ kommen die Kaliumsalze der verschiedenen Buntmetall-Cyanokomplexe zu liegen, will man etwas genauer sein (Abbildung 7).

Schmelzen

Von den Cyaniden sind nur die Natrium- und Kalium-Salze als stabile Verbindungen beschrieben. Sie schmelzen bei 564 und 635°C und lassen sich im Bereich des Eutektikums bei 500-600°C für Salzschnmelzen im industriellen Maßstab verwenden.

Cyanidschnmelzen werden u. a. zum Stahl-Härten sowie für schmelzgalvanische Verfahren eingesetzt.

Die Erdalkalicyanide wie auch die Buntmetallcyanide zersetzen sich bereits ab 300°C

Industrielle Verwendung

Cyanide werden in der Chemischen Industrie in vielen Bereichen eingesetzt. Der größte Anteil wird

Abbildung 8: Prozess-Schritte mit Cyaniden.

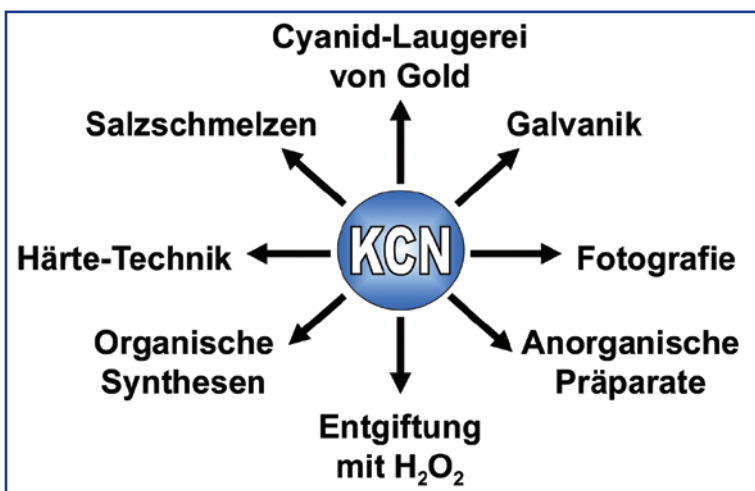


Abbildung 9: Kompaktiertes Natriumcyanid.



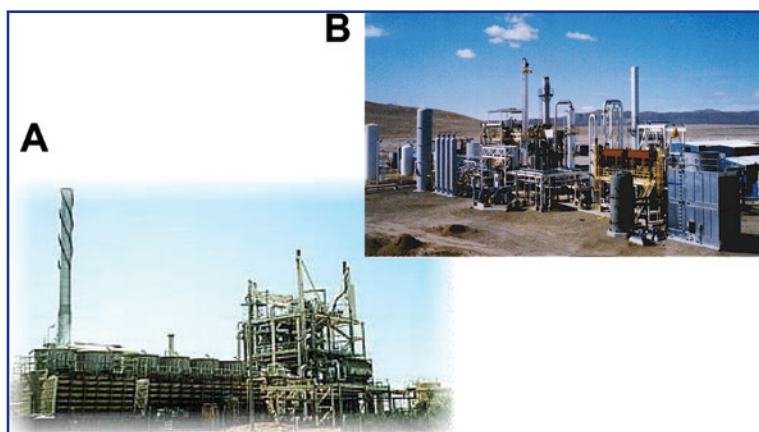


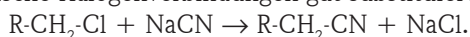
Abbildung 10: Natriumcyanid-Produktion.



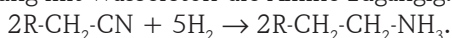
im Gold- und Silberbergbau als Laugungs-Chemikalie verwendet [4]. Cyanid, zumeist in der Form des Natriumsalzes, findet viele weitere industrielle Anwendungen: beispielsweise in der Stahl-Härterei, wobei sich an den Oberflächen von Wellen und anderen drehenden Teilen in eutektischen Cyanidschmelzen aus Natrium- und Kaliumcyanid bei 500-600°C harte, abriebfeste Eisencarbid- und -nitrid-Verbindungen bilden, weiterhin in der Kunststoff-Produktion, beispielsweise in der Form des Polyacrylnitrils, in der Klebstoff-Industrie, in vielen Badzusammensetzungen der Galvanotechnik, in Feuerlöschmitteln sowie bei der Herstellung von Kosmetika, Farben, Pestiziden und pharmazeutischen Produkten.

Cyanide sind chemische Bausteine, mit denen eine Vielzahl organischer und anorganischer Verbindungen und Produkte in hohen Ausbeuten synthetisierbar sind.

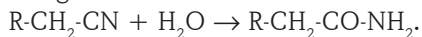
So lassen sich organische aromatische oder aliphatische Halogenverbindungen gut substituieren:



Aus den Nitrilen sind durch katalytische Hydrierung mit Wasserstoff die Amine zugänglich:



Aus den Nitrilen sind aber auch über eine Hydratisierung Carbonsäureamide herzustellen:



Die Säureamide lassen sich durch weitere Hydrolyse und Ammoniak-Abspaltung in die Carbonsäuren überführen. Aus diesen sind über Hydrierung die entsprechenden Aldehyde, Alkohole und gesättigte Kohlenwasserstoffe zu synthetisieren. Letztlich ist auf diese Weise auch eine aliphatische Ketten-Verlängerung möglich.

Zusammenfassung

Bei den Cyaniden handelt es sich um eine wichtige Stoffklasse, die in der Chemischen Industrie

Bestandteil vieler Syntheseverfahren für Produkte des täglichen Gebrauchs sind (Abbildung 8).

Die aus den arbeitsplatzbezogenen Gefährdungsanalysen resultierenden Schutzmaßnahmen beim Umgang mit dieser Stoffklasse bieten nach dem heutigen Stand der Sicherheitstechnik genügend Sicherheit für Mensch und Umwelt.

Es wurden bereits zahlreiche und sehr ernsthafte Bemühungen zur Substitution dieser Gefahrstoffe, insbesondere bei der Großanwendung im Goldbergbau, unternommen, um sie durch weniger giftige Stoffe zu ersetzen, wie z.B.: durch Thioharnstoff, Thiosulfat und andere Komplexbildner. All diese Bemühungen führten aus Sicht der Nachhaltigkeit zu so unbefriedigenden Resultaten, dass es bis heute nicht zu einer erfolgreichen Substitution gekommen ist.

Um den Staubanteil zu minimieren, kommen industrielle Cyanide als Pellets in den Handel (Abbildung 9). Die großen Produktionsstätten befinden sich in der Regel weit von den Einsatzorten des Cyanids entfernt, wie beispielsweise in Australien und den USA (Abbildung 10), so dass auch Cyanid-Lösungen zum Einsatz kommen.

CLB

Literatur

- [1] www.cyplus.com
- [2] Rubo A. u.a. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley-VCH, 2006
- [3] BG Chemie „Zyanwasserstoff, Zyanide“, Merkblatt M002, 12/1989
- [4] Lorösch, J. „Process and Environmental Chemistry of Cyanidation“, Degussa, Frankfurt, 2001
- [5] Wolfbeiß E. und U. Schindewolf, Chem. Ing. Tech., 48 (1976) 63

Injizierbare, flexible „Knochenbaumwolle“ für minimal-invasive Chirurgie

Barbara Brauckmann, Zürich

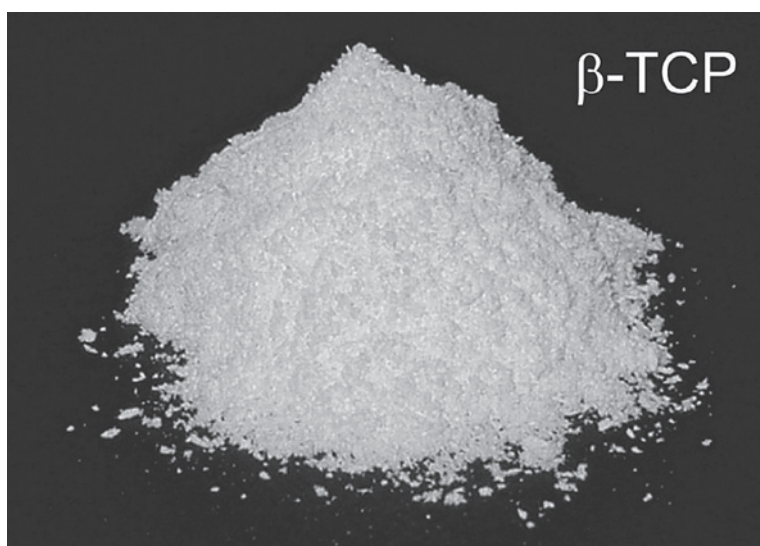


Abbildung 1: Tricalciumphosphat-Nanopartikel. Die Partikel können mit Hilfe der Flammensynthese in großer Phasenreinheit und in großen Mengen hergestellt werden (alle Abbildungen: Arbeitsgruppe Prof. W. Stark, ETH Zürich).

Jetzt gibt es reaktive Nano-Zemente, die sich für minimal-invasive Eingriffe in der orthopädischen Chirurgie eignen. Die von Wissenschaftlern im Flammen-Spray-Verfahren und mit Electrospinning hergestellten Faser-Netzwerke bestehen aus amorphen Tricalciumphosphat (ATCP)-Nanopartikeln und bioabbaubarem Poly(lactid-co-glycolid) (poly-lactic-co-glycolide acid, PLGA). Das Komposit weist die Dehnbarkeit eines bioabbaubaren Polymers und die Bioaktivität einer keramischen Calciumphosphat-Phase auf.

Die Autorin:

Dr. Barbara Brauckmann ist Diplombiologin. Sie promovierte über „Low grade ore leaching by microorganisms“, bearbeitete dann umweltmikrobiologische Forschungsthemen im Zentraltechnikum der Preussag AG. Journalistisch arbeitete sie als Redaktorin bei der „Chemischen Rundschau“. Es folgten Aufbau und Betrieb der Science Communications bei Hoffmann-La Roche. Sie ist Leiterin der Öffentlichkeitsarbeit des Departements Chemie und angewandte Biowissenschaften der ETH Zürich.



Infolge der zunehmenden Alterung der Bevölkerung müssen in den Krankenhäusern immer häufiger Knochenfrakturen und -defekte behandelt werden. Allein in den USA werden jährlich schätzungsweise über 500 000 Eingriffe am Bewegungs- und Stützapparat vorgenommen. Dabei eingespritzte synthetische Ersatzmaterialien wie Hydroxyapatit oder Tricalciumphosphat, aus denen zu einem Großteil auch das natürliche Knochenmaterial besteht, weisen jedoch negative Eigenschaften wie Sprödigkeit, geringe Formbarkeit und mangelnde Resorbierbarkeit auf. Zudem können in diese Zemente keine neuen Knochenzellen einwachsen. Um diese Nachteile auszugleichen, werden daher üblicherweise biokompatible Polymere hinzugefügt.

Der Arbeitsgruppe „Funktionelle Materialien“ des Departementes Chemie und Angewandte Biowissenschaften der ETH Zürich gelang es nun, die bestehenden Implantatmaterialien für die Orthopädie wie in der Einleitung dargestellt zu verbessern. Im Gegensatz zu anderen in Granula- oder Blockform vorliegenden Materialien lässt sich die flexible und pressbare „Nano-Knochenbaumwolle“ einfach und schnell in komplexe Knochendefekte einfüllen und zeigte in den zur Überprüfung der Unbedenklichkeit durchgeführten Zelltests keinerlei Toxizität. Sie befindet sich derzeit in präklinischer Erprobung im Universitäts-Spital Zürich.

Komplexe Umbauvorgänge im menschlichen Skelett

Das Knochengestüt stellt den wichtigsten Teil des passiven Bewegungsapparates dar und gibt dem Körper seine Form. In den Knochen ablaufende biologische Umbau- und Reparatur-Prozesse gewährleisten über die dabei gebildeten Mikro- und Nanostrukturen bei Veränderungen der Lastsituation die Stabilität des Skelettes.

Die Knochengrundsubstanz besteht zu über 50 Prozent aus anorganischem Material. Diese für Steifigkeit und Druckfestigkeit sorgende mineralische, harte Komponente besteht insbesondere aus Hydroxyapatit, welches unregelmäßig geformte kristalline Plättchen mit Abmessungen im ein- oder zweistelligen Nanometerbereich bildet. Gestalt, Größe und Dichte der Apatit-Kristallite hängen u. a. von der Form (platt,

kurz, lang etc.), Art (kompakt, spongiös etc.) und der Belastung (Wirbel, Gelenk etc.) sowie dem Alter (Stoffwechsel, Hormonstatus etc.) und Zustand (Osteoporose, Frakturen etc.) des Knochens ab.

Für die Flexibilität und Zugfestigkeit des organischen Anteils ist zum größten Teil das Kollagen des Knochens zuständig. Bei dem Molekül handelt es sich um eine Fadenstruktur, die von drei schraubenförmig umeinander gewundenen Eiweißketten gebildet wird. Die dehnbaren Molekülfäden lagern sich parallel zu Fibrillen aneinander, zwischen die die kristallinen Kalziumphosphatplättchen eingebunden sind. Die Ausrichtung der Kollagenfibrillen beeinflusst somit auch die Orientierung der Nano-Kristallite.

Die mineralisierten Kollagenfibrillen lagern sich parallel zu Bündeln oder Schichten in einer Größe von einigen zehn Mikrometern zusammen und bilden Lamellen. Daraus entstehen Zehntelmillimeter dicke Trabekel mit Bälkchen und Streben, die das schaumartige, dreidimensionale Stütz- und Tragegerüst der Spongiosa im Knocheninnern formen.

Auf diese Weise lassen sich von aussen einwirkende Kräfte gleichmäßig und ohne lokale Überlastungen von gröberen auf immer feinere Strukturen des Knochens verteilen. Zuletzt nehmen die mineralisierten Kollagenfasern die Belastungen als Zugspannungen auf und federn sie durch elastische Dehnung ab.

Um die Integrität und Festigkeit der Kompositstruktur zu sichern, müssen die Mineralkristalle grosse Zugdehnungen aushalten können, ohne zu brechen. Sie verfügen über hohe Streckungsgrade, die die Differenzen in der Steifheit zwischen Mineralien und Proteinen ausgleichen. Wahrscheinlich fangen die Mineralkristalle die Zugbelastung auf, während die Proteinmatrix die Belastungen zwischen den Mineralplättchen über Abscherung überträgt.

Voraussetzungen für eine erfolgreiche Knochenreparatur

Struktur und Anordnung der Mineralpartikel sowie der Mengenanteil der Komponenten ändern sich mit dem Alter oder bei Erkrankungen wie der Osteoporose und nehmen Einfluss auf die Häufigkeit und Art von Frakturen. Bei deren Reparatur reicht es oft aus, die Bruchstücke mit Schrauben, Platten, Nägel oder Draht in der richtigen Position aneinander zu befestigen. Nichtphysiologische Gewaltbrüche können unter Bedingungen der Ruhigstellung und Osteosynthese daher vollständig verheilen. Osteoporose, Unfälle oder Tumore machen jedoch in vielen Fällen einen Knochenersatz nötig, um Knie- und Hüftgelenke vollständig oder teilweise auszuwechseln, Knochendefekte zu verfüllen oder auch, um knöcherner Strukturen wie die von Wirbelkörpern wiederherzustellen.

Um beim Einsatz jeglichen Transplantationsmaterials das Risiko einer Abstoßung, Infektion oder sonstigen negativen Einflussnahme auf die Struktur

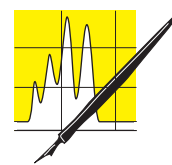
des angrenzenden Knochens oder Gewebes zu minimieren, spielt in der Orthopädie die Forschung nach geeignetem Material eine große Rolle.

Stabile Implantate sollen den in Heilung befindlichen Knochen entlasten, doch würden zu steife Implantate den Lastreiz auf den Knochen abschirmen, wodurch das Gleichgewicht aus Resorption und Neuaufbau gestört wird. Die Folge ist ein übermäßiger Knochenabbau, der wiederum zu Frakturen oder zu Implantatlockerung führen kann. Die eingesetzten Materialien müssen in ihrer biologischen Umgebung daher nicht nur gut verträglich sein, sondern bei starker mechanischer Beanspruchung in ihrer Festigkeit und Steifigkeit möglichst gut an die entsprechenden Werte des knöchernen Lagers angepasst sein und auch in aggressiven Medien stabil bleiben.

Implantate oder Prothesen können aus zementfreien oder aus mit Knochenzement befestigten Teilen bestehen, die reinen «medical grade» Materialien aus Cobalt-Chrom-Stahl, Aluminiumoxidkeramik oder Titan-Legierungen mit Vanadium. Polymere kommen bereits in den Bereichen Wirkstoffabgabe, Weichteilersatz sowie Nervenregeneration zum Einsatz und sind auch befähigt, Materialverbunde einzugehen.

Beim Knochenzement handelt es sich in der Biomedizin um ein „nichtmetallisches, aushärtendes Material zur Verankerung einer implantierbaren Vorrichtung oder Prothese in einer meist krankhaft entstandenen Höhle (Kavität)“.

Bei konventionellen Knochenzementen handelt es sich um Materialien auf der Basis von Polymethylmethacrylat (PMMA), die nach Anmischen und Einbringen in den Hohlraum durch Polymerisation aushärten. Bei Bedarf werden zusätzliche Copolymere, Antibiotika, Röntgenkontrastmittel oder blutstillende Wirkstoffe hinzugefügt. Der Zement muss schnell verarbeitet und ein „Polymerisationsschrumpf“ vermieden werden, wobei dieser bei porenfreien Pasten höher ist als bei porösen. Während des Abbindepro-



AUFsätze

Abbildung 2: „Knochenbaumwolle“: Das Implantatmaterial besteht aus einem abbaubaren Kunststoff und bioaktiven Trikalziumphosphat-Nanopartikeln.

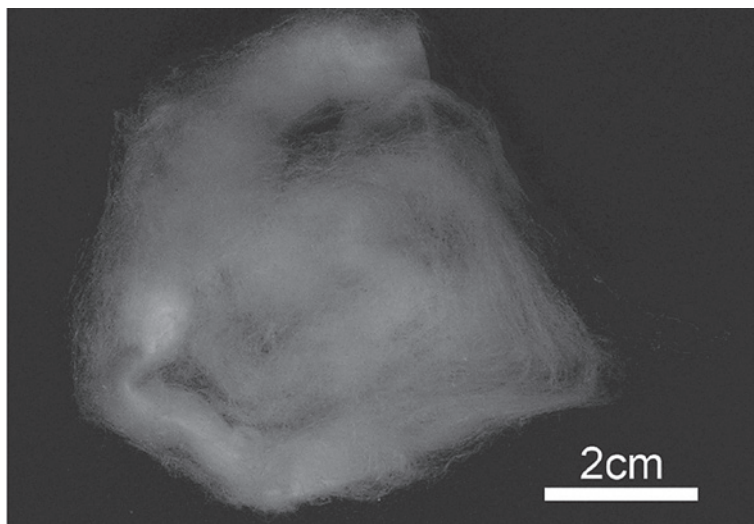




Abbildung 3: Der Knochenzement aus Trikalziumphosphat-Nanopartikeln kann problemlos appliziert werden und härtet innerhalb von Minuten aus.

zesses nimmt die Kompressionsfestigkeit des Materials von Stunde zu Stunde zu und ist üblicherweise nach wenigen Tagen abgeschlossen. Frühere Materialien hatten die Tendenz, sich beim Aushärten sehr stark zu erwärmen, was zur Schädigung des umliegenden Gewebes oder sogar von Nerven führte.

Inzwischen kommen verbesserte Kalziumphosphate oder -carbonate und präzipitiertes Hydroxyapatit zur Anwendung. Eine dazu gehörige Di-Natriumhydrogenphosphat-Lösung initiiert den Abbindeprozess des pastösen Materials, das bei Körpertemperatur ohne Wärmeentwicklung zu einem mikrokristallinen, karbonatisierten, kalziumdefizienten Hydroxyapatit aushärtet und chemisch und kristallin dem mineralischen Anteil des natürlichen Knochens entspricht. Eine wichtige Voraussetzung für die Heilung ist, dass im Material keine Re- oder Umkristallisierungsprozesse stattfinden.

Metallische Implantate werden in vielen Fällen mittels Plasma-Spray zusätzlich mit knochenähnlichem Hydroxyapatit oder Nanopartikeln beschichtet. Der aufgebrauchte Film darf allerdings nicht zu dick sein und sich vom Implantat ablösen. Die Oberflächenvergrößerung und die chemische Ähnlichkeit mit dem natürlichen Knochen sollen den Knochenzellen gute Einwanderungs- und Aufwuchsmöglichkeiten bieten, damit sich die Knochenersatzmasse allmählich durch natürlichen Knochen ausfüllt. Dadurch wird eine innige Verzahnung von Knochen und Implantat erreicht und eine dauerhafte Verankerung gesichert, die früher nur durch einen exakten Formschluss der Komponenten gewährleistet war. Das synthetische Material sollte sich dann schrittweise während dieser Wochen des Einwachsens synchron im Körper abbauen.

Flammenreaktor zur Herstellung von Nanopartikeln und ultrafeine Nanoknochenfasern durch Elektrospinning

Im biomimetischen Ansatz werden die strukturellen und funktionellen Eigenschaften des Knochens nachgeahmt. Dabei führt der Übergang zu immer kleineren, regelmäßig und fein verteilten Füllstoffpartikeln in den Bereich der Nanokomposite mit speziellen chemischen und physikalischen Eigenschaften. Nanopartikel mit ihrem Durchmesser von 1 bis etwa 100 nm weisen eine hohe spezifische Oberfläche auf, so dass sich Komponenten gut vermischen lassen. Außerdem besitzen sie einen tieferen Schmelzpunkt, absorbieren Licht erst bei kürzerer Wellenlänge und reagieren mechanisch, elektronisch und magnetisch anders als makroskopische Partikel des gleichen Materials.

Die wesentliche Besonderheit besteht darin, dass die spezifische Oberfläche mit abnehmender Partikelgröße deutlich ansteigt. Dadurch kommen bei den

Gesetzliche Regelungen zum Einsatz von Nanomaterialien

Zur Implantation im Menschen vorgesehene Material muss nicht nur wirtschaftlich herstellbar und gut handhabbar, sondern in der klinischen und alltäglichen Praxis sicher und biokompatibel sein. Bei Nanomaterialien besteht prinzipiell die Gefahr einer unkontrollierten Verbreitung im ganzen Körper beispielsweise über die Blutbahn, in den Magen-Darm-Trakt oder das Gehirn. Selbst in Kosmetikartikeln könnten sie über die Haut in den Körper gelangen oder in Duftstoffe über den Atemweg in die Lunge.

Um die Schädlichkeit von Nanomaterialien für den Menschen und die Umwelt zu überprüfen, braucht es nicht nur eine Definition für den Begriff Nanomaterialien, sondern auch standardisierte Testmethoden zur Risikoabschätzung. Deshalb müssen die Chancen und Risiken der Nanotechnologie in nationalen und EU-Aktions- und Forschungsplänen zur Risikoforschung und Arbeitssicherheit bewertet sowie eine Rechtsanalyse und eine mögliche Deklarationspflicht geprüft werden.

Der Bundesrat in der Schweiz hat daher im April 2008 den Aktionsplan „Synthetische Nanomaterialien“ verabschiedet. Damit spricht er sich für eine nachhaltige Entwicklung der Nanotechnologie aus und setzt auf einen differenzierten öffentlichen Dialog über deren Chancen und Risiken. Zudem legt er ein Konzept vor, wie die Risiken synthetischer Nanomaterialien trotz bestehender wissenschaftlicher Lücken erkannt und im Rahmen der bestehenden Gesetzgebung kontrolliert werden können.

Detaillierte Informationen über den Einsatz der Nanotechnologie bietet der CLB-Artikel „Regulatorische Instrumente für die Nanotechnologie – Weltweite Suche in vollem Gange“ in Ausgabe 07-2007, Seiten 261-267.

Knochenkompositen beispielsweise intensive Wechselwirkungen zwischen Füllstoff und Matrix zustande, wodurch sich Härte, Kratzfestigkeit, Verschleißverhalten, Flammwidrigkeit und elektrische Eigenschaften verbessern lassen.

Nanopartikel können durch die Zersetzung von flüssigen oder gasförmigen Ausgangsstoffen über verschiedene Verfahren wie Flammen-Spray-Pyrolyse, Flammenhydrolyse (Aerosil-Verfahren) und Flammensynthese in einer Flamme hergestellt werden. Als Brennstoffe dienen mit Argon verdünnter Wasserstoff oder Kohlenwasserstoffe. Ein wesentlicher Vorteil dieser Verfahren besteht darin, dass die Flamme bereits die notwendige Energie einbringt. Dadurch lassen sich die feinkörnigen Pulver ohne aufwendige Vor- und Nachbehandlung herstellen.

In der Flamme wird ein Precursor zunächst zu Produktmolekülen und Clustern umgesetzt, die bei hohen Temperaturen von bis zu 3000 °C durch Kollisions- und Sintervorgänge zu Nanopartikeln heranwachsen. Das Partikelwachstum endet, sobald die Sinterung bei niedrigen Temperaturen oberhalb der Flamme unterbunden wird. Chemische Reaktion und Partikelwachstum finden im Bereich von Millisekunden statt. Über die Verweilzeit der Ausgangsstoffe in der Flamme, Flammeneigenschaften wie Temperatur und Geschwindigkeit werden Wachstum, Kristallinität, Größe und Morphologie der Partikel gesteuert.

Durch gezielte Variation von Ausgangslösungen mehrerer Vorsubstrate als auch der Konzentration der Reaktionspartner entstehen unterschiedlich zusammengesetzte Mehrkomponentensysteme. Derartige funktionale Nanopartikel lassen sich im Flammenprozess durch Einbettung in eine anorganische oder organische Matrix erzielen.

Die von der ETH-Arbeitsgruppe mit Flammenspray-synthese hergestellten ATCP (amorphes Tricalciumphosphat, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$)-Partikel aus in 2-Ethylhexansäure gelöstem Calciumhydroxid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) und Tributylphosphat (H_3PO_4) als Vorläufersubstanzen enthielten sphärische, amorphe und hoch agglomerierte TCP-Nanopartikel von 20 bis 50 nm Durchmesser. Die Reaktivität steigt mit der Verkleinerung der Partikelgrößen. Würde ein wesentlicher Anteil der Nanopartikel in Form großer Agglomerate vorliegen, könnten sie im ungünstigen Fall als überkritische Defekte ein vorzeitiges Versagen des Materials bewirken.

Durchschnittlich sind die flammenproduzierten Nanopartikel bis zu drei Größenordnungen kleiner als konventionell hergestellte Materialien. Diese Verkleinerung bewirkt eine erhöhte Reaktivität des Zementes. Das Material ist innerhalb weniger Minuten fest und erlaubt damit einen Einsatz schon am Operationstisch. Es ist innerhalb einer halben bis ganzen Stunde ausgehärtet und auch die Ablagerung eines körpereigenen HAp-Deposites ist bereits nach einigen Tagen abgeschlossen.

Aber den ETH-Forscher gelang nicht nur eine derartige Zeitverkürzung, sondern auch eine Verbesserung

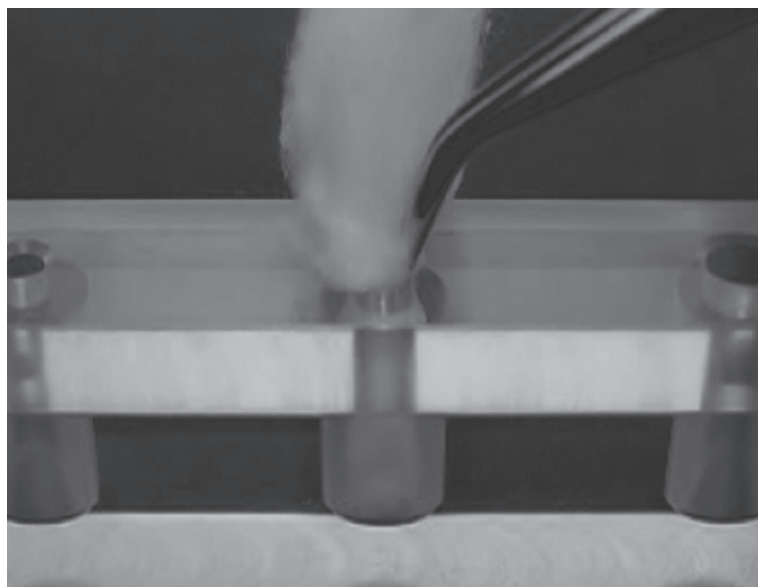
der Produktstruktur durch Elektrospinning. Dabei handelt es sich um eine Technik, mit der sich offenstrukturierte, ultrafeine Fasern mit Durchmessern im Nanometerbereich erzeugen lassen. Das diese Weise geschaffene Nanokomposit aus Poly(lactid-co-glycolid) (PLGA) und Nano-Hydroxyapatit (nHA)-Partikel wies eine flexible, baumwollfaserartige Beschaffenheit auf.

Mit menschlichen Stammzellen geprüft: Die Unbedenklichkeit des Nanomaterials

Um die Anwendbarkeit des watte- oder baumwollartigen Knochen-Komposites zu überprüfen, wurden an schwer zugänglichen Defekten Notfallsituationen der Chirurgie simuliert. Die Schadstellen hatten einen Durchmesser von etwa 3 bis 8 mm und waren 5 bis 40 mm tief. Sie ließen sich mit dem Material in weniger als einer Minute komplett füllen, ohne dass eine Vorformung erforderlich war. Außerdem konnte das elastische und zusammenpressbare Implantatmaterial mit einer Pinzette in einem Stück entfernt werden. Dies ist ein wichtiger Vorteil im Falle einer versehentlichen Falschplatzierung während einer Operation oder bei unvorhergesehenen Komplikationen. Auch lässt sich die Packungsdichte bereits vor einem Eingriff abschätzen, indem das Gewicht des angewandten Materials auf das Volumen des zu verfüllenden Hohlraumes umgerechnet wird.

Die in vitro-Bioaktivität des Gerüstmaterials wurde, wie auch in der Klinik bei der Prüfung von Implantatmaterial üblich, bis zu vier Wochen lang analysiert. Die Polymerhydrolyse führte durch den Abbau zu dem gewünschten Massenverlust des Poly(lactid-co-glycolids),

Abbildung 4: Das neuartige Implantatmaterial kann auf einfache Weise in einen Defekt eingefüllt werden. Ein großer Vorteil im Vergleich zu anderen Implantatformen wie Kugeln oder sonstigen Zementen besteht darin, dass der Operateur es umplatzieren kann, falls dies nötig würde.



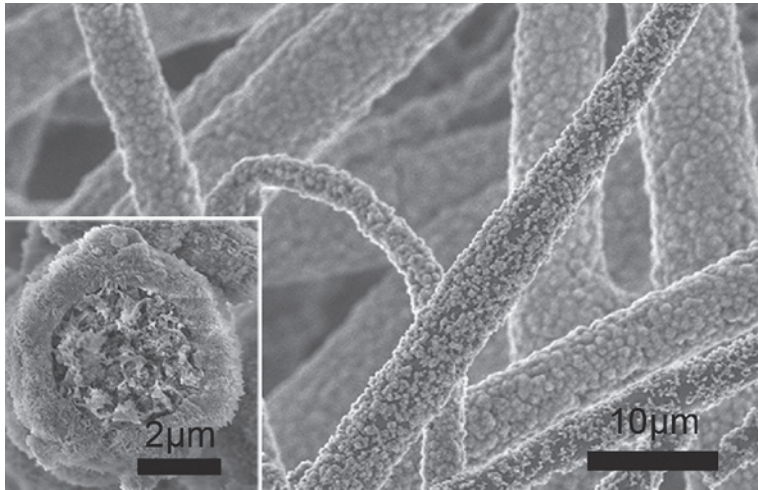


Abbildung 5: In biologischen Flüssigkeiten wird der Kunststoff auf der Oberfläche der „Knochenbaumwolle“ abgebaut, und Hydroxyapatit, der anorganische Bestandteil des menschlichen Knochens, entsteht.

doch wurde dieser durch die Ablagerung von HAP auf der Faseroberfläche ausgeglichen. Alle ATCP enthaltenden Proben zeigten innerhalb von 15 Tagen eine Zunahme der eingesetzten mineralischen Massen um das Dreifache. Dies wird darauf zurückgeführt, dass das amorphe Tricalciumphosphat als Kristallisationskeim bei der allmählich fortschreitenden Hydroxyapatit-Kristallisation dient.

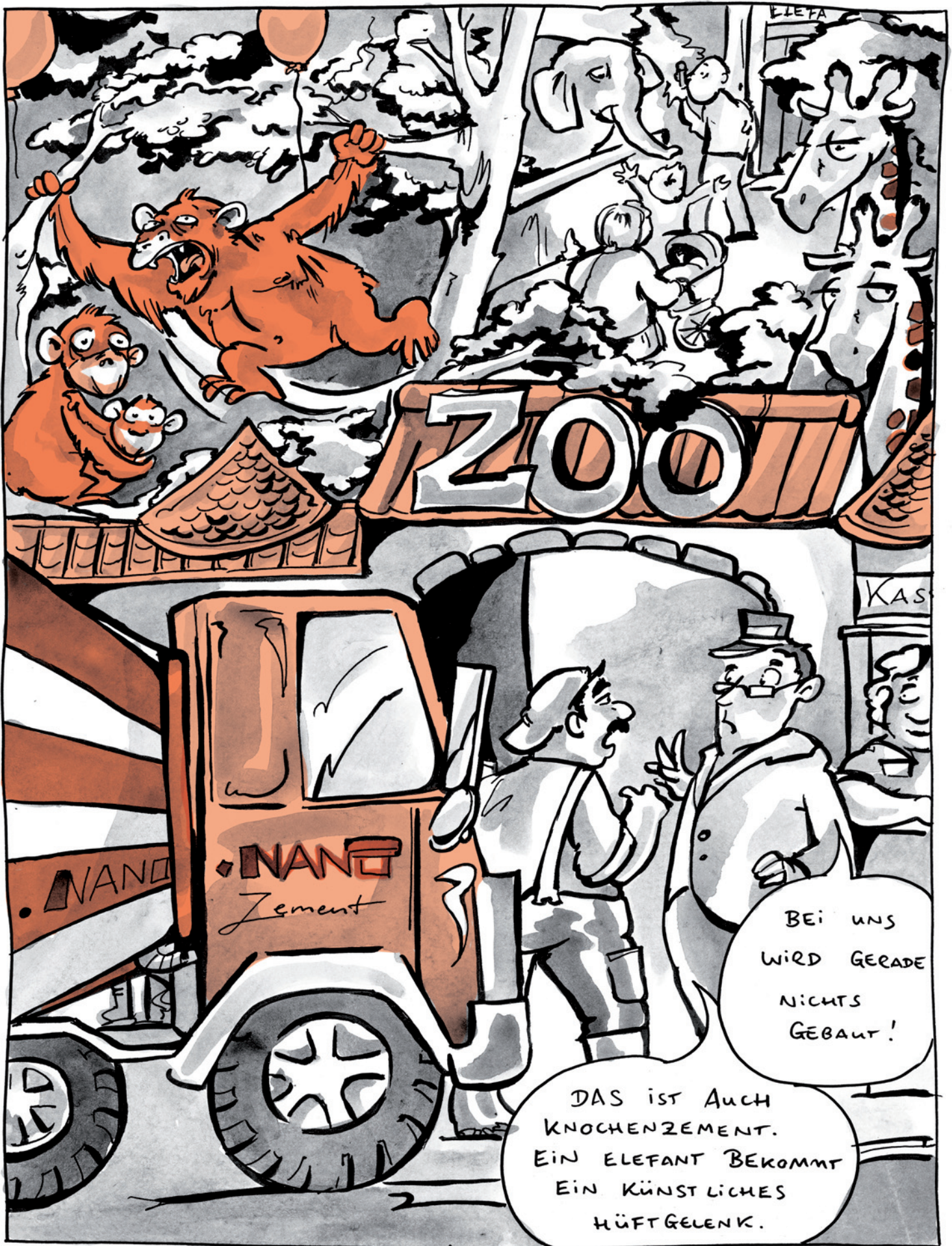
Da die Sicherheit des neuartigen Materials eine Grundvoraussetzung für die klinische Anwendung ist, waren Zellaktivitäts-Testreihen mit menschlichen mesenchymalen Stammzellen (hMSC) auf verschiedenen Nanokompositen notwendig. Um zu prüfen, ob eine Vermehrung mit einer Differenzierung zu Knochenzellen auf der Oberfläche der Nanopartikel möglich ist, wurden diese Zellen in einem osteogenen (die Knochenbildung unterstützendes) Nährmedium 4 Wochen lang inkubiert.

Mit Hilfe der Konfokalen Laser Scan Microscopy ließen sich in allen Proben Adhäsion und eine intakte Zellmorphologie nachweisen. Die auf den Nanokompositgerüsten „ausgesäten“ Stammzellen zeigten keine anomalen Änderungen in der Morphologie. Auch ihre *in vitro*-Ausdifferenzierung und Vermehrung unterschied sich nicht von derjenigen, die bei der Besiedlung reiner PLGA-Gerüste beobachtet wurde. Die Quantifizierung der durch die Zellvermehrung gebildeten DNA und der Alkalinen Phosphatase-Aktivität bei den getesteten Materialien lag im normalen Bereich und konnte so einen akuten toxischen Effekt ausschließen. Auch der durch aktive Osteoblasten synthetisierte Osteocalcin-Gehalt zur Beurteilung der Aktivität der Knochenneubildung auf diesen flexiblen Knochenimplantaten bestätigte dies. Der eingearbeitete Füllstoff stimuliert die Neubildung von Knochen in Implantatnähe, so dass er sogar als osteoinduktiv gelten kann. Insgesamt ließ sich aufgrund dieser Ergebnisse ein zytotoxischer Effekt ausschließen.

Die neuartige Knochen-Baumwolle befindet sich derzeit in präklinischer Erprobung am Universitäts-Spital Zürich. Nach den Tiermodell Kaninchen durchgeführten Versuchen ist inzwischen auch eine Anwendungsprüfung am Tiermodell Schaf erfolgreich verlaufen. Noch im Jahr 2008 sollen weitere Tests am Schaf durchgeführt werden. Sofern sich das neue Material in allen geprüften Fragestellungen bewährt, können anschließend klinische Studien am Menschen stattfinden. **CLB**

Verwendete Literatur:

- T.J. Brunner, R.N. Grass, M. Böhner, W.J. Stark: "Effect of particle size, crystal phase and crystallinity on the reactivity of tricalcium phosphate cements for bone reconstruction"; *J. Mater. Chem.*, 17, 4072-8 (2007)
- S.C. Halim, T.J. Brunner, R.N. Grass, M. Böhner, W.J. Stark: "Preparation of an ultra-fast binding cement from calcium silicate-based mixed oxide nanoparticles"; *Nanotechnology* 18, 395701 (2007)
- S. Loher, W. J. Stark, M. Maciejewski, A. Baiker, S. E. Pratsinis, D. Reichardt, F. Maspero, F. Krumeich, D. Gunther: "Fluoroapatite and calcium phosphate nanoparticles by flame synthesis"; *Chem. Mater.*, 17, 2005, 36-42
- S. K. Misra, D. Mohn, T. J. Brunner, W. J. Stark, S. E. Philip, I. Roy, V. Salih, J. C. Knowles, A. R. Boccaccini: "Comparison of nano and micro sized bioglass reinforcement on the properties of P(3HB)/Bioglass composites"; *Biomaterials*, 29, 2008 1750-1761.
- Oliver D. Schneider, Stefan Loher, Tobias J. Brunner, Lorenz Uebbersax, Marc Simonet, Robert N. Grass, Hans P. Merkle, Wendelin J. Stark: "Cotton Wool-Like Nanocomposite Biomaterials Prepared by Electrospinning: *In vitro* Bioactivity and Osteogenic Differentiation of Human Mesenchymal Stem Cells"; *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, July 2007
- www.fml.ethz.ch/licensing/licensing/bone_cotton_wool
- Karsten Wegner, Lutz Mädler, Sotiris E. Pratsinis: "Funktionale Nanopartikel: Herstellung durch Flammensynthese"; *Bulletin ETH Zürich* Nr. 292, Februar 2004
- Webseiten PD Dr. med. Claudio Dora, Leiter Hüftchirurgie, Uniklinik Balgrist Zürich
- Vortrag Prof. Dr. Georg Karlaganis am Diskussionsforum „Nanomaterialien im Körper: Chance für eine bessere Heilung oder schleichendes Risiko?“ „Aktionsplan Synthetische Nanomaterialien und nachhaltige Nanotechnologie“; *Collegium@Hönggerberg / Molekulare Wissenschaften*, 26. September 2007
- Hauszeitung des D-CHAB „Molekül“ 13/2006, S. 7
- Sven Henning, Georg H. Michler: „Knochen als Kompositwerkstoffe - Nachahmung von Materialien aus der Natur“; *Wissenschaftsmagazin der Universität Halle* 2/01
- Homepage Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung, Potsdam: www.mpikg.mpg.de/biomaterialien/arbeitsgruppen/artificialBone/index.html



Das Online-Magazin
für Labor und Analytik

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

Das Online-Magazin für Labor und Analytik Suche:

Aktuelles und Neues

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

Labor Branchenbuch

- ▶ Hersteller, Händler
- ▶ Laboratorien
- ▶ Sonstiges

Analytik Weblinks

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

Ihr Ansprechpartner

Dr. Torsten Beyer

Labor Partnerseiten

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

++ ANALYTIK NEWS Aktuell ++

Produktneuheiten
Stellenmarkt
Nachrichten
Veranstaltungen
Links

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

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

ANALYTIK NewsFlash Extra: Februar 2008 Archiv ANALYTIK NewsFlash abonnieren Inserieren

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

- **Produktneuheiten:** s1 envirotech, Berghof, Gilson, LAUDA DR. R. WOBSE, Metrohm, Retsch, Sartorius
- **Fachbeiträge:** Lichtstreuung und Universelle Kalibration - Einsatzmöglichkeiten und Grenzen
Zweidimensionale kapillarelektrophoretische Methoden: Sehr geringe Matrixempfindlichkeit
- **Veranstaltungen:** Dr. Schömer | QMBalance, Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen, Sartorius
- **Webseite des Monats:** CS-Chromatographie Service GmbH

-> ANALYTIK NewsFlash Extra lesen

Labor Produktneuheiten alle ANALYTIK NewsFlash abonnieren RSS-Feed Laborprodukt inserieren

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

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

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

Die Adresse
für Analytik-
Literatur

WILEY-VCH

Was Sie bei uns finden

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

CLB – Memory

Die CLB-Beilage für Ausbildung in Chemie, Labortechnik,

Chemietechnik, Biologie und Biotechnik

August 2008

Zentrum für pädagogische Forschung urteilt:

Blauer Brief für die Förderung an Schulen

Wie wird in unserem Bildungssystem gefördert, wer ist dabei einbezogen, wie kommt die Förderung bei den direkt und indirekt Betroffenen an? Solche und ähnliche Fragen waren Gegenstand der neuesten Befragung des Bildungsbarometers des Zentrums für empirische pädagogische Forschung (zefp) der Universität Koblenz-Landau. Die Ergebnisse zeigen: Förderung wird in unseren Schulen unprofessionell gehandhabt.

So bezeichnen Eltern die Zusammenarbeit mit den Lehrkräften bei der Förderung der Kinder in den Schulen als nur befriedigend. Das sei kein akzeptables Resultat, weil Förderung nur dann gedeihen könne, wenn Elterhaus und Lehrkräfte wirklich gut miteinander kooperierten, betont Prof. Dr. Reinhold S. Jäger, Leiter des zefp. Bedenklich sei auch die Tatsache, dass nur ein verschwindend geringer Teil der Eltern angeben könne, dass ein Förderplan entwickelt wurde. Förderpläne seien aber unverzichtbar. Dieses Ergebnis spreche für eine nichtprofessionelle Handhabung der Förderung in Deutschlands Schulen.

Der Förderung vorgeschaltet ist üblicherweise die Diagnostik, deren Ergebnis entscheidet, ob ein Förderbedarf vorliegt. Bei der Befragung für das neue Bildungsbarometer zeigten sich allerdings nur 14,4% der Lehrkräfte mit diagnostischen Hilfsmitteln vertraut. Damit fehlt eine wichtige

Grundlage bei der Begründung und Kontrolle von Förderung. Auch fühlten sich die Lehrkräfte auf keinen der in der Befragung vorgegebenen Förderbereiche vorbereitet. Gefragt wurde nach Bereichen wie soziale Kompetenzen, Lern- und Arbeitsverhalten, Motorik, Bewegung und Sport, Lebensgestaltung und Selbstverwirklichung.

„Das ist insgesamt eine ernüchternde Bestandsaufnahme der Förderung an Deutschlands Schulen. Die Ergebnisse machen deutlich, warum Schule soziale Benachteiligungen nicht auffangen kann. Individuelle Förderung ist der Schlüssel zur Verbesserung der Bildung in Deutschland und zur Sicherung von Chancengerechtig-

keit“, erklärt Jäger. „Individuelle Förderung ist die Voraussetzung für erfolgreiches Lernen und eine gelungene Bildungsbiographie. Die durch das Bildungsbarometer aufgezeigten Problembereiche sind markant. Die Defizite bei der Lehrerausbildung in den Bereichen Diagnostik und Förderung müssen schnellstens abgebaut werden. Wenn wir heute nicht strategisch die richtigen Weichen stellen und das notwendige Geld für einen Ausbau der Förderung in die Hand nehmen, dann werden wir das Problem fehlender Schulabschlüsse und sozialer Benachteiligung nicht in den Griff bekommen. Ich setze deshalb auf den Bildungsgipfel im Oktober in Berlin!“

Reform des Bildungssystems gefragt – später differenzieren

Eine Mehrheit der deutschen Bevölkerung befürwortet weitreichende Reformen des Bildungssystems. Das zeigt eine repräsentative Emnid-Umfrage im Auftrag der Bertelsmann Stiftung. Insbesondere die Eltern plädieren für eine Reform des dreigliedrigen Schulsystems, den raschen Ausbau der Ganztagschule und eine bessere Integration von Kindern mit Migrationshintergrund.

Fast die Hälfte der Deutschen hält das aktuelle Bildungssystem für ungerecht (45 Prozent der Befragten insgesamt; 48 Prozent der Eltern). In Ostdeutschland sagen sogar 60 Prozent der Befragten, dass sie das Bildungssystem für nicht gerecht halten. Besonders skeptisch äußern sich die Menschen in Deutschland zur Chancengleichheit: Drei Viertel der Bevölkerung und sogar 86 Prozent der Eltern sind der Ansicht, dass Jugendliche aus allen Schichten beziehungsweise aus allen Kulturkreisen nicht die gleichen beruflichen Chancen haben.

Das Bildungssystem muss nach Einschätzung der Mehrheit der Befragten integrativer werden, um allen Kindern und Jugendlichen in Deutschland unabhängig von ihrer Herkunft faire Chancen zu eröffnen.

Die Mehrheit der Befragten und fast 60 Prozent der Eltern meinen, dass alle Kinder eher faire Chancen hätten, wenn sie möglichst lange gemeinsam unterrichtet würden. Die Befragten sind mehrheitlich für eine spätere Aufteilung der Kinder auf unterschiedliche Schulformen, das heißt nach Klasse 6 oder nach Klasse 9. Weniger als ein Drittel der Befragten – in Ostdeutschland sogar nur jeder Fünfte – hält die jetzige Aufteilung nach Klasse 4 für gut.

Über das Verhältnis von Patentanmelder und Erfinder Wie man gewinnen kann – und wie Erfinder auch leer ausgehen können

Die überwiegende Zahl aller in Deutschland gemeldeten Innovationen sind Erfindungen von Arbeitnehmern, so etwa auch von angestellten Chemikern. Eine Personalunion zwischen Erfinder (Arbeitnehmer) und Patentanmelder (Arbeitgeber) besteht also nur selten. Dieser Artikel gibt Arbeitnehmern Hinweise über den Umgang mit Erfindungen.

Gemäß Arbeitsvertrag hat ein Angestellter eine im Dienst gemachte Erfindung dem Arbeitgeber melden. Letzterer entscheidet über eine unbeschränkte oder beschränkte Inanspruchnahme der Innovation für die Firma.

Beansprucht der Arbeitgeber oder das Institut (z.B. an der Uni) die Erfindung, so schreibt der Erfinder eine Patentanmeldung, in welcher er nach Darstellung des Standes der Technik mit all seinen Nachteilen das Neue seiner Erfindung in einer dem Fachmann nicht naheliegenden Weise in bestem Licht schildert („Überraschenderweise wurde nun ein Produkt oder Verfahren gefunden“).

Alle Rechte und Pflichten (Gebühreuzahlungen, Lizenzvergaben usw.) gehen über auf die Firma, das Institut bzw. auf den Arbeitgeber über.

Gemäß der Beschreibung des Neuen muss die Erfindung laut Patentgesetz für einen Fachmann jederzeit nachvollziehbar sein.

Verständlicherweise wird sich der Patentanmelder bzw. Arbeitgeber genau überlegen, ob er mit einer Veröffentlichung des Gegenstandes einverstanden ist.

Ein Zurückhalten der Veröffentlichung könnte seiner Firma einen wirtschaftlichen Vorsprung gegenüber der Konkurrenz verschaffen (der Erfinder würde mit einer Verbesserungsvorschlagsprämie „abgespeist“) – andererseits können bei Veröffentlichung und Erteilung eines Patents gewinnbringende Lizenzen an andere Firmen der Branche vergeben werden.

Da gerade heute die Gefahr eines Plagiats, insbesondere durch ausländische Firmen, sehr groß ist, werden viele wertvolle Innovationen von Arbeitgebern zurückgehalten und gehen somit der Volkswirtschaft verloren.

Gefahr eines Plagiats

Jede innovative Firma wird sich bei einer gemeldeten Erfindung mit der manchmal recht schwierigen Abwägung zwischen wirtschaftlichem Nutzen und der Gefahr eines Plagiats auseinander zu setzen haben. Der Erfinder selbst hat kaum Möglichkeiten, eine Patentierung seiner Erfindung beim Arbeitgeber durchzudrücken.

Also ist es sinnvoll und anzuraten, dass Erfinder und Patentanmelder (Arbeitgeber) bei gleicher Interessenslage zueinander in einem möglichst guten, sogar freundschaftlichen Verhältnis, stehen sollten.

Um den Wettbewerb nicht auf den Erfindungsgegenstand vorzeitig aufmerksam zu machen, kann der Arbeitgeber auch die Veröffentlichung einer Erfindung absichtlich hinauszögern.

Erfindervergütung – wie hoch?

Im Falle einer Patentierung steht dem Erfinder gesetzlich eine vom durch das Patent erzielten

Umsatz, bzw. Gewinn abhängige *Erfindervergütung* zu.

Die Ermittlung dieser Erfindervergütung wird meist ohne Mitwirkung des oder der Erfinder von dem jeweiligen Patentanmelder, bzw. den zuständigen Ressortchefs, vorgenommen. Dabei spielen folgende Gesichtspunkte eine Rolle:

- 1. Das *wirtschaftliche Interesse* des Arbeitgebers an der Innovation steht natürlich im Vordergrund. Eines guten Betriebsklimas zuliebe nimmt ein Erfinder den Patentanmelder, der oft auch sein Vorgesetzter ist, als Miterfinder in seine Patentschrift auf. Letzterer steht mitunter auf dem Standpunkt: „Ich lasse erfinden, in Ihrem hohen Gehalt sind bereits künftige Diensterfindungen einkalkuliert!“

- 2. Die sog. *Erfindungshöhe*, welche in etwa den Abstand des neu beanspruchten Produktes oder Verfahrens vom Stand der Technik bezeichnet.

- 3. Natürlich ist auch der *Dienstrang* des Erfinders in der patentanmeldenden Firma von Bedeutung.

- 4. Schließlich sollte eine Innovation ihrer Zeit auch nicht zu weit voraus sein, so dass echter *unmittelbarer Bedarf* am erfindungsgemäßen Gegenstand vorhanden ist (vgl. Beispiel 6).

Diese einleitenden Ausführungen lassen zunächst den Schluss zu, dass ein Arbeitnehmererfinder eigentlich immer schlechte Karten hat, was ggf. zu ziemlichen Einschränkungen des technischen Fortschritts führen kann.

Vorteile durch Arbeitgeber

Man muss aber auch die Vorteile der vom Arbeitgeber be-

anspruchten Patentanmeldung für einen abhängigen Erfinder sehen. Dazu zählen die kostenlose Beratung von Patentfachanwälten bei Formulierung der Anmeldung, die Bezahlung der Anmelde- und Patentgebühren im In- und Ausland, sowie die Hilfe bei Erwidern und evt. Einsprüchen. Schließlich verfügt der Arbeitgeber meist auch über die nötigen Produktions- und Vermarktungsmittel für das erfinderische Produkt oder Verfahren und kann ggf. auch neue Arbeitsplätze für die Volkswirtschaft schaffen.

Glücklich kann sich ein Erfinder schätzen, der gleichzeitig auch der Patentinhaber ist, d.h. der mit seiner Innovation bei genügender Kapitalausstattung eine eigene Firma hat oder gründet und dann das Neue in eigener Regie produziert und vermarktet.

In der Regel herrscht zwischen Patentanmelder und Erfinder ein gutes Einvernehmen.

Aus den überwiegend positiven Erfahrungen des Autors als Arbeitnehmererfinder (bei Hoechst AG) seien nachstehend einige authentische, wenn auch längst verjährte – jedoch auch jetzt noch brandaktuelle kritische Lehrbeispiele aus der seiner Perspektive genannt, mit denen ein abhängiger Erfinder gegenüber dem Patentinhaber auch heute noch zu rechnen hat.

Reale Fallbeispiele

Dass das hier angesprochene Thema nicht neu ist, zeigt ein erstes Beispiel, das die Machtstellung eines Chefs gegenüber seinen forschenden Studenten aufzeigt:

1. Ein Fall an der Uni

Nach den Wirren des 2. Weltkriegs wurde das Chemische Institut der Martin-Luther-Universität, Halle/Saale vom Boden bis Keller von Studenten entrümpelt. Auf dem Dachboden fanden sich etliche Kartons

mit Formularen des früheren Institutsdirektors. Darauf mussten Studenten und Mitarbeiter unterschreiben, dass alle Berichte und Publikationen des Institutes unter dem Namen des Institutsleiters zu erscheinen hätten.

2. Reaktion von Alkyl-chlorsilanen mit Kieselsäureoberfläche

Die Dissertation des Verfassers zu diesem Thema hatte zum Ziel, hitzebeständige Katalysatoren herzustellen. Dieses Ergebnis meldete 1952 der VEB Farbenfabrik Wolfen zum

Deutschen Wirtschaftspatent an. (DWP, DDR, Nr.: 856 v 18.02.1953).

Von damals bis heute wird dieses Prinzip zur Hydrophobierung von Glasoberflächen (z.B. Duschkabinen) angewendet. Heute wird diese Reaktion als „Nanotechnik“ bezeichnet, (vgl. Vortrag des Verfassers auf der Chemiedozententagung am 20.05.1954, Dresden, Journ. f. prakt. Chem.1 (1955) 283 „Organisch substituierte Kieselsäuregele“).

Aufgrund dieses Patentbesitzes produzierte die VEB Farbenfabrik



Wolfen den hitzebeständigen Ionenaustauscher „Wofatit SiAS 20“. (Nach Wechsel eines Miterfinders zur Bayer AG, Leverkusen, der entsprechende „Lewatit“-Typ). Trotz gutem Umsatzes gab es keine Erfindervergütung.

3. Neue Klasse von hochwirksamen nichtionogenen Emulgator/ Schutzkolloiden

Das DBP 1 141 459 vom Oktober 1960 = US Pat. 3 321 554 behandelt die chemische Modifizierung von hochmolekularem Polyethylenoxid zu neuartigen polymeren Emulgatoren, welche sich speziell zur Bereitung von stabilen Paraffinemulsionen eignen.

Aufgrund vielversprechender hervorragender Anwendungsergebnisse mit diesen neuen Produkten drängte die damalige Anwendungstechnische Abteilung für Textilhilfsmittel der Hoechst AG zu einer Produktionsaufnahme und zu einem baldigen Verkauf dieser neuen Produkte. Das Schicksal dieser Erfindung nahm einen mit Blick auf damaliges (auch heutiges?) wirtschaftliches Denken typischen Verlauf: Die neuen Produkte konnten problemlos produziert werden entweder als 50%ige wässrige Lösung oder als schuppenförmiges wasserlösliches Granulat. Gestehkosten waren für beide Lieferformen etwa gleich hoch.

Natürlich bevorzugen potentielle Anwender das granulatförmige 100%ige feste Produkt, bei gleichen Kosten und Eigenschaften für beide Lieferformen. Das feste Produkt konnte damals nur im Werk Gendorf der Hoechst AG hergestellt werden. Gendorf verlangte dafür eine Investition von ca. 300 000 Deutschen Mark vom Stammwerk für einen entsprechenden Reaktionskessel, was jedoch von der Muttergesellschaft strikt abgelehnt wurde („Wir müssen sparen!“).

So schlummert diese vielversprechende Innovation lange nach Ablauf des Patentschutzes weiter in Archiven und kam bis heute leider noch nirgends auf der Welt zum Einsatz. Erfindergelöhne gingen wieder leer aus!

4. Inverse Suspensionspolymerisation von wasserlöslichen Monomeren zu wasserlöslichen Polymeren in organischen Nichtlösemitteln.

Dieses DBP 1 123110 vom 30.11.1967 ist heute weltweiter Standard zur Herstellung von hochmolekularem wässrigem Polyacrylamid, das eingesetzt wird speziell als Flockungs- und Filtriermittel in der Abwasserzubereitung aus Industrie und Haushalt.

Das Verfahren wurde 1967 erstmals bei der mit Hoechst befreundeten Firma Cassella technisch erfolgreich eingeführt, und wird heute in fast allen großen Chemiefabriken der Welt angewendet.

Wenig später wurde Cassella von Hoechst aufgekauft. Die Frage der im Stammwerk angestellten Erfindergelöhne wurde strikt abgelehnt mit dem Hinweis auf den „hohen Kaufpreis“, den Hoechst damals für Cassella entrichten musste. „Wir können jetzt nicht noch mit Nachforderungen kommen.“ Sicherlich hätten die Erfinder dagegen Rechtsmittel einlegen können – aber, was bringt ein Rechtsstreit gegen den eigenen Arbeitgeber? Dem angestellten Erfinder droht Verlust des Arbeitsplatzes oder Versetzung auf einen unattraktiven Posten! Und die Erfindergelöhne gingen leer aus!

5. Polyvinylbutyral für Sicherheitsglas-Zwischenschicht-Folien.

Im Forschungs-Jahresbericht des Verfassers von 1957 bei der Hoechst AG wurde eine wesentliche Verbesserung des Verfahrens zur Herstellung

von Polyvinylbutyral aus Polyvinylalkohol als Rohstoff für die Produktion von Sicherheitsglasfolien beschrieben. Damals war diese technische Verbesserung noch ohne wirtschaftliches Interesse. Jedoch wuchsen seit 1957 die Qualitätsansprüche Sicherheitsglas, z.B. für Kfz-Frontscheiben, auf den heutigen hohen Standard. Obwohl 1957 schon von etwas grundlegend Neuem berichtet wurde, verschwand der Jahresbericht in den Firmenarchiven (aber nicht in den Akten von Kollegen!).

Aufgrund dieser gestiegenen Qualitätsansprüche bei Sicherheitsgläsern meldeten drei ehemalige Kollegen in den 80er Jahren des letzten Jahrhunderts das 1957 vom Verfasser beschriebene Verfahren zum Patent an. Fast wörtlich wurden Passagen in den Ansprüchen ihrer Anmeldung aus dem Text des zitierten Jahresberichtes übernommen.

Nun verlangt der Arbeitgeber beim Einreichen einer firmeninternen Patentanmeldung bei Abgabe der Erfindungsmeldung eine rechtsverbindliche Erklärung über den externen und *firmeninternen* Stand der Technik. Insbesondere der firmeninterne Bericht hätte genannt werden müssen. Mein Antrag auf Richtigstellung des internen Standes der Technik wurde verworfen: „Man könne Erfindern nicht zumuten, in Archivkeller zu steigen, um nach uralten Berichten zu suchen!“

Vor dem Patentgericht der Verfasser zwar im Recht, hätte aber mit einer (Straf)Versetzung auf einen unattraktiven Posten rechnen müssen.

Erfindergelöhne gab es auch hier keine, jedoch für die drei „Plagiatoren“.

6. Selbstklebende Briefmarken

Typisches Beispiel für einen zu großen Abstand einer Innovation vom Stand der Technik und damit zusammenhängenden

ökonomischen Gegebenheiten war das Schicksal des Europäischen Patents Nr. 0049483 „wasserlösliches Etikett, Verfahren zu seiner Herstellung und seine Verwendung“.

Ursprünglich sollte dieser wasserlösliche Haftkleber für Etiketten vom Mitanmelder, der Firma Etifix, Neckartailfingen, für abwaschbare Kennzeichnung von Metall-Bierfässern Anwendung finden.

Man fand jedoch, dass der Haftkleber universell für alle wiederablösbare Etiketten, so auch für Briefmarken, angewendet werden könne (Tesafilem z.B. haftet unter Wasser überhaupt nicht).

Ein im Labor hergestellter Prototyp einer *selbstklebenden Briefmarke* auf Antihaftpapier wurde im Juli und im Dezember

1988 den damaligen Chefs des Bundesposttechnischen Zentralamtes in Darmstadt unter Zeugen vorgestellt, auch im Ablöseversuch mit Wasser (wichtig für Philatelisten).

„Eine Briefmarke auf Antihaftpapier kann sich die Bundespost nicht leisten. Sie käme doppelt so teuer wie der aufgedruckte Wert“, so wurden wir zweimal „abserviert“.

Heute dürften die inzwischen so beliebten selbstklebenden, wiederrablösbaren Briefmarken nicht viel billiger eintreten. Damals noch kein Markt, aber heute zweifellos. Inzwischen sind die relevanten Schutzrechte längst abgelaufen, die teureren selbstklebenden Briefmarken weiterhin sehr beliebt, und die Erfinder gingen leer aus!

Die hier erwähnten sechs Beispiele von Arbeitnehmerpatenten sind selbstverständlich nicht die Norm für das Verhältnis zwischen Erfinder und Patentinhaber und sind sicherlich auch bedingt durch einen gewissen Mangel an Erfahrung des Verfassers mit dieser Materie.

Die hier behandelten Gesichtspunkte und eigene Erfahrungen mögen Erfinder und patentanmeldende Firmen anregen, diese beide Seiten berührenden Probleme und Fragen vorsorglich in entsprechende Überlegungen einzubeziehen.

Dr. Wolfgang Zimmermann, Kelkheim/Taunus, Mitglied des Deutschen Instituts für Erfindungswesen, Diesel-Preisträger 1988.

BMBF fördert Maßnahme gegen den Fachkräftemangel

2,68 Millionen Euro für Weiterbildungskurse

Um arbeitslose Ingenieure fit zu machen für die aktuellen Ansprüche auf dem Arbeitsmarkt, fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) Weiterbildungskurse mit 2,68 Millionen Euro. Hintergrund: Bis zum Jahr 2013 könnten in Deutschland rund 85 000 Ingenieurwissenschaftler fehlen.

„Lebenslanges Lernen und Weiterbildung sind notwendig, damit unsere Ingenieure fit sind für die sich verändernden beruflichen Anforderungen“, sagte Bundesbildungsministerin Annette Schavan kürzlich in Berlin. Die Maßnahme „Ingenieur/innen – Akademiker/innen qualifizieren sich für den Arbeitsmarkt“ ist auf derzeit arbeitslose Absolventen ingenieurs- und naturwissenschaftlicher Studiengänge zugeschnitten. Sie ist Teil der Qualifizierungsinitiative der Bundesregierung, um

qualifizierten Fachkräften den Wiedereinstieg ins Berufsleben und damit den Aufstieg durch Bildung zu ermöglichen.

Die Kurse richten sich an hiesige und zugewanderte arbeitslose Akademiker und Akademikerinnen, unabhängig von der Dauer der bisherigen Erwerbstätigkeit. Die Ingenieure können sich bis zu 13 Monate an Hochschulen für den Wiedereinstieg in das Erwerbsleben qualifizieren. Insbesondere Langzeitarbeitslose erhalten dadurch die Chance, sich wieder in den Arbeitsmarkt zu integrieren. Berufsspezifische Studienergänzungen – beispielsweise in der regenerativen Energietechnik, in der Laser- oder Medizintechnik – setzen sich aus einem Theorieteil an einer Hochschule und einem mehrmonatigen Praktikum zusammen. Neben den gezielten Studienergänzungen umfasst das Bildungsangebot einzelne Kurztrainings für Soft-

Skills und fachliche Zusatzqualifikationen.

Die Maßnahme wird von der Otto Benecke Stiftung e.V. angeboten. Für das Bundesbildungsministerium führt sie bereits seit vielen Jahren bundesweit erfolgreich Fortbildungen für arbeitslose Akademiker und Akademikerinnen auch aus anderen Disziplinen durch, etwa mit dem Projekt AQUA „Akademikerinnen und Akademiker qualifizieren sich für den Arbeitsmarkt“.

Die Fortbildungsmaßnahme wird vom BMBF und aus Mitteln des Europäischen Sozialfonds finanziert. Während der Dauer der Fortbildung beziehen die Teilnehmer weiter Arbeitslosengeld I oder II.

Weitere Informationen zum Bildungsangebot und zur Bewerbung erhalten Sie bei der Otto Benecke Stiftung e.V. unter der Hotline 0228/8163-600 oder im Internet unter www.obs-ev.de.

HIS-Studie zur Zufriedenheit Studierender

Familie und Partnerschaft wichtiger als Karriere

Wie glücklich sind Studierende mit ihrem Leben, welche Wünsche und Ziele haben sie und wie stellen sie sich Ihre Zukunft vor? Dies sind einige der Fragen, die in der repräsentativen „Hisbus“ Online-Untersuchung „Glück und Zufriedenheit Studierender“ in April und Mai 2008 von der HIS Hochschul-Informationen-System GmbH in Zusammenarbeit mit dem Studentenmagazin ZEIT Campus untersucht wurden. Insgesamt haben rund 6000 Studierende Auskunft dazu gegeben.

Das überraschende Ergebnis der Studie: Familie und Partnerschaft werden wichtiger, berufliche Ziele dagegen weniger wichtig. Die berufsbezogenen Ziele „in fachlicher Hinsicht Überdurchschnittliches leisten“, „eine leitende Funktion übernehmen“ und „Anerkennung im Beruf erwerben“, werden

als weitaus weniger wichtig erachtet als noch vor fünf Jahren: Ende 2002 wurden Studierende gebeten, anzugeben, wie stark sie sich für die Zukunft sowohl berufliche als auch private Ziele gesetzt haben. Während die beruflichen Ziele um bis zu zehn Prozentpunkte verloren haben (etwa „eine leitende Funktion übernehmen“ von 57 % auf 47 %), erfährt das Ziel, „sich der Familie/Partnerschaft zu widmen“, einen Zuwachs um fünf Prozentpunkte auf 72 %. Die Verschiebung der Wertigkeit der einzelnen Ziele zeigt ein stärkeres Bestreben der Studierenden, Beruf und Privates zu vereinbaren – die Waagschale Privates gewinnt an Gewicht.

Je nach studiertem Fach haben die verschiedenen Ziele eine andere Wichtigkeit: Karrierebetonte Ziele haben sich insbesondere Studierende der Wirtschaftswissenschaften gesetzt (68 % zielen auf eine leitende Funktion); Studierenden, die ein Lehramt anstreben, sind dagegen partnerschaftliche bzw. familiäre Ziele besonders wichtig (80 %).

Deutlich abgenommen in der Wertigkeit für die Studierenden haben gesellschaftsbezogene Ziele wie etwa „sich für andere Menschen einsetzen“. Während sich 2002 noch 63 % dieses Ziel (sehr) stark gesetzt hatten, sind es 2008 nur noch 56 %. 2002 wollte sich knapp ein Viertel (sehr) stark politisch engagieren, 2008 beträgt dieser Anteil nur noch 14 % – und 62 % möchten sich (überhaupt) nicht politisch engagieren.

Die Berufsaussichten werden von den Studierenden deutlich positiver eingeschätzt als noch vor zwei Jahren. Vor zwei Jahren beurteilten lediglich 53 % der Studierenden die Berufsaussichten für Absolventen als gut oder sehr gut, im Jahr 2008 sind es mit 71 % deutlich mehr. Be-

sonders die Naturwissenschaftler (82 %; 2006: 73 %) und die Ingenieurwissenschaftler (87 %; 2006: 77 %) beurteilen die Aussichten als (sehr) gut.

Der weitaus größte Anteil der Studierenden (64 Prozent) ist mit ihrem Leben sehr zufrieden (64 %). 28 % sind mittelmäßig zufrieden, 8 % eher unzufrieden. Auf die Frage zum Gesamteindruck aus konkreten Themenbereichen geben dann auch 83 % der Studierenden an, „eher zufrieden“ zu sein (Positionen 6 bis 10 auf einer 11-stufigen Skala) – 12 % sind eher unzufrieden. Im Mittel wird von den Studierenden ein (Zufriedenheits-)Wert von 7 erreicht, in der Gesamtbevölkerung liegt er bei 6,7 (2006 DIW Berlin, Sozio-oekonomisches Panel SOEP). Vorrangig zufrieden sind die Studierenden mit Bereichen wie ihrem persönlichen Umfeld (86 %), dem weiteren Umfeld (80 %), ihrer Gesundheit (79 %) und dem Lebensstandard (78 %), gefolgt vom Studium (75 %) und der Wohnsituation (74 %). Im Vergleich dazu ist die Zufriedenheit mit der finanziellen Situation deutlich geringer: Nur 56 % der Befragten sind mit ihr zufrieden.

Auch die Zukunftserwartung – die erwartete Zufriedenheit mit dem Leben in fünf Jahren – und die eigene Studienleistung werden von den Zufriedenen optimistischer gesehen. Sie bewerten die eigene Studienleistung mit besseren Noten und schätzen ihre Leistung im Vergleich zu den Kommiliton(inn)en höher ein.

Unter den Studierenden der Wirtschaftswissenschaften (87 %) oder der Medizin (86 %) finden sich größere Anteile zufriedener Studierender als in den Kulturwissenschaften (80 %). Eine Erklärung könnte die ermittelte größere Unsicherheit Studierender dieser Fächergruppe hinsichtlich ihrer Berufsaussichten sein.

Ein guter Job ist wichtig – wichtiger jedoch die Familie (Foto: HIS).



GDCh: Statistik über Chemiestudienaufnahme Im 4. Jahr in Folge fallend

Seit vier Jahren, nach dem Höchststand von 6381 Anfängern im Jahr 2003, sinkt die Zahl derer, die ein Chemiestudium beginnen, kontinuierlich auf jetzt 4988 Personen. Biochemie und Wirtschaftschemie legen jedoch zu.

„Noch gibt es keinen Chemikermangel, aber es bedarf auch weiterhin gefüllter Pipelines, um die Herausforderungen dieses Jahrhunderts zu meistern“, merkte GDCh-Geschäftsführer Professor Dr. Wolfram Koch zur soeben veröffentlichten Statistik der Chemiestudiengänge in Deutschland an. Die jährlich von der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) veröffentlichten Statistiken hatten in den neunziger Jahren die Alarmglocken schrillen lassen, als nurmehr knapp 3000 Studienanfänger im Diplomstudiengang Chemie registriert wurden.

Dass man aus den Statistiken von 2004 bis 2007 bereits den Trend zu abnehmenden Studierendenzahlen im Fach Chemie herauslesen kann, hält die u.a. für die Statistik verantwortliche Abteilungsleiterin bei der GDCh für verfrüht. „Die Politik wird nicht müde zu betonen, wie wichtig die MINT-Fächer (Mathematik, Ingenieur-, Natur- und Technikwissenschaften) für den Erfolg der deutschen Volkswirtschaft sind“, sagt Dr. Karin Schmitz. Sie verweist auch auf eine im Auftrag des BMBF erstellte und im Juli veröffentlichte Studie hin, die belegt, dass Absolventen der MINT-Studiengänge sehr geringe Arbeitslosenquoten aufweisen und Spitzeneinkommen beziehen. „Solche Aussagen bleiben nicht ungehört.“

1000 Anfänger in Biochemie

Außerdem beobachtet die GDCh, dass mit der Studienreform zahlreiche neue chemienahe

Studiengänge entstanden sind. Wachsende Zahlen an Studienanfängern werden im Studiengang Biochemie registriert – die Zahl liegt jetzt bei 1000 – und auch das Studium der Wirtschaftschemie nimmt weit über 100 Studierende auf. Ferner gibt es in Deutschland den Studiengang Lebensmittelchemie mit über 400 Studienanfängern jährlich. Und schließlich meldeten die Fachhochschulen über 1700 Chemieanfänger. „Die Zahlen zum Studiengang Lehramt Chemie konnten von uns nur unvollständig ermittelt werden; verlässliche statistische Aussagen sind hier kaum möglich“, bedauert Karin Schmitz. „So können wir die häufig gehörte Klage, dass z.Zt. zu wenig Chemielehrer ausgebildet würden, nicht durch Zahlen untermauern.“

Koch, Schmitz und der Leiter der GDCh-Abteilung Bildung und Beruf, Dr. Kurt Begitt, beurteilen einhellig die Berufsaussichten für Chemiker während der nächsten Jahre als sehr gut. „Die Chemie wird als Problemlöser beispielsweise bei den drängenden Energiefragen oder im Gesundheitswesen mehr denn je benötigt. Um sich diesen Herausforderungen zu stellen, werden in Europa Chemiker benötigt. Daher darf es aufgrund sinkender Anfängerzahlen zu keinem Chemikermangel kommen. „Wehret den Anfängen“, lautet daher unsere Parole, und in diesem Sinne sind wir auch aktiv.“

Aus der Bildungslandschaft

- SciLife ist eine neue virtuelle **Präsentations- und Kommunikationsplattform** für wissenschaftliche Inhalte. Seit Juli 2008 frei zugänglich, dient sie dem Zweck, Wissenschaftler besser untereinander zu vernetzen und die Suche nach Geräten und Forschern zu vereinfachen. Initiiert wurde das Projekt von Naturwissenschaftlern und Informatikern der Universität Heidelberg, aus Lausanne und Dresden (www.scilife.net).
- Ein neuer dreijähriger Bachelor-Studiengang **Molekulare Medizin** wurde an der Universität Tübingen zum WS 2008/2009 eingerichtet. Aufgrund einer Ausnahmeregelung ist in diesem Jahr erst am 15. August Bewerbungsschluss für 35 Bewerber (www.medicin.uni-tuebingen.de).
- Bis zum 30. September sind noch Bewerbungen für das WS in den Masterstudiengängen **Medizintechnik und Pharma-Biotechnologie** an der Fachhochschule Jena möglich. Beide Studiengänge sind die weiterführenden Studienprogramme der Bachelorstudiengänge Medizintechnik und Biotechnologie der FH Jena (www.fh-jena.de).
- Die Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf startet zum WS den 4-semestrigen **„NRW-Masterstudiengang Toxikologie“** für 30 Studenten. Zusätzlich zum einzigen Lehrstuhl für Toxikologie des Landes Nordrhein-Westfalen in Düsseldorf und dem Institut für umweltmedizinische Forschung an der Universität Düsseldorf beteiligen sich fünf universitäre Forschungsinstitute in Dortmund, Essen, Bochum und Köln (www.uni-duesseldorf.de).
- Der Fachbereich Physik der Universität Münster und die Fakultät für Physik der Universität Sevilla haben ein Abkommen für ein **deutsch-spanisches Studienprogramm** unterzeichnet. Dadurch wird es geeigneten Absolventen ermöglicht, auf der Grundlage eines zweijährigen Studiums sowohl den spanischen Abschluss „Licenciado en Física“ als auch den „Master of Science“ im Fach Physik zu erwerben. Das erste Studienjahr wird in Sevilla absolviert und auf das Masterstudium an der Universität Münster angerechnet. Die fachliche Spezialisierung und die Anfertigung der Masterarbeit erfolgen in Münster im zweiten Studienjahr (www.uni-muenster.de).
- An der Fachhochschule Jena startet zum WS ein in Deutschland bisher einmaliger Studiengang (Bachelor): **Photovoltaik und Halbleitertechnologie**. Der neue Studiengang bereitet auf eine spätere Tätigkeit in zukunftssträchtigen Hochtechnologien vor: Fertigungstechnologien für Solarzellen und Mikroelektronik-Chips. Das Angebot des Studiums erfolgt in Zusammenarbeit mit dem Institut für Photonische Technologien in Jena (IPHT) (www.fh-jena.de).
- Zum WS 2008/2009 startet an der Universität Bayreuth der 4-semestrige Master-Studiengang **„Natur- und Wirkstoffchemie“**. Studieninteressierte können sich bis zum 1. Oktober 2008 bei der Universität Bayreuth bewerben (www.uni-bayreuth.de).

Chemie und Energie

Solartechnik

1 Solarkollektoren ...

- A** ... wandeln solarthermische Energie in mechanische Energie.
B ... wandeln Strahlungsenergie der Sonne in elektrische Energie.
C ... erwärmen Wasser.
D ... kochen mit Sonnenlicht.
E ... wandeln Prozesswärme in Strahlungsenergie.

2 Welche Anlage arbeitet mit Sonnenenergie?

- A** Solarthermisches Kraftwerk.
B Parabolrinnenkraftwerk.
C Thermikkraftwerk.
D Fallwindkraftwerk.
E Photovoltaikanlage.

3 Wieviel Sonnenergie (in Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr) trifft durchschnittlich auf Deutschland?

- A** 100
B 1000
C 10 000
D 100 000
E 1 000 000

4 In welcher Zeile sind die Stoffe nach steigender elektrischer Leitfähigkeit sortiert?

- A** Quarz, Nylon, Glas, Tetracen, Meerwasser.
B Kupfer, Germanium, Silicium, Glas, Polystyrol.
C Nylon, Glas, Polyanilin, Indium, Eisen.
D Diamant, Germanium, trans-Polyacetylen, Quarz, Silber.
E Schwefel, Silicium, Indium, Germanium, Kupfer.

5 Welche Art von Silicium verwenden Solarzellen?

- A** Amorphes Silicium.
B Monokristallines Silicium.
C Multikristallines Silicium.
D Poröses Silicium.
E Metallisches Silicium.

6 Welche Aussage zu Si stimmt?

- A** Silicium ist ein Nichtmetall.
B Si zeigt eine Dichteanomalie.
C Der Mensch enthält etwa

200 mg Si pro kg Körpergewicht.

- D** Erstmals wurde amorphes Si um 1850 hergestellt.
E Die Erde besteht zu etwa 15 Gewichtsprozent aus Si.

7 Wie lässt sich Si im Labor herstellen?

- A** $\text{SiO}_2 + 2 \text{Mg} \rightarrow \text{Si} + 2 \text{MgO}$
B $3 \text{SiO}_2 + 4 \text{Al} \rightarrow 3 \text{Si} + 2 \text{Al}_2\text{O}_3$
C $\text{SiO}_2 + 2 \text{C} \rightarrow \text{Si} + 2 \text{CO}$
D $3 \text{SiCl}_4 + 4 \text{Na} \rightarrow 3 \text{Si} + 4 \text{NaCl}$
E $3 \text{CaSi}_2 + 6 \text{HCl} \rightarrow 6 \text{Si} + 3 \text{CaCl}_2 + 3 \text{H}_2$

8 Nach welcher Reaktionsgleichung produziert die Industrie Rohsilicium?

- A** $\text{SiO}_2 + 2 \text{C} \rightarrow \text{Si} + 2 \text{CO}$
B $3 \text{CaSi}_2 + 6 \text{HCl} \rightarrow 6 \text{Si} + 3 \text{CaCl}_2 + 3 \text{H}_2$
C $3 \text{SiF}_4 + 4 \text{Al} \rightarrow 3 \text{Si} + 4 \text{AlF}_3$
D $\text{SiO}_2 + 2 \text{Mg} \rightarrow \text{Si} + 2 \text{MgO}$
E $3 \text{SiO}_2 + 4 \text{Al} \rightarrow 3 \text{Si} + 2 \text{Al}_2\text{O}_3$

9 Wie lässt sich heute Si hoher Reinheit gewinnen?

- A** Gereinigtes Monosilan zersetzt sich bei hohen Temperaturen zu den Elementen.
B Destilliertes Trichlorsilan wird in Anwesenheit von Wasserstoff zersetzt und wächst an Reinstsiliciumstäben auf.
C Destilliertes Trichlorsilan und der Wasserstoff reagieren in einem Wirbelschichtreaktor, in dem sich Silicium-Körnchen befinden. Reines Silicium lagert sich an die Körnchen.
D Reduktion von destilliertem Trichlorsilan mit Zinkdampf.
E Reduktion von gewaschenem Siliciumdioxid mit Kohlenstoff.

10 Welcher Effekt liegt einer Solarzelle zugrunde?

- A** Innerer photoelektrischer Effekt.
B Photoleitung.
C Photoionisation.
D Äußerer photoelektr. Effekt.
E Photovoltaischer Effekt.

11 Welches Material ist die Grundlage von III-V-Halbleiter-Solarzellen?

- A** Silicium.
B Indium.
C Cadmiumtellurid.
D Galliumarsenid.
E Kupferoxid.

12 In welchem Jahr gab es den Nobelpreis Chemie für die Entdeckung und Entwicklung leitfähiger Kunststoffe?

- A** 1900.
B 1925.
C 1950.
D 1975.
E 2000.

13 Was ist das entscheidende Strukturmerkmal in leitenden Polymeren?

- A** Konjugierte Doppelbindungen.
B Aromatisch.
C Säurefunktion.
D Dreifachbindung.
E Etherfunktion.

14 Welche Aussage zur Grätzel-Zelle ist richtig?

- A** Sie wandelt Lichtenergie in Wärme.
B Sie ist nach dem Schweizer Michael Grätzel benannt.
C Sie wurde 1962 patentiert.
D Sie verwendet zur Lichtabsorption organische Farbstoffe.
E Sie hat einen Wirkungsgrad von mehr als 30 Prozent.

Lösungen zu Seite M48 (CLB 06/2008):

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

Lösungen zu Seite M56 (CLB 07/2008):

1 A, B, D; 2 C; 3 A, D; 4 A; 5 C, D, E; 6 A, B, D; 7 B, E; 8 C; 9 Reihenfolge von wichtig bis weniger wichtig C, A, D, B, E+F; 10 Reihenfolge von gering bis stärker C, B, A, D, E, F, G, H; 11 A, C, D, E; 12 C, F.

(Lösungen zu den Fragen hier finden Sie in CLB 09/2008 sowie auf www.clb.de)

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

Preis je Buch: 24,50 Euro incl. MWSt. und Versand.

Alles Repetito – oder was???

Maren Bulmahn • Rolf Kickuth

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

ISBN 3-9810449-0-8



9 783981 044904

Bulmahn
Kickuth

Alles Repetito – oder was???

Rubikon

Alles Repetito – oder was???

fragt der Bachelor die Laborantin



Maren Bulmahn • Rolf Kickuth

Abo-Bestellcoupon

- JA, ich möchte die CLB abonnieren. Ich erhalte als persönlicher Abonnent die CLB zunächst für ein Jahr (=12 Ausgaben) zum Preis von 98,35 Euro zzgl. Versandkosten (Inland: 13,60 Euro, Ausland: 24,40 Euro). Das Abonnement verlängert sich automatisch um ein weiteres Jahr, wenn es nicht bis acht Wochen vor Ende des Bezugsjahres gekündigt wird.

Datum / 1. Unterschrift

Name / Vorname

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

Straße / Postfach

Land / PLZ / Ort

Datum / 2. Unterschrift

Telefon oder e-Mail

FAX-Hotline: 06223-9707-41

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

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

Fluoreszenzpolarisation: Drehungen im Gigahertzbereich

Maria Hoyer, Gröbenzell

Fluoreszenzfarbstoffe werden in vielen biologischen Bereichen angewendet. Dabei ist wichtig, dass die Farbstoffe in die nachzuweisenden Strukturen an- oder eingelagert werden. Nach Anregung mit kurzwelligem Licht kann die längerwellige Fluoreszenz Aufschlüsse auf die chemische Natur der Probe geben. So können mit ihrer Hilfe wichtige Zellbestandteile selektiv angefärbt und so frühzeitig Veränderungen festgestellt werden, was vor allem in der Medizin von großer Bedeutung ist.

In meiner Jugend-forscht-Arbeit 2006 habe ich mit einfachen Mitteln ein Fluoreszenzmikroskop gebaut und die Funktionsfähigkeit bis in den Mikrometerbereich nachgewiesen. Im Jahr darauf habe ich gezeigt, dass durch Verwendung eines Laserpointers ein mikroskopischer Aufbau mit einer Höherauflösung im Bereich von Nanometern bei mikrometeregenauer lateraler Auflösung möglich ist. Über die Fortsetzung dieser Arbeiten in Richtung auf weitere Mikroskopieverfahren bin ich auf die interessante richtungsabhängige Fluoreszenz von Farbstoffen unter Anregung mit polarisiertem Licht gestoßen, die ich in dieser Arbeit vorstellen möchte.

Die anisotropen Eigenschaften der Farbstoffmoleküle bieten auch die Möglichkeit, die Bewegung von Molekülen im Nanosekundenbereich (entspricht Gigahertzbereich auf der Frequenzebene) mit einfachen Mitteln nachzuweisen. Somit kann mit der Fluoreszenzpolarisation zusätzlich zur Fluoreszenzintensität oder die emittierte Wellenlänge auf die chemische Umgebung der Farbstoffe geschlossen werden.

Zum Beispiel kann durch die Fluoreszenzpolarisation eines Farbstoffs, angelagert an ein anderes Molekül, beispielsweise DNA, die Beweglichkeit dieses Gesamtkomplexes bestimmt werden. Damit ist auch der jeweilige Zustand des Farbstoffs im Medium, beispielsweise die Viskosität oder Stabilität bestimmt, was auch bei Untersuchungen von Membranen eine

wichtige Rolle spielt. Über die Diskussion mit den Juroren beim Wettbewerb bin ich auf die nähere Charakterisierung der chemischen Wechselwirkung zwischen Farbstoffen und anderen Molekülen gekommen.

Stand der Technik

Die Anisotropie der Fluorochrome lässt sich am besten erklären, wenn man sich den angeregten Komplex als Dipol vorstellt. Der Dipol der Farbstoffe wird bei der Anregung mit dem Dipol der Photonen in Schwingung versetzt. Die Farbstoffmoleküle besitzen eine Vorzugsrichtung für die Absorption, daher ist für das einzelne Farbstoffmolekül ein Unterschied gegeben, in welche Richtung das ankommende Licht schwingt. Vergleichbares gilt auch für die Aussendung von Licht, die Fluoreszenz.

Unter einfachen Bedingungen kann man diese Polarisation nicht sehen, da die optischen Eigenschaften vieler Farbstoffmoleküle in Lösung einen Mittelwert ergeben, der gemessen wird. Wird aber mit bereits polarisiertem Licht angeregt, so wird die Schwingungsrichtung der Fluoreszenz bevorzugt in die zur Anregung parallele Richtung entsprechend dem Dipol des Moleküls erfolgen [22].

Da sich der energetische Zustand und damit auch die Bindungsenergien vom Grundzustand zum Anregungszustand ändert, ändert sich auch der Winkel zwischen dem unangeregten und angeregten Dipol. Es besteht also eine Grundpolarisation des Fluorochroms, wenn sich das Molekül während der Fluoreszenzlebensdauer nicht dreht. Diese intrinsische Anisotropie

$$A_0 = \frac{1}{5}((3 \cos^2 \alpha) - 1)$$

bei der α der Winkel zwischen Anregungs- und Emissionsdipolmoment ist, entspricht der Anisotropie eines Farbstoffs in starren Lösungen [22]. Der Winkel α ist normalerweise recht klein, bei sehr komplizierten Molekülen können die Dipole des Grundzustand und des ersten angeregten Zustands allerdings auch annähernd senkrecht aufeinander liegen [21].

Die Änderung der Polarisation des Lichtes, die über diese intrinsische Anisotropie hinausgeht, gibt Aufschluss über Rotationsvolumen, Anregungszeit und Viskosität des Stoffes, in dem der Fluoreszenzfarbstoff gebunden ist [22].



Die Autorin

Maria Hoyer ist in diesem Jahr 1. Bundessiegerin im Fach Chemie des Bundeswettbewerbs „Jugend forscht“. Sie besuchte bis jetzt das Gymnasium Gröbenzell. Im Herbst wird sie das Studium der Chemie und Biochemie an der LMU München aufnehmen (Foto: VBCI).

Die Fluoreszenzpolarisation ist definiert durch

$$P = \frac{I_{\parallel} - I_{\perp}}{I_{\parallel} + I_{\perp}},$$

die Fluoreszenzanisotropie als

$$A = \frac{I_{\parallel} - I_{\perp}}{I_{\parallel} + 2I_{\perp}},$$

wobei I_{\parallel} und I_{\perp} die Intensitäten in der Filterstellung, in der die Intensität minimal beziehungsweise maximal sind, bedeuten [21].

Zur Messung der Lebensdauer oder des Rotationsvolumens eines Fluorochroms gibt es sehr aufwändige Verfahren, zum Beispiel Messung der Abschwächung der Fluoreszenzintensität in beiden Polarisationsrichtungen nach Beendigung der Anregung im Nanosekundenbereich. Es gibt allerdings noch eine andere Möglichkeit, die Lebensdauer oder das Rotationsvolumen über die Anisotropie zu bestimmen. Dabei wird die Perrin-Gleichung verwendet:

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{A_0} \left(1 + \frac{\tau_F k T}{V \cdot \eta} \right),$$

wobei A die Anisotropie; k die Boltzmannkonstante; τ die Fluoreszenzlebensdauer; T die Temperatur; V das Rotationsvolumen und η die Viskosität ist [22]. Voraussetzung für die Verwendung der Perrin-Gleichung ist, dass das Molekül rotationssymmetrisch ist und dass nur eine Rotationskorrelationszeit vorkommt. Man kann also durch über alle Zeiten gemittelte Werte der Anisotropie auf Vorgänge im Nanosekundenbereich schließen.

Eine der hier verwendeten Proben, SDS (Natriumdodecylsulfat) [18] ist amphiphil, hat also einen polaren und einen unpolaren Teil. In Wasser bilden sich so ab einer bestimmten Konzentration Micellen, das heißt die unpolaren Teile lagern sich zu einem Ring zusammen, während die polaren Teile nach außen hin an das Wasser binden. Aufgrund dieser Eigenschaft fungiert es auch als Emulgator [26].

Die kritische Konzentration (CMC; Critical Micelle Concentration), ab der die Micellenbildung stattfindet, ist eine wichtige Konstante für die Bestimmung von grenzflächenaktiven Substanzen. Da sich ab der CMC die polaren Teile des Tensids mit größerer Wahrscheinlichkeit begegnen und miteinander wechselwirken können, sind sie in der Lage sich enger zusammenzulagern [14]. Ist ein Farbstoff in diese Umgebung eingelagert, lässt sich über die Änderung der Polarisation die CMC herausfinden [20].

Andere Verfahren der Bestimmung der CMC liegen in der Messung der Leitfähigkeit, der Lichtstreuung oder der Oberflächenspannung der Lösung. Diese

Verfahren sind aber nicht auf die Untersuchung von biologischen Membranen übertragbar [11].

Vorgehensweise

Mikroskopaufbau

Der Aufbau des Fluoreszenzmikroskops ist bereits in meiner Jugend-Forscht-Arbeit 2006 beschrieben worden [6]. Der im Fluoreszenzmikroskop verwendete Aufbau, bei dem je ein Polarisationsfilter vor die Probe und hinter die Probe gelegt wurde, diente zunächst der Verminderung von Streulicht aus der Anregung.

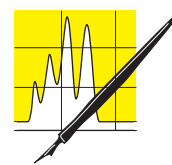
In einer Probe, die aus vielen verschiedenen Einzelteilen besteht, wie zum Beispiel einer Zelle, lässt sich Streuung nicht verhindern.

Bei paralleler Stellung der Polarisationsfilter wird das polarisierte Streulicht ausgeblendet; der Kontrast wird verringert. Bei senkrechter Stellung kann nur der unpolarisierte oder gedrehte Anteil des Fluoreszenzlichts gemessen werden.

Aufbau ohne Mikroskop

Um die Fluoreszenzpolarisation zu bestimmen, werden im Strahlengang vor und hinter die Probe Polarisationsfilter gesetzt. In Abhängigkeit der Ausrichtung der Filter zueinander werden die jeweiligen Intensitäten bestimmt und daraus die Fluoreszenzpolarisation errechnet [21].

Um eine möglichst genaue und feste Messvorrichtung zu haben (Abbildung 1), befestigte ich die einzelnen Komponenten nach Art einer optischen Bank. Als Lichtquelle diente mir eine blaue LED, die ihr Emissionsmaximum bei 450nm hat, bei der die hier verwendeten Fluoreszenzfarbstoffe gut angeregt werden können. Das durch eine käufliche Linsenvorrichtung parallelisierte Licht wird durch eine sphärische Linse mit der Brennweite $f = 4\text{cm}$ auf die Mitte einer Glasküvette, in der sich die Probe befindet, fokussiert. Der Anregungsfilter BG3, direkt vor der LED befestigt,



AUFSÄTZE

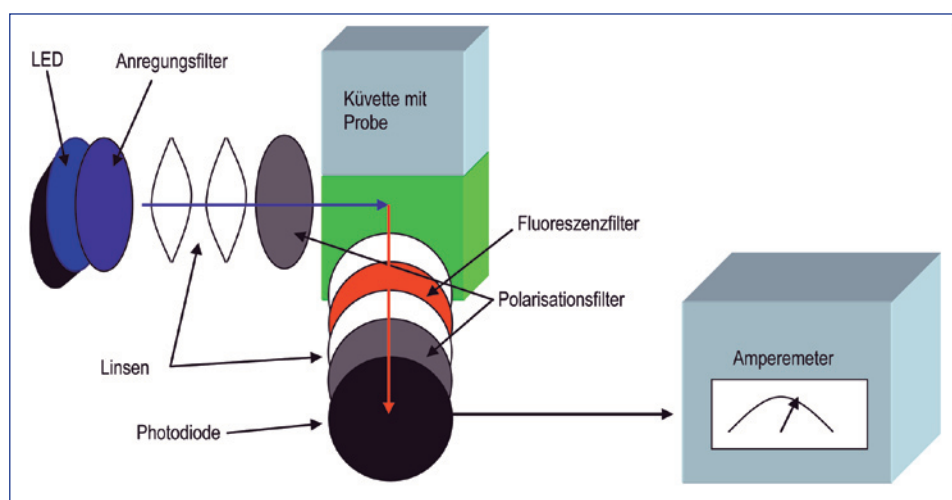


Abbildung 1: Messaufbau

gewährleistet eine zusätzliche Einschränkung des Anregungsspektrums. Das emittierte Fluoreszenzlicht wird durch zwei weitere Linsen auf eine Photodiode der Firma Laser Components fokussiert. Der Fluoreszenzfilter OG520 vor der Photodiode garantiert, dass ausschließlich Fluoreszenzlicht auf die Photodiode gelangt. Um Hintergrundlicht zu vermeiden, baute ich einen Schutz aus schwarzer Pappe beziehungsweise Moosgummi um die ganze Anordnung.

Da kostengünstige Küvetten aus Kunststoff sind, baute ich eigene Küvetten aus Objektträgern. Die einzelnen Gläser klebte ich mit Dichtungssilikon aneinander. Eine Silizium Photodiode weist Polarisationsseffekte auf, die die Messungen stören. Aus diesem Grund wurde hinter den Polarisationsfilter für das Fluoreszenzlicht eine Lambda/4-Platte gelegt, die linear polarisiertes Licht in zirkular polarisiertes umwandelt [7]. Die gemessene Polarisation bei einer Aluminium-Folie als Probe wurde so auf 98% gebracht.

Proben

Stamm Lösungen von jeweils 1g/l Farbstoff (Rhodamin 6G, Acridin Orange, Fluorescein) in vergälltem Alkohol (96Vol%) wurden auf Vorrat angelegt. Da Fluorescein nur im alkalischen Milieu eine starke Fluoreszenz aufweist, wurden in diesem Fall 5 ml Ethanol mit 5 ml einer einmolaren NaOH-Lösung ersetzt.

Als mikroskopische Probe verwendete ich nach der Vorschrift für Acridin Orange Zinkchlorid Doppelsatz angefärbte Zwiebelzellen [9].

Um das Funktionsprinzip des Aufbaus ohne Mikroskop zu testen, verwendete ich zunächst unterschiedliche Lösungsmittel wie Wasser oder Glycerin, die ich mit dem Farbstoff Fluorescein versetzte. Von Fluorescein in reinem Glycerin ist bekannt, dass es eine Polarisation von 0,4 aufweist [21].

Eine Polarisationsmessung in Abhängigkeit der Viskosität führte ich mit Acridin Orange in einer Zuckerlösung durch, bei der die Viskosität durch den Zuckergehalt eingestellt wurde.

Zur Bestimmung des Rotationsvolumens von DNA isolierte ich DNA aus Zwiebeln nach einer Vorschrift der Universität Frankfurt [5] und färbte sie mit Acridin Orange.

Für die oben genannte Probe SDS (Fa. Omikron GmbH) wurde der lipophile Farbstoff Rhodamin 6G Hydrochlorid (Fa. Baxter) verwendet.

Ergebnisse

Verbesserung der optischen Qualität des Fluoreszenzmikroskops

Wie schon beschrieben, wollte ich durch polarisiertes Licht die Hintergrundstreuung im Fluoreszenzmikroskop verringern. Abbildung 2 zeigt Zwiebelzellen, die aufgrund der inhomogenen Zellstruktur viel Streulicht aufweisen.

Der Kontrast konnte mit der parallelen Filterstellung etwas verbessert werden. In dieser Filterstellung kommt nur das Licht hindurch, das in der Zelle nicht gedreht oder depolarisiert wurde, also weniger Streulicht. Ebenso ist bei dieser Filterstellung eine leichte Rotverschiebung zu beobachten, was daran liegen kann, dass grünes Licht aufgrund der kleineren Wellenlänge mehr gestreut und deswegen mehr herausgefiltert wird.

Charakterisierung des Messaufbaus ohne Mikroskop

Polarisationsmessungen zur Ermittlung der chemischen Umgebung der Farbstoffe sind nur bis zu einer bestimmten Farbstoffkonzentration möglich. Darüber hinaus können Dimere vorkommen, bei denen sich sowohl das Absorptions- als auch das Fluoreszenzspektrum und die Fluoreszenzabklingzeit verändern kann [25].

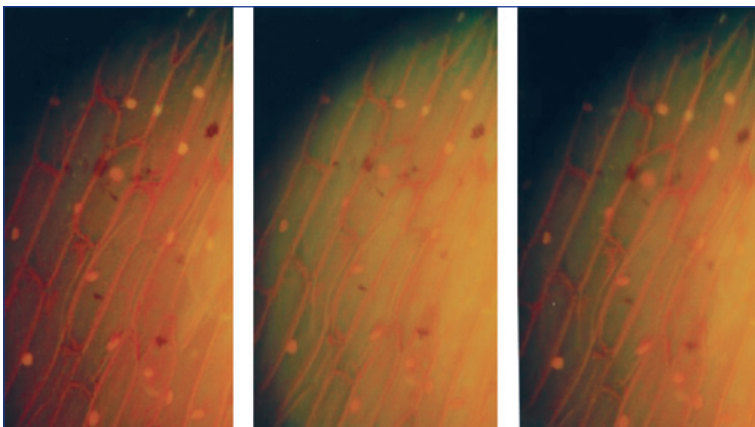
Mit dem Farbstoff Rhodamin 6G in aqua dest. führte ich in Abhängigkeit der Konzentration des Farbstoffes Intensitätsmessungen des Fluoreszenzlichts durch, die gezeigt haben, dass die Intensität linear mit der Zunahme der Konzentration von Rhodamin 6G steigt, was die Voraussetzung für Polarisationsmessungen ist. Alle Messungen mit Ausnahme der Leitfähigkeitsmessungen finden bei Konzentrationen unterhalb der Dimerenbildung statt.

Die Messung der Fluoreszenzintensität von Fluorescein in Glycerin mit paralleler Polarisationsmessung zeigt den Effekt der Dimerenbildung auf Intensität und Anisotropie (Abbildung 3).

Abbildung 4 zeigt die lineare Zunahme der Fluoreszenzintensität bis zu der Konzentration $c = 8 \times 10^{-6}$ mol/l, ab der die Konzentration des Farbstoffs eine Dimerenbildung ermöglicht.

Diese Grenze kann auch an der parallel ausgeführten Polarisationsmessung von Fluorescein in Glycerin gesehen werden (Abbildung 5), bei der die

Abbildung 2: Zwiebelzellen im 10-er Objektiv ohne Polarisationsfilter
a) parallel b) senkrecht c) ohne Pol-Filter



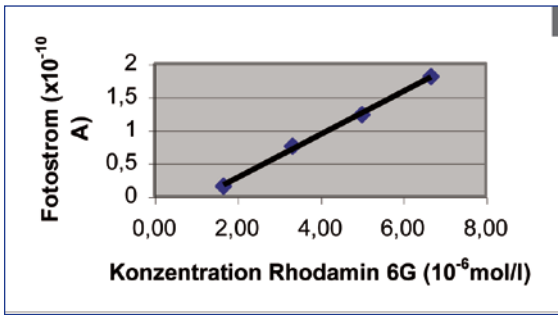


Abbildung 3: Linearer Anstieg des Fotostroms (ausgelöst nur durch Fluoreszenzlicht).

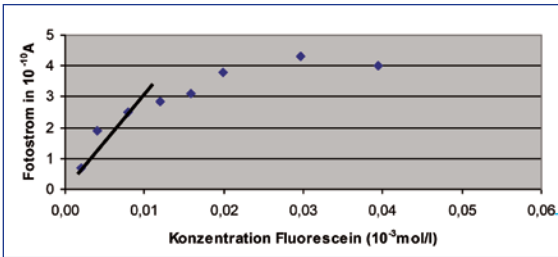


Abbildung 4: Fluoreszenzintensität bei steigender Konzentration.

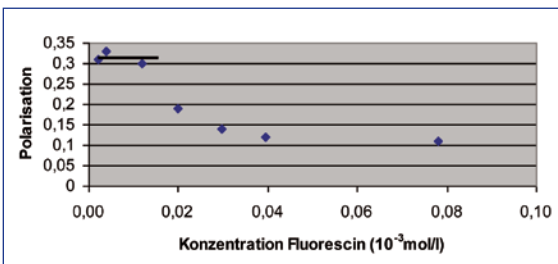


Abbildung 5: Polarisationsmessung in Glycerin.

Polarisation ab der überschrittenen Grenzfarbstoffkonzentration von $c = 1,2 \times 10^{-5} \text{ g/l}$ stark abnimmt, was mit der verlängerten Fluoreszenzlebensdauer der gebildeten Dimere zusammen hängt. Bis zu dieser Konzentration allerdings zeigt der Graph für Glycerin etwas niedrigere Werte im Vergleich zur Literatur, bei

Abkühlung der Probe auf 9°C konnte der Wert von 0,4 gemessen werden [21].

Bestimmung des Rotationsvolumens Acridin Orange

Das Rotationsvolumen von Acridin Orange (AO) habe ich mit Hilfe einer Zuckerlösung, deren Viskosität durch den Zuckergehalt variiert wurde, gemessen. Da Acridin Orange sich nicht in Zucker einlagert, ist die gemessene Fluoreszenz und Polarisation nur auf die AO-Moleküle zurückzuführen.

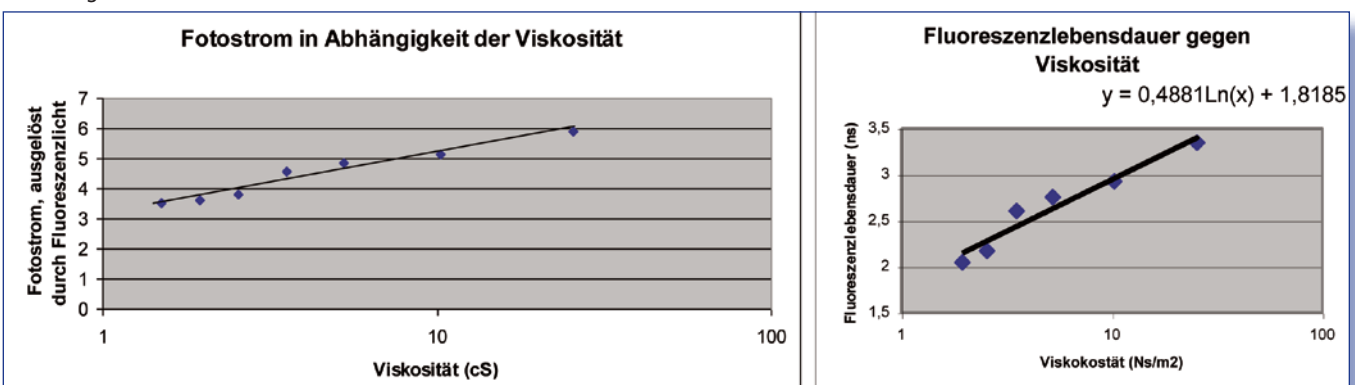
Mit zunehmender Viskosität ($1 \text{ cS} = 0,001 \text{ Ns/m}^2$) wurde ein Anstieg der Polarisation des emittierten Fluoreszenzlichts gemessen, was mit einer gehemmten Drehbewegung zu begründen ist. Das Rotationsvolumen lässt sich ermitteln, wenn man $1/A$ gegen V/η aufträgt [22].

Erstaunlich war, dass auch die Intensität des Fluoreszenzlichts mit zunehmender Viskosität stieg. Eine mögliche Ursache ist die Verschiebung der Fluoreszenzbande von Acridin Orange in der Zuckerlösung. Ein Farbunterschied konnte mit dem Auge aber nicht erkannt werden.

Der Grund für den Anstieg der Fluoreszenzintensität besteht vermutlich in der verlängerten Lebensdauer des angeregten Zustands in höheren Viskositäten. Dies wurde auch bei anderen Farbstoffen beobachtet [15]. Bei Farbstoffen, die keine Quantenausbeute von 100% aufweisen, ist die Fluoreszenz nur eine von verschiedenen Möglichkeiten der Energieabgabe, das heißt Relaxationsprozessen. Werden diese anderen Möglichkeiten, beispielsweise durch eine geringe Möglichkeit zur Rotation gehemmt, nimmt die Fluoreszenzintensität zu.

Bei Acridin Orange liegt die Fluoreszenzquantenausbeute bei 20% in Ethanol [12]. Die Fluoreszenz in Wasser liegt nach Handversuchen in einem ähnlichen Bereich, zumindest deutlich unter 100%. Damit kann eine Abschätzung der steigenden Fluoreszenzlebensdauer erstellt werden. Die Fluoreszenz nimmt exponentiell mit der Zeit ab. Wenn die Gesamtintensität um den Faktor 1,7 gesteigert wird, bedeutet dies, dass das Integral unter der Fluoreszenz-Zeit Kurve um die

Abbildung 6: Zunahme der Fluoreszenzintensität mit der Viskosität und errechnete Fluoreszenzlebensdauer.



sen Faktor zugenommen hat. Mit einer Fluoreszenzlebensdauer aus der Literatur von 2 ns [16] in Wasser kann damit die Fluoreszenzlebensdauer in anderen Viskositäten wie in Abbildung 6 dargestellt errechnet werden. In anderen Umgebungen höherer Viskosität, allerdings auch einer elektronischen Wechselwirkung von Farbstoff mit der Umgebung wie in DNA wurden Werte von 6 ns in der Literatur angegeben [16].

Die Perrin-Gleichung zur Ermittlung der intrinsischen Anisotropie und des Rotationsvolumens

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{A_0} \left(1 + \frac{\tau_F k}{V} \cdot \frac{T}{\eta} \right)$$

berücksichtigt in der einfachen, oben beschriebenen Auswertung nicht die Zunahme der Fluoreszenzlebensdauer. Daher habe ich eine korrigierte Version der Auswertung in Abbildung 7 gewählt, bei der die Änderung der Fluoreszenzlebensdauer mit eingerechnet wird.

Dadurch ergibt sich für die Steigung des Graphen

$$m = \frac{1}{A_0} \cdot \frac{k}{V} = 1,1 \times 10^5 \text{ N/K} \cdot \text{m}^2.$$

A_0 ist der extrapolierte y-Wert des Graphen bei

$$\frac{\tau_F T}{\eta} = 0.$$

Das entspricht hier einer intrinsischen Anisotropie von

$$A_0 = \frac{1}{2,2} = 0,45,$$

die leicht oberhalb der möglichen Werte bis 0,4 liegt. Der eigentlich erwartete Wert liegt bei einem Dipol im angeregten Zustand parallel zum Grundzustand bei 0,4 [21]. Ohne die Berücksichtigung der Veränderung der Lebensdauer über die korrigierte Perrin-Gleichung würde sich ein Winkel von fast 40° zwischen den beiden Zuständen ergeben. Mit diesen Werten konnte für das Rotationsvolumen ein Wert von $3,1 \times 10^{-28} \text{ m}^3$ und damit unter der Näherung der Annahme einer Kugelform für Acridin Orange ein Durchmesser von 0,84 nm bestimmt werden. Dichtewerte von Acridin Orange konnten nicht gefunden werden. Als Vergleich

kann das Volumen im Kristall für Acridin (Dichte von $1,005 \text{ g/cm}^3$ und Molgewicht von 179 g/mol) genommen werden [24]. Das Volumen

$$V = \frac{m}{\delta}$$

für ein einzelnes Acridin-Molekül ist damit $2,96 \times 10^{-28} \text{ m}^3$; das entspricht einem Durchmesser einer angenommenen Kugel von 0,83 nm.

Bestimmung der Mikroviskosität von DNA durch Acridin Orange

DNA besteht aus sehr langkettigen Molekülen, die sich in Lösung nur langsam drehen können. Farbstoffe wie Acridin Orange oder Ethidium Bromid, die in die DNA-Struktur interkalieren, das heißt sich fest darin einlagern, sind in ihrer Bewegung auch an die Viskosität in der α -Helix gebunden.

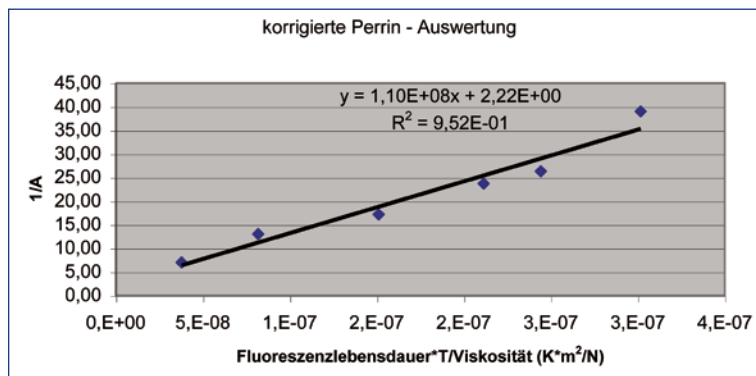
Wenn sich Acridin Orange in DNA einlagert, kann die Viskosität der DNA unter der Annahme des gleichen hydrodynamischen Rotationsvolumens von Acridin Orange in DNA wie in der wässrigen Lösung abgeschätzt werden (Tabelle 1).

Um die Viskosität der DNA in der Lösung zu bestimmen, verwendete ich wieder obige Formel:

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{A_0} \left(1 + \frac{\tau_F k}{V} \cdot \frac{T}{\eta} \right),$$

wobei $A_0 = 0,4$ sich bei der Interkalation nicht wesentlich geändert haben dürfte, da die Anregung nur im Acridin Orange Molekül stattfindet. Für die Fluoreszenzlebensdauer gilt für Acridin Orange in DNA $\tau = 6,1 \text{ ns}$ [16]. Die Viskosität von der DNA-Wasserlösung ist der von Wasser gleichzusetzen: $\eta = 1 \times 10^{-3} \text{ Ns/m}^2$; nach Überführung in die 28%-ige Zuckerlösung beträgt $\eta = 2,554 \times 10^{-3} \text{ Ns/m}^2$ [24]. Die Viskosität der Lösung ändert sich um den Faktor 2,5, die Mikroviskosität aus den Polarisationsdaten nur um etwa die Hälfte dieses Wertes. Die Polarisation von Acridin Orange war in den verwendeten Konzentrationen nicht abhängig von der Konzentration des Farbstoffs, der Farbstoff sollte vollständig in die DNA eingelagert sein. Anscheinend ist die Mikroviskosität von der Viskosität der Lösung abhängig, das heißt die Rotation des Komplexes Acridin Orange/DNA ist teilweise für die Depolarisation verantwortlich, nicht nur die Rotation des Farbstoffs.

Abbildung 7: Ermittlung der intrinsischen Anisotropie A_0 und dem Rotationsvolumen V.



Messung der kritischen Konzentration von SDS zur Micellen-Bildung

Zur Messung der CMC wurden Fluoreszenzintensität und Polarisation in Abhängigkeit von der Konzentration an SDS in aqua. dest. gemessen, wobei sich Rhodamin 6G an die unpolaren Teile des SDS anlagert [3].

Abbildung 8 zeigt zunächst den Abfall der Fluoreszenzintensität (Konzentration Rhodamin 6G = $6,96 \times 10^{-6} \text{ mol/l}$) bei zunehmender Konzentration an SDS. Dies war zunächst erschreckend, da ich keine Ände-

	Fotostrom ohne Polarisationsfil- ter (x 10 ⁻¹⁰ A)	Polarisation	Anisotropie	Viskosität Lösung (Ns/m ²)	Viskosität DNA (Ns/m ²)
DNA gelöst in TE-Puffer	0,63	Nicht Messbar	Nicht Messbar		
+ Acridin Orange	4,32	0,107	0,074	1 x 10 ⁻³	2 x 10 ⁻²
Überführung in 28 %ige Zuckerlösung	2,43	0,146	0,102	2,55 x 10 ⁻³	3,0 x 10 ⁻²

Tabelle 1: Berechnung des Mikroviskosität von DNA mittels Acridin Orange.

nung der Intensität erwartete. Dieser Abfall der Fluoreszenzintensität konnte ich nachträglich auch in der Literatur finden [23]. Anscheinend bildet Rhodamin 6G zunächst eine Verbindung mit SDS aus, die die Fluoreszenz quencht. Die Messung der Polarisation im Bereich der sehr niedrigen Fluoreszenzintensität erwies sich als sehr schwierig.

Mit zunehmender Konzentration von SDS nimmt die quenchende Wirkung von SDS ab; bei noch höheren Konzentrationen nimmt auch die Polarisation wieder zu. Bei der CMC lagern sich viele SDS-Moleküle zu größeren Komplexen zusammen, in welchen der Farbstoff seine Beweglichkeit verliert. Dass das Rhodamin 6G in einer anderen Umgebung als ursprünglich vorkommt, kann auch daran gesehen werden, dass die ursprüngliche Fluoreszenzintensität nur zu 75% nach Sättigung im Polarisationwert erreicht wird, dieser Wert steigt allerdings bei steigender SDS-Zugabe. Die gleiche Form der Kurven ergibt sich bei Verwendung von isotonischer Kochsalzlösung statt Wasser, nur dass hier die gleichen Effekte bei geringerer SDS Konzentration beobachtet werden, das heißt der Anstieg der Fluoreszenz erfolgte ab einem Wert von $C_{SDS} = 0,8$ mmol/l.

Gemäß der Auswertung aus der Literatur liegt die CMC beim Anstieg der Polarisation [20], wonach sie hier bei 6,6 mmol/l liegen würde.

Um die CMC mit einer anderen Methode nachzuweisen, habe ich Leitfähigkeitsmessungen von SDS in Wasser und von Rhodamin 6G ($c = 8 \times 10^{-5}$ mol/l) und SDS in Wasser durchgeführt (Abbildung 9). Zur Bestimmung der CMC wird die molare Leitfähigkeit $\lambda = K / c$ (K ist die Leitfähigkeit in S/m; c die Konzentration [19] gegen die Wurzel der Konzentration aufgetragen und der Abfall der Steigung der molaren Leitfähigkeit bestimmt [10]. Die CMC liegt bei 8,5 mmol/l SDS, was mit einer Vergleichsmessung von SDS ohne Rhodamin 6G bestätigt werden konnte. Aus der Literatur ist die CMC für SDS finden sich in reinem Wasser Werte von 8,0 bis 8,3 mmol/l [20]. Damit ergibt sich für die Messung der Fluoreszenz-polarisation ein zu niedriger Wert für die Ableitung nach Thorsteinsson.

Die molare Leitfähigkeit nimmt bei niedrigen Konzentrationen SDS erst ab und steigt ab einer Konzentration von 0,13 mmol/l SDS. Der erstmalige Abfall der molaren Leitfähigkeit zeigt an, dass sich Moleküle mit unterschiedlicher Ladung zusammenfügen

und in diesem nach außen hin neutralen Zustand keinen Beitrag mehr zur Leitfähigkeit liefern können. Der Wiederanstieg der molaren Leitfähigkeit kann dadurch begründet werden, dass weitere SDS-Moleküle hinzukommen, die nicht mehr durch Rhodamin 6G-Moleküle neutralisiert werden. In diesem Bereich ist die Konzentration des Farbstoffs und des SDS in etwa gleich (0,08 zu 0,1 mmol/l). Sowohl in den Messungen der Fluoreszenz, als auch bei den Leitfähigkeitsmessungen wurde ein Zusammenschluss zwischen SDS und Rhodamin 6G beobachtet, der die Fluoreszenz quencht.

Das Rhodamin 6G hat aufgrund seiner positiven Ladung und den Benzolringen ein delokalisiertes Elektronensystem. Während in Abbildung 10 die positive Ladung auf der linken Seite gezeichnet wurde, kann sie unter Umlagerung der Elektronenbindungen auch auf der rechten Seite angenommen werden. An dieser positiven Ladung kann die negative Ladung des SDS zum SDS/Rhodamin 6G-Komplex andocken.

Abbildung 8: Messung der Fluoreszenzintensität und der Polarisation von Rhodamin 6G in Wasser mit SDS.

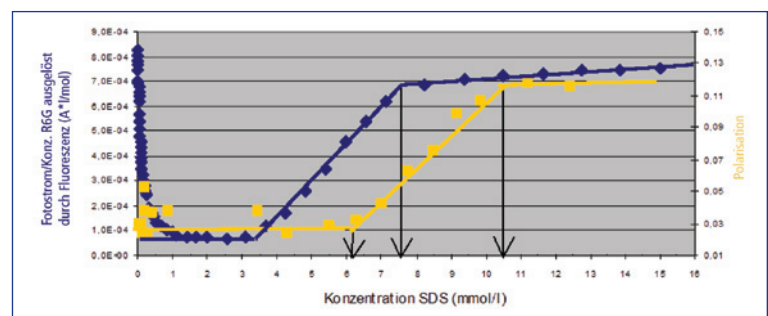
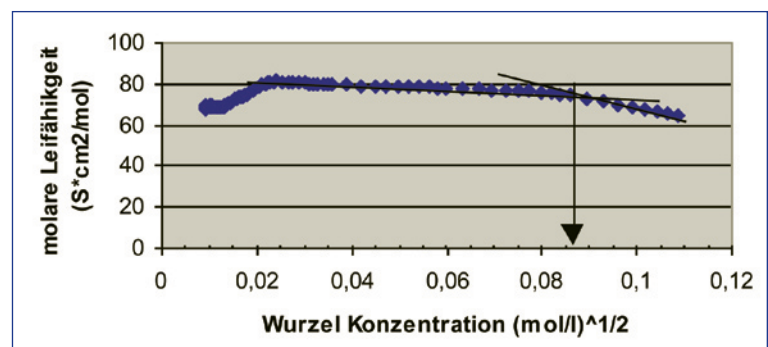


Abbildung 9: Molare Leitfähigkeit von Rhodamin 6G und SDS in Wasser gegen die Wurzel der Konzentration.



Das Rhodamin 6G als fettlöslicher Farbstoff und die organische Kette des SDS können gut miteinander wechselwirken. Von Vorteil ist zusätzlich, dass sich die negative Ladung des SDS beim vorgeschlagenen Komplex an die positive Ladung des Rhodamin 6G anlagern kann. Dadurch wird aber das bisher delokalisierte π -Elektronensystem des Farbstoffs gestört, das heißt die Ladung ist auf einer Seite fixiert. Offensichtlich ändert sich durch diesen zusätzlichen Dipol die Elektronendichte des Moleküls im Grund- oder angeregten Zustand so stark, dass die Fluoreszenzquantenausbeute stark abnimmt. So quenchen auch zugegebene Laugen in einem pH-Bereich > 12 die Fluoreszenz von Rhodamin 6G.

Kommen weitere SDS-Moleküle hinzu, so kann sich auch das andere Stickstoffatom an eine Sulfatgruppe anlagern und die Elektronenverteilung des Moleküls wird nach diesem Modell wieder in einen symmetrischen Zustand versetzt.

Um herauszufinden, ob die Fluoreszenz-quenchende Verbindung zwischen Rhodamin 6G und SDS einer definierten chemischen Reaktion zuzuschreiben ist, die sowohl für den Effekt des Fluoreszenzquenchens als auch für den der Leitfähigkeitsmessung verantwortlich ist, errechnete ich die Gleichgewichtskonstante K aus den Werten der Konzentration des freien beziehungsweise gebundenen Farbstoffs in Abhängigkeit der Konzentration von SDS.

Die Werte für die Konzentration des freien Farbstoffes errechnete ich aus der abnehmenden Fluoreszenzintensität (dies ist möglich, da Rhodamin 6G eine sehr hohe Quantenausbeute von 95% aufweist) [28] und aus der Leitfähigkeitsmessung. Bei der Berechnung über die Fluoreszenzintensität gilt ein Wert von $5 \text{ mA}^2/\text{mol}$ für die Gesamtkonzentration c_0 von Rhodamin 6G, die ohne Zugabe von SDS nur freien Molekülen Farbstoff entspricht, wohingegen der minimale Fotostrom von $0,5 \text{ mA}^2/\text{mol}$ einer Konzentration des freien Farbstoffs von 0 entspricht (unter der Annahme, dass dort alle Farbstoffmoleküle gebunden sind). Die Konzentration des gebundenen Farbstoffes ist entsprechend die Differenz zwischen der Gesamtkonzentration und derjenigen des freien Farbstoffs.

Für die Leitfähigkeitsmessungen kristallisierte ich den ersten Komplex in einer Alkohol-Wasser-Mischung

(1:1) über 10 Tage bei -18°C aus und bestimmte aus einer Auftragung der molaren Leitfähigkeit gegen die Wurzel der Konzentration die Grenzleitfähigkeit γ_0 , womit sich über die Formel

$$K = \frac{\lambda^2 \cdot c}{\lambda_0(\lambda_0 - \lambda)}$$

für den Bereich niedriger SDS-Konzentrationen die Gleichgewichtskonstante K der Bildung des Komplex 1 ($\text{SDS} + \text{Rhodamin 6G} \leftrightarrow [\text{SDS/Rhodamin 6G}]$) errechnen lässt.

Dies ist nur möglich, wenn tatsächlich eine definierte Reaktion zwischen den beiden Stoffen in Lösung angegeben werden kann. Als Formel für die Berechnung aus der Fluoreszenzintensität lässt sich die genannte Reaktion folgendermaßen beschreiben:

$$K = \frac{c_{\text{gebundeneFarbstoff}}}{c_{\text{SDS}} \cdot c_{\text{freierFarbstoff}}}$$

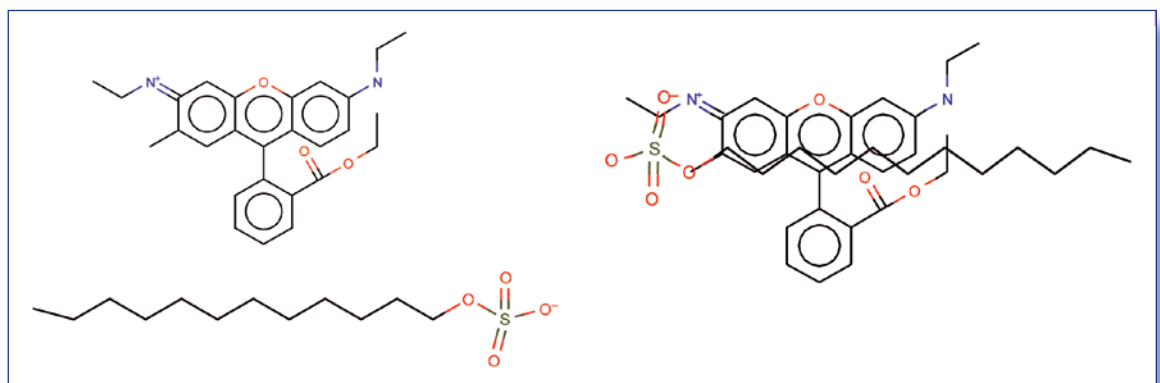
Aus der Gleichgewichtskonstanten kann die freie Standardenthalpie ΔG° bestimmt werden, deren Vorzeichen die Reaktionsrichtung unter Standardbedingungen anzeigt [27]. Aus

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \cdot \ln K$$

(ΔG : freie Enthalpie; R : universelle Gaskonstante) wird wegen $\Delta G = 0$ (Gleichgewichtsbedingung) $\Delta G^\circ = -RT \ln K = -22 \text{ kJ/mol}$ (aus Fluoreszenzabfall) und -24 kJ/mol aus Leitfähigkeitsmessungen für die oben genannte Reaktion.

Die Größenordnung ist für Anlagerungen ionischer Partner in Lösung im Rahmen der Werte in der Literatur [17]. Bei einer wieder erhöhten Konzentration von SDS finden weitere Reaktionen statt, die nur schwer zu trennen sind. Aus der erneuten Zunahme der Fluoreszenz kann eine freie Standardenthalpie von etwa -18 kJ/mol für die Reaktion $[\text{SDS/Rhodamin 6G}] + \text{SDS} \leftrightarrow [2\text{SDS/Rhodamin 6G}]$ (Komplex 2) abgeschätzt werden. Dieser Wert errechnet sich unter der Annahme, dass der zweite Komplex aus einem Farbstoffmolekül und zwei SDS Molekülen gebildet wird (diese Annahme ist aufgrund der steigenden Konzentration an SDS gewählt, muss aber nicht stimmen). Da auch bei hohen SDS-Konzentrationen nur 75% der Fluoreszenzintensität des Anfangswertes vorliegen

Abbildung 10:
Struktur von
Rhodamin 6G
und dem Dodecyl-
sulfonsäureanion
[2] und einer
vorgeschlagenen
Struktur des Kom-
plexes zwischen
beiden.



(Abbildung 8), ist der Farbstoff hier in einer anderen Form eingelagert.

Vom auskristallisierten ersten Komplex konnte mit Hilfe des JuFo-Jurors Dr. Gebert (Wacker Chemie) NMR-Spektren in DMSO aufgenommen werden, woraus sich aus den CH_2 Peaks des Dodecylsulfat zu den CH_3 Peaks am Aromaten von Rhodamin 6G ein Verhältnis von 1,01:1 ergab. Die Peaks der Wasserstoffatome und der CH_3 -Gruppen am Acridinkörper zeigen im Komplex zudem eine Verbreiterung. Am Benzolring sowie an der CH_3 -Gruppe am Ester sind keine Verschiebungen zu erkennen.

Diskussion

Allgemein kann gesagt werden, dass der Aufbau zur Messung der Fluoreszenzanisotropie von verschiedenen Proben gelungen ist. Ebenso korrelierten die Messungen der die CMC von SDS in Wasser sowohl mit der Literatur, als auch mit den Leitfähigkeitsmessungen.

Bei der Veränderung der Viskositäten konnte mit den aus der Zunahme der Fluoreszenzintensität ermittelten Werten und einem aus der Literatur stammenden Anfangswert die Veränderung der Fluoreszenzlebensdauer bestimmt werden. Die so erhaltenen Daten sind deutlich plausibler als ohne Korrektur. Eine direkte Messung der Fluoreszenzlebensdauer würde die Auswertung abrunden. Das ermittelte Rotationsvolumen von Acridin Orange lag nahe an der Molekülgröße von Acridin Orange. Dies ist plausibel, da das Molekül nicht wie im Falle der DNA-Messung in einen anderen Stoff eingelagert ist. Eine intrinsische Anisotropie von 0,4 zeigt an, dass die Dipole des angeregten Zustands parallel zum Grundzustand liegen.

Die Daten habe ich verwendet, um die Mikroviskosität von DNA in TE-Puffer zu ermitteln. Die Größenordnung der Viskosität stimmt mit den Daten der Mikroviskosität in Zellen überein [29]. Mit dieser Methode könnten auch die Veränderung der Mikroviskosität in lebenden Zellen zum Beispiel in Krebszellen, bei denen die DNA deutlich aktiver als in gesunden Zellen ist, untersucht werden. Gegebenenfalls können auch auf diese Weise bei einer Operation gesunde von kranken Zellen unterschieden werden.

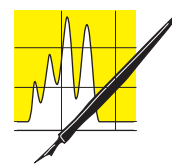
Bei der Messung der Polarisation von Fluorescein in Glycerin habe ich einen Wert von 0,35 gemessen, während Literaturangaben bei 0,4 lagen [21]. Dies kann daran liegen, dass das Glycerin aus der Apotheke etwas Wasser enthielt. Sehr kleine Mengen an Wasser reichen aus, um die Viskosität zu verringern [24].

Die Beschreibung der Reaktionen von SDS mit Rhodamin 6G ergab bei der ersten, Fluoreszenzquenchenden Reaktion zum Komplex 1 sehr gute Werte von K und ΔG° . Dies bezieht sich sowohl auf die Berechnung über die Abnahme der Fluoreszenz, als auch über die Veränderung der Leitfähigkeit. Bei den Leitfähigkeitsmessungen ist die Annahme der Grenzleitfähigkeit für die Bestimmung des Dissoziationsgrades sehr kritisch, die Messungen bei den sehr geringen Leitfähigkeiten im Bereich von $\mu\text{S}/\text{cm}$ erfordern hohe Sorgfalt. Dass ein 1:1-Komplex gebildet wird, konnte auch durch das NMR-Spektrum bestätigt werden. Die Verbreiterung der NMR-Peaks spricht zudem für eine Anlagerung des SDS an den Acridinkörper des Rhodamin 6G auch im polaren Lösungsmittel DMSO.

Beim 2. Komplex war es schwieriger, da hier vermutlich eine kontinuierliche Anlagerung von SDS Molekülen an den Komplex 1 bis zur Micellenbildung statt findet. Dennoch kann aufgrund der eindeutig früheren Steigung der Fluoreszenzintensität im Vergleich zur Steigung der Polarisation gesagt werden, dass es sich um mindestens drei, eventuell in einander übergehende, verschiedene Reaktionsschritte bezogen auf die Einlagerung von Rhodamin 6G in SDS handelt.

Aus der Zunahme der Polarisation kurz nach der Fluoreszenzzunahme kann eine dritte Reaktion vom Komplex 2 mit SDS abgeleitet werden, die wahrscheinlich eine Vorstufe der Micellenbildung darstellt. Damit fungiert Rhodamin 6G als Kristallisationskern für die Anlagerung von SDS auch bei höheren Konzentrationen.

Mit einem Photometer habe ich die Extinktion des Farbstoffs bei 492 nm in Abhängigkeit von der SDS-Konzentration gemessen. Die Werte zeigen eine sehr komplexe Abhängigkeit, insbesondere bei geringen SDS-Konzentrationen. Weitere Messungen mit einem Absorptionsspektrometer sind zusammen mit der Messung der wellenlängenaufgelösten Fluoreszenz



AUFsätze

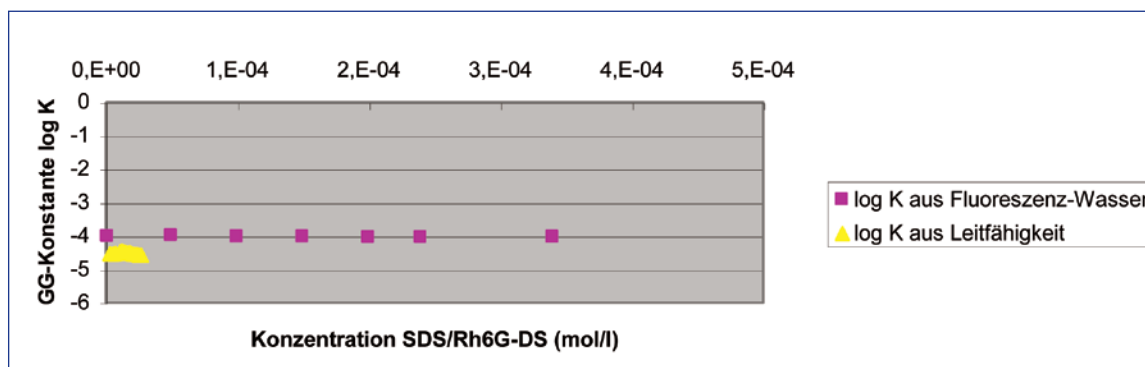


Abbildung 11: Gleichgewichtskonstante K in l/mol bei verschiedenen Konzentrationen an SDS.

notwendig und können Hinweise auf die Anlagerung von SDS-Molekülen im Bereich der CMC geben.

Die CMC kann nach Thorsteinsson an der Steigung der Fluoreszenzpolarisation abgelesen werden, wobei hier auch ein anderer Farbstoff verwendet wurde. Im Vergleich zur Leitfähigkeitsmessung wäre dieser Wert mit 6,6 mmol/l allerdings zu niedrig, sodass sein könnte, dass das Maximum der Fluoreszenzintensität ein Maß für die CMC darstellt ($c = 7,8$ mmol/l). Bei den Polarisationswerten fällt auf, dass der Mittelwert zwischen Anfang des Anstiegs und dem Endwert mit 8,3 mmol/l SDS Konzentration mit der CMC aus den Leitfähigkeitsmessungen übereinstimmt.

Weitere Messungen mit SDS wären sehr interessant, wie zum Beispiel die Temperaturabhängigkeit (Messung der Reaktionsentropie) und die weitere Charakterisierung der stattfindenden Reaktionen.

Mit diesem Fluoreszenzpolarisationsmessgerät steht ein gutes Instrument zur Messung von chemischen Prozessen in biologischen Proben zur Verfügung. Damit kann auch die Auswirkung von Stress auf Bakterienmembranen oder die Stabilität von biologischen Membranen charakterisiert werden [11]. Die Prozesse werden dabei komplexer, so dass unterschiedliche biologische, chemische und physikalische Methoden zum Einsatz kommen müssen, um eindeutige Aussagen treffen zu können.

CLB

Literatur

- [1] Bigelow, C. E.: <http://www.blackwell-synergy.com/doi/pdf/10.1111/j.0022-2720.2004.01357.x>, 11.03.08
- [2] ChemAxon: <http://www.chemaxon.com/product/msketch.html>, 11.03.08
- [3] Dern, T.: http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=964441276&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=964441276.pdf, 11.03.08
- [4] Eimer, W. et al.: <http://www.stanford.edu/group/boxer/papers/paper69.pdf>, 11.03.08
- [5] Grahmann, M.: http://www.uni-frankfurt.de/fb/fb15/institute/didaktik-biowiss/_dokumente/Molekularbiologie.pdf, 11.03.08
- [6] Hoyer, M.: Fluoreszenz im Durchlichtmikroskop, Jugend Forscht Wettbewerb Bayern 2006
- [7] Jahn, L.; Lichte, W.: <http://www.physik.tu-dresden.de/praktikum/gpnp/Anleitungen/PO.pdf>, 11.03.08
- [8] Jellen, Claus P.: http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=965344274&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=965344274.pdf, 11.03.08
- [9] Merck KGaA: <http://www.thyrolink.com/servlet/PB/show/1289130/115931de.pdf>, 11.03.08
- [10] Mialocq, J. C. et al.: Photophysical and photochemical properties of rhodamine 6G in alcoholic and aqueous sodium dodecylsulphate micellar solutions, *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.*, 56, 332-338 (1991)
- [11] Mykytczuk, N.C.S. et al: Fluorescence polarization in studies of bacteria cytoplasmic membrane fluidity under environmental stress; *Progress in Biophysics and Molecular Biology* 2007; 95: 60-82
- [12] Prah, S.: <http://omlc.ogi.edu/spectra/PhotochemCAD/html/acridineorange.html>, 11.03.08
- [13] Prah, S.: <http://omlc.ogi.edu/spectra/PhotochemCAD/html/fluorescein-dibase.html>, 11.03.08
- [14] Rübiger, N.: <http://wasser-wissen.de/abwasserlexikon/k/kritischemizellkonzentration.htm>, 11.03.08
- [15] Raikar, U. S. et al. Steady state time resolved fluorescence polarization behaviour and determination of dipole moments of coumarin laser dye; *Journal of Molecular Structure* 787 (2006), 127-130
- [16] Shaw, A. K. et al.: http://www.bose.res.in/~skpal/papers/AO_DNA_RM.pdf, 11.03.08
- [17] Shen, H. et al.: <http://pubs.acs.org/cgi-bin/abstract.cgi/jpcb/1997/101/i24/abs/jp970105x.html>, 11.03.08
- [18] Stanislaus, J. B.: http://www.chemie.uni-bayreuth.de/pci/de/forschung/gru/html.php?id_obj=28042, 11.03.08
- [19] Terhorst, C.: http://www.qslnet.de/member/dk2yct/Bericht_Kohlrausches_Quadratwurzelgesetz.pdf, 13.03.08
- [20] Thorsteinsson, Marc V et al.: 5-Dodecanoylamino fluorescein as a probe for the determination of critical micelle concentration of detergents using fluorescence anisotropy. *Analytical Biochemistry* 2005; 340: 220 - 225
- [21] Universität Jena: http://www.ipc.uni-jena.de/download/pr_phchsp_fluoreszenzpolarisation.pdf, 11.03.08
- [22] Urbanke, C.; Curth, U.: <http://www.bpc.mh-hannover.de/curth/scripte/resonant.pdf>, 11.03.08
- [23] Vendittis, E. et al.: A Fluorimetric Method for the Estimation of the CMC of Surfactants, *Analytical Biochemistry* 115, 278-286 (1981)
- [24] Weast, Robert C.: CRC Handbook of Chemistry and Physics, Florida, 1987
- [25] Weber, J.C.: http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?idn=975868527&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=975868527.pdf, 13.03.08
- [26] Wikipedia 1: http://de.wikipedia.org/wiki/Gibbs_Energie, 11.03.08
- [27] Wikipedia 2: <http://de.wikipedia.org/wiki/Natriumlaurylsulfat>, 15.03.08
- [28] Wunschhofer, J.: <http://de.wikipedia.org/wiki/Rhodamine>, 11.03.08
- [29] Yamada, S. et al. Mechanics of Living Cells Measured by Laser Tracking Microrheology; *Biophys J*, April 2000, p. 1736-1747, Vol. 78, No. 4

Bei Salmonellen entscheidet der Zufall über die Funktion

Selbstaufopferung als Überlebensstrategie

Einzelne Zellen einer Bakterienpopulation können ihr Leben einsetzen, damit sich die anderen Zellen möglichst gut vermehren. Wissenschaftler beschrieben jetzt am Beispiel von Salmonellen erstmals ein biologisches Konzept, bei dem Aufopferung für andere bis hin zur Selbstzerstörung sowie Zufallsprozesse eine wichtige Rolle spielen.

Bei der Schlacht von Sempach im Jahre 1386 soll der mythische Schweizer Arnold Winkelried ein Bündel Lanzen gepackt und – indem er sich selbst von den gegnerischen habsburgischen Rittern aufspießen ließ – für die Eidgenossen eine Bresche in die feindlichen Linie geschlagen haben. Selbstaufopferung kommt aber nicht nur beim Menschen, sondern auch bei andern Lebewesen, selbst bei einfachen Bakterien, vor. ETH-Biologen aus den Gruppen von Prof. Martin Ackermann und Prof. Wolf-Dietrich Hardt in Zusammenarbeit mit Prof. Michael Doebeli von der UBC in Vancouver zeigten, wie es durch einen molekularen Zufallsprozess bei der Zellteilung dazu kommt, dass die Schwesterzellen von Bakterien neue Funktionen erlangen und sich selbst für andere opfern.

Die Forscher untersuchen dieses außergewöhnliche biologische Konzept am Beispiel von Salmonellen. Salmonellen sind stäbchenförmige Bakterien, welche bei Menschen schwere Infektionskrankheiten hervorrufen können. Am Anfang stehen Salmonellen, welche mit verunreinigter Nahrung – zum Beispiel in Eiern oder Pouletfleisch – aufgenommen werden und in den Darm gelangen. Dort können sie sich aber wegen der Mikroorganismen, die allgemein als „Darmflora“ bezeichnet werden, nur schlecht vermehren. Laut Forscherangaben haben Salmonellen für dieses Problem eine überraschende Lösung entwickelt.

Ein erster Teil der Bakterien verbleibt im Innern des Darms. Ein zweiter Teil der Zellen zeigt ein Verhalten, welches zu ihrer eigenen Zerstörung führt. Sie dringen ins Darmgewebe ein und werden dort durch das Immunsystem getötet. Durch diesen Vorgang wird eine Darmentzündung ausgelöst, welche einen großen Teil der Darmflora eliminiert. Die im Darm verbliebene erste Gruppe erhält dadurch die Gelegenheit, sich ungehindert zu vermehren und die Erkrankung des Wirtes einzuleiten.

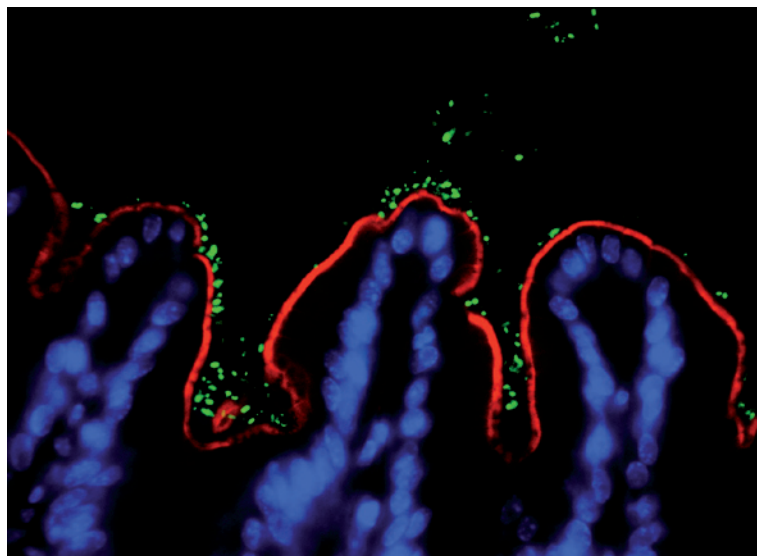
Ob eine Zelle zur ersten selbstaufopfernden oder zur zweiten profitierenden Gruppe gehört, entscheidet sich bei der Zellteilung. Salmonellen vermehren sich rasch durch Zellteilung und bilden genetisch identische Abkömmlinge. Bei der Zellteilung werden Zellbestandteile zufällig auf die beiden Tochterzellen verteilt. Dieser Zufallsprozess führt dazu, dass nicht alle Abkömmlinge dieselben Eigenschaften haben. Zwei Gruppen von Zellen entstehen, welche – obwohl genetisch identisch – durch Arbeitsteilung unterschiedliche Eigenschaften und Verhaltensweisen erlangen können; eine Gruppe dringt ins Gewebe und stirbt, und die andere bleibt im Darm und profitiert. Gerade weil sie genetisch

identisch sind, funktioniert dieses biologische Konzept so gut: Wären sie genetisch unterschiedlich, würde sich der aufopfernde Typ rasch selbst ausrotten. Wie groß der Anteil an Zellen ist, die dann quasi als Winkelried fungieren, ist wahrscheinlich ein genetisch kodiertes Merkmal.

Die Arbeit bietet eine neue Erklärung für die Bedeutung von Zufallsprozessen in der Biologie. Zudem ermöglicht die Studie bisher unbekannt Einblicke in die Biologie von Salmonellen. Ähnliche biologische Konzepte sind wahrscheinlich auch bei anderen Krankheitserregern wie Clostridien und Streptokokken von Bedeutung. Um solche Krankheitserreger wirksam bekämpfen zu können, sei eine umfassende Kenntnis ihrer Biologie notwendig, sagt Ackermann.

Er betont, dass dieses Projekt nur durch die Zusammenarbeit von drei Spezialistengruppen möglich geworden ist. Hardts Gruppe ist auf Salmonellen spezialisiert, Doebeli ist Mathematiker und theoretischer Biologe. Ackermanns Gruppe untersucht molekulare Zufallsprozesse bei der Ausprägung von biologischen Merkmalen.

Originalbeitrag: Ackermann M et al. Self-destructive cooperation mediated by phenotypic noise; Nature 454, 987-990 (21 August 2008).



Salmonellenbakterien (*Salmonella typhimurium*) im Mausenddarm (siehe auch das Titelbild). Die Bakterien sind grün, das Gewebe der Maus ist blau und rot (Bild: Wolf-Dietrich Hardt/ETH Zürich).

Wasserstoffgewinnung mit Hilfe von Licht

Naturähnlicher Katalysator in Polymer stabilisiert

Die Photolyse, das heißt die Spaltung des Wassers durch Licht, ist ein Hoffnungsträger, Wasserstoff – der wohl wichtigste zukünftige Energieträger – energieeffizient zu gewinnen. Ein australisch-amerikanisches Forscherteam hat nun einen Katalysator entwickelt, der eine der notwendigen Teilreaktionen, die Photo-Oxidation von Wasser, effektiv katalysiert. Das Herzstück des Katalysators ist ein manganhaltiger Komplex, der ähnlich in photosynthetischen Organismen vorkommt.

Die Elektrolyse von Wasser besteht aus zwei Teilreaktionen: Im Kathodenraum werden Protonen (positiv geladene Wasserstoffionen) zu Wasserstoff reduziert, im Anodenraum wird durch die

so genannte Oxidation von Wasser Sauerstoff gebildet.

Die größte Hürde auf dem Weg zur photokatalytischen Wasserspaltung war bisher, dass noch kein robuster Katalysator für die Wasseroxidation gefunden werden konnte. Tatsächlich ist der am besten bekannte Katalysator, der Wasser unter Bestrahlung mit sichtbarem Licht sehr effektiv oxidiert, ein manganhaltiges Enzym aus dem Photosyntheseapparat lebender Organismen. Diese Struktur nahmen Robin Brimblecombe und Leone Spiccia von der Monash University (Australien), Gerhard F. Swiegers von der Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO, Australien) sowie G. Charles Dismukes von der Princeton University (USA)

als Vorbild für ihren Photokatalysator.

Es handelt sich dabei um einen Mangan-Oxo-Komplex mit einem kubischen $\{Mn_4O_4\}^{7+}$ -Kern, der von Phosphinatmolekülen eingekapselt und auch als Sauerstoff-Bildungskomplex (OEC) bezeichnet wird. Die eigentliche katalytisch aktive Spezies entsteht, wenn Lichtenergie ein Molekül aus der Kapsel freisetzt.

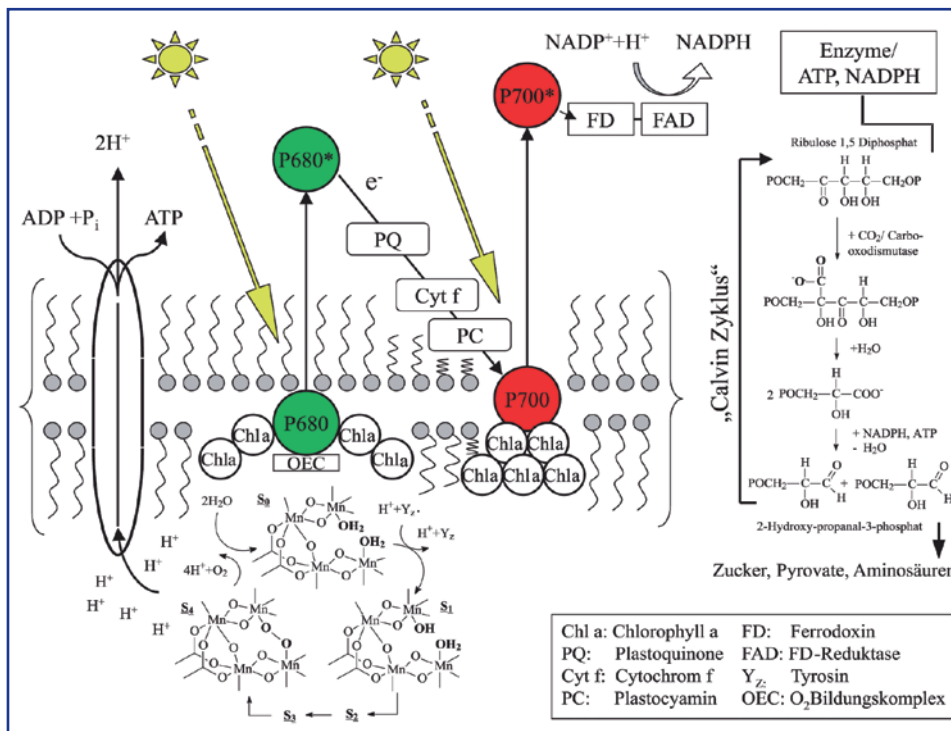
Allerdings ist der Mangan-Komplex nicht in Wasser löslich. Die Forscher umgingen dieses Problem, indem sie eine Elektrode mit einer hauchdünnen Nafion-Membran beschichteten. Eingelagert in die wässrigen Kanälchen dieser Membran wird die katalytische Spezies stabilisiert und kommt mit den Wassermolekülen gut in Kontakt. Bestrahlen mit sichtbarem Licht bei einer angelegten Spannung von 1,2 V führt zu einer effektiven Elektrooxidation von Wasser.

Diese anodische Halbzelle ließe sich einfach mit einer katalytischen wasserstofferzeugenden Kathodenzelle paaren. So soll eine photoelektrochemische Zelle entstehen, die reinen Wasserstoff und Sauerstoff aus Wasser und Sonnenlicht herstellt.

Als allgemeine Summenformel der pflanzlichen Photosynthese gibt man meist folgende Gleichung an: $2H_2O + CO_2 + h \cdot \nu \rightarrow O_2 + (CH_2O) + H_2O$. Die Photosynthese besteht jedoch aus einer Abfolge mehrerer chemischer Reaktionen an einer Vielzahl miteinander interagierender Reaktionszentren.

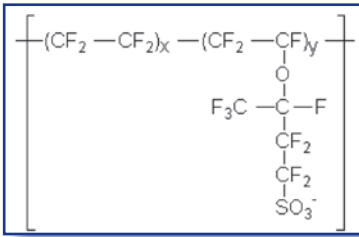
Die Grafik zeigt eine schematische Darstellung der photosynthetischen Einheit einer pflanzlichen Zelle nach R.M. Develin. Der dargestellte OEC-Komplex entspricht dem Modell von G.T. Babcock.

Rechtsseitig ist in Ausschnitten der Calvin-Zyklus der Kohlendioxidfixierung dargestellt (aus der Dissertation von Bernhard Neumann: Entwicklung und Untersuchung einer photoelektrochemischen Membran für eine direkte Wasserstoffgewinnung aus wässrigen Elektrolyten (FU Berlin 2007)).



Anleihe aus der Brennstoffzellenentwicklung

Die Idee mit der Nafion-Membran übernehmen die Forscher von ihren Kollegen der Brennstoffzellenentwicklung. Bei den Polymer-Elektrolyt-Membran-Brennstoffzellen (PEMFC) verwendet man schon länger Nafion-Membranen. In der Membran-Brennstoffzelle wird als Elektrolyt eine Separator-Membran verwendet, um Anode und Kathode auseinander zu halten. Diese Kunststoff-Membran ist zwischen 0,05 und 0,2 Millimeter dünn und hat Eigenschaften, die an eine Haut erinnern. Sie



Aufbau von Nafion.

muss für Gase dicht und zugleich für Protonen und Wasser durchlässig sein.

Nafion ist ein sulfoniertes Tetrafluorethylen-Polymer (PTFE), das in den späten 1960er Jahren bei DuPont (Inhaber des Warenzeichens Nafion) von dem deutschstämmigen Walther Grot als eine Modifikation von Teflon entwickelt wurde. Nafion bildet eine neue Gruppe von Polymeren, den Ionomeren.

Durch die Addition der stark sauren Sulfonsäuregruppen stand mit Nafion erstmals ein

Polymer mit ionischen Eigenschaften zur Verfügung. Es zeigt einige grundlegend von denen des Teflon abweichende Charakteristiken unter Beibehaltung der hohen chemische Resistenz. So ermöglicht es die schnelle Diffusion von Wasser und Alkoholen, ist aber hydraulisch dicht. Es ist selektiv leitend für Protonen und andere Kationen, hat einen Sperrereffekt für Anionen. Zudem hält es Umgebungstemperaturen bis 190 Grad Celsius aus.

Bei den PEM-Brennstoffzellen kann über die gebundenen Sulfonsäurereste des Nafions das Wasserstoffproton zwischen den benachbarten SO_3^- -Resten wandern und so den Ladungstransport bewältigen.

Neben dem Einsatz als Protonen-Austauscher-Membran findet Nafion auch bei der Chlor-Alkali-Elektrolyse als Ionenaustauscher-Membran Verwendung.

Auswertung von Satellitenbildern ergab:

Kühe und Rehe mit Magnetsinn

Kühe haben offenbar einen Magnetsinn für Himmelsrichtungen. Sie stehen keinesfalls orientierungslos auf der Weide. Ähnliches gilt für Rotwild.

Die Zoologen Sabine Begall, Hynek Burda und Julia Neef von der Universität Duisburg-Essen nutzten die gute Auflösung von Google Earth, um die Ausrichtung von mehr als 8500 Kühen auf 308 Weiden aus nahezu allen Kontinenten per Satellitenbild zu studieren. Demnach richten um den Globus Kühe ihre Körperachse zum Gras oder Ruhen in etwa nordsüdlich aus. Inspiriert von dieser Erkenntnis untersuchten tschechische Kollegen der Agrar-Universität Prag und des National-Parks Böhmerwald die Körperachsausrichtung von Reh- und Rotwild. Sie beobachteten die Tiere direkt oder

vermaßen die im Schnee hinterlassenen Körperabdrücke. Es ergab sich ein ähnliches Bild wie bei den Rindern, denn auch Rehe und Hirsche scheinen eine nordsüdliche Richtung zu bevorzugen.

Sonne und Wind konnten als mögliche Faktoren ausgeschlossen werden, so dass das deutsch-tschechische Forscherteam zu dem Schluss kam, das zwar schwache, jedoch allgegenwärtige Magnetfeld der Erde habe einen Einfluss auf die Richtungspräferenz der Wiederkäuer. Sie testeten diese Hypothese, indem sie Satellitenbilder von Orten mit natürlicherweise hoher positiver wie auch negativer Deklination auswerteten. Hier zeigte sich, dass magnetisch Nord deutlich besser die Richtungspräferenz erklärte als geographisch Nord, womit ihre Annahme gestärkt wurde, dass das Magnetfeld eine wichtige Rolle spielt.

Proteine, Gene und Hormone

Lactone können einige bakterielle Enzyme hemmen, darunter auch solche, die für die krankmachende Wirkung der Bakterien relevant sind. Forscher der Ludwig-Maximilians-Universität München hoffen, dass Lactone möglicherweise als Ersatz für nicht mehr wirksame Antibiotika einsetzbar sind.

Bei Alkoholikerinnen ist ein Gen des Endorphinstoffwechsels signifikant häufiger spezifisch verändert als bei gesunden Frauen. Eine Studie der Universität Bonn und des schwedischen Karolinska-Instituts postuliert, dass Frauen mit dieser Genvariante demnach gefährdeter sind, Alkohol-abhängig zu werden.

Fetuin-A, ein von der Leber gebildetes Protein, kann eine Insulinresistenz auszulösen und so für das Entstehen eines Typ-2-Diabetes eine wesentliche Rolle spielen, wie Wissenschaftler des Deutschen Instituts für Ernährungsforschung Potsdam-Rehbrücke (DIFE) und des Universitätsklinikums Tübingen zeigten. Damit könne Fetuin-A nicht nur als Risikomarker eine Rolle in der Diabetesprävention spielen, sondern käme auch als Ansatzpunkt für neue Medikamente in Frage.

Das erste Gen für operantes Konditionieren (lernen) wurde von Neurobiologen der Freien Universität Berlin in der Fruchtfliege *Drosophila* entdeckt. Mit genetisch veränderten Fruchtfliegen wurden Lernexperimente in einem Flugsimulator durchgeführt, um den molekularen Lernprozess nachzuweisen. Das Enzym Proteinkinase C erleichtert das Gewohnheitslernen, das auch beim Suchtverhalten eine Rolle spielt.

Trichoplax adhaerens gilt in der Evolutionsforschung als Ursprungsorganismus aller Tiere. Wissenschaftler der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, der Yale University und des Joint Genome Institute in den USA haben das Genom des Vielzellers entschlüsselt, mit nur 97 Millionen Basenpaaren das kleinste, nicht nachträglich vereinfachte Genom, das bei Tieren bekannt ist.

Das Rauschgift Kokain bewirkt molekulare Umbauprozesse an den Synapsen, bestimmte Protein-Untereinheiten an Rezeptorkomplexen werden ausgetauscht. Ein Forscherteam aus dem Zentralinstitut für Seelische Gesundheit in Mannheim, dem Deutschen Krebsforschungszentrum sowie der Universität Genf zeigten an genetisch veränderten Mäusen, dass einzelne Proteine suchttypische Verhaltensmuster auslösen können.

Die richtige Menge Eph-Rezeptoren an Nervenzellen ermöglicht eine sinnvolle Verknüpfung von Erlebnissen mit Emotionen. Wissenschaftler der Max-Planck-Institute für Neurobiologie und Psychiatrie und des Klinikums Großhaderns haben ein Molekül namens Rin1 identifiziert, das die Menge der Eph-Rezeptoren auf der Oberfläche von Nervenzellen kontrolliert. Die Regulierung der Eph-Rezeptoren durch Rin1 könnte es in Zukunft erlauben, mangelnde Signalübertragung zwischen Nervenzellen zu verbessern oder schädliche Verbindungen (Phobien) zu eliminieren.

Blutzuckerbestimmung

DDG empfiehlt neue Nachweismethode

Die Deutsche Diabetes-Gesellschaft (DDG) hat sich internationalen Empfehlungen zur Standardisierung des Verfahrens angeschlossen und empfiehlt eine neue verbesserte Nachweismethode.

Die langfristige Kontrolle des Blutzuckers ist ein wichtiges Ziel der Diabetes-Therapie. Allerdings können die Messergebnisse – je nach Methode und Labor – unterschiedlich sein. In der Diabetes-therapie wird alle drei Monate der HbA1c-Wert im Labor bestimmt. HbA1c – auch Glykohämoglobin genannt – ist eine Form des roten Blutfarbstoffs Hämoglobin, an den der im Blut vorhandene Zucker gebunden ist. Als Messwert dient der prozentuale Anteil des HbA1c am gesamten Hämoglobin. Bestimmte Prozentwerte sind therapeutische Ziele für Ärzte und Patienten: Die Leitlinien der DDG empfehlen beispielsweise einen Langzeitwert von unter 6,5 Prozent HbA1c am gesamten Hämoglobin, um das Risiko von Spätschäden an den kleinen und großen Blutgefäßen zu verringern.

„Seit vielen Jahren ist allerdings bekannt, dass HbA1c-Ergebnisse, die durch unterschiedliche Methoden und Laboratorien erstellt werden, nicht vergleichbar sind“, meinen Professor Dr. Dirk Müller-Wieland, Asklepios Klinik St. Georg und Leiter des Instituts für Diabetes-Forschung in Hamburg, und Professor Dr. Erwin Schleicher, Medizinische Klinik und Institut für Klinische Chemie/Zentrallabor der Universität Tübingen.

Deshalb ist zur Standardisierung ein einheitliches Referenz- beziehungsweise Bezugssystem wichtig: Die meisten Labors nutzen ein von der American Association of Clinical Chemistry (AACC) entwickeltes Verfahren. Es gibt den HbA1c-Wert als Prozentsatz des Gesamthämoglobins an. Ein neues Verfahren der International Fed-

eration of Clinical Chemistry (IFCC) gilt nun als internationaler Bezugspunkt und gibt das Ergebnis in der internationalen Maßeinheit Millimol pro Mol (mmol/mol) an. Wenn das Ergebnis vom IFCC-Verfahren in Prozent ausgedrückt werden würde, wäre es circa zwei Prozent niedriger als der herkömmliche HbA1c-Wert. Um Verwirrungen zu vermeiden, bleibt das HbA1c bei der Prozentangabe und die internationale Referenz bei mmol/mol. Die tägliche Praxis und die Bedeutung des HbA1c-Wertes bleiben dadurch unverändert.

Die Deutsche Diabetes-Gesellschaft hat sich diesem internationalen Konsens angeschlossen. Für die Patienten bringt der neue Standard eine gewisse Umstellung mit

sich. Neben dem bisher üblichen Prozentwert kann die Angabe auch in Millimol pro Mol erfolgen. Eine Umrechnung in die üblichen Prozentwerte ist jedoch mit einer einfachen Formel möglich.

In der laufenden, bald abgeschlossenen „A1c Derived Average Glucose“ oder ADAG-Studie wird ermittelt, welche durchschnittlichen Blutzuckerwerte den HbA1c-Werten entsprechen. Dieser durchschnittliche Blutzucker wird in Milligramm pro Deziliter – mg/dl – angezeigt. Ein Messwert, den Patienten aus ihren täglichen Blutzuckerbestimmungen kennen. Patienten können dadurch zukünftig ihre HbA1c-Werte mit den Ergebnissen ihrer Selbstmessungen plausibel vergleichen.

Biomarker für Alterungsprozesse des Menschen

Biologisches Alter erkennen

Jetzt ist es Wissenschaftlern, unter anderem vom Max-Planck-Institut für Stammzellforschung in Ulm und der mosaïques diagnostics GmbH, vom Tiermodell ausgehend gelungen, Biomarker zu identifizieren, die bestätigterweise auch indikativ für Alterungsprozesse in menschlichen Zellen sind. Denn ein Anstieg der gleichen Biomarker konnte im Blut von Patienten im Rahmen der Alterung und bei altersassoziierten Erkrankungen nachgewiesen werden.

Diese Erkenntnisse eröffnen neuartige Wege zu Therapieformen, die individuell an das tatsächliche biologische Alter des Patienten angepasst sind. Außerdem könnten Nahrungszusätze, Verhaltensmaßnahmen und pharmakologische Therapien zur Verzögerung von Alternsvorgängen systematisch erprobt werden.

Die Wissenschaftler nahmen bei ihren Untersuchungen die Telomere, die Endstücke der menschlichen Chromosomen, genauer unter Beobachtung. Telomere halten das Chromosom stabil und schirmen es gleichzeitig ab, verkürzen sich jedoch bei jeder Zellteilung um 50 bis 200 Basenpaare. Im Verlauf des Alterwerdens werden sie schließlich so kurz, dass ihre Schutzfunktion verloren geht.

Die Wissenschaftler erforschten, wie sich eine Verkürzung der Telomere in Kombination mit induzierten DNA-Schäden auf Reaktionen innerhalb der Zelle auswirken. Die dabei auftretenden Veränderungen im Proteom der Zelle konnten durch Anwendung von mosaïques' CE/MS-Technologie detailliert abgebildet werden und führten zur Identifizierung von altersabhängigen Biomarkern.

Weitere Schritte der Prionenfaltung aufgeklärt

Umfaltung lässt oligomerisieren – und macht krank

Auslöser von Erkrankungen wie der Creutzfeldt-Jacob-Krankheit, Rinderwahn (BSE) und Alzheimer sind fehlgefaltete Proteine. Unklar ist bis heute, warum sie fehlfalten. Ausschlaggebend für die Krankheitsentstehung scheinen die ersten Schritte der Faltung und der Beginn der Aggregation von Proteinen, die Oligomerisierung, zu sein. Diese Schritte konnten Bochumer und Düsseldorfer Forscher um Prof. Dr. Klaus Gerwert und Prof. Dr. Detlev Riesner jetzt erstmals in der natürlichen Umgebung des Proteins beobachten.

Das Prion-Protein liegt im gesunden Organismus in physiologischer, wohlgefalteter Form vor, besonders im Zentralnervensystem. Wenn sich Prion-Proteine umfalten, können sie sich in fehlgefaltete, infektiöse Prion-Proteine verwandeln. Nach und nach bilden sich so unlösliche Ablagerungen in den Zellen, Amyloidstrukturen, die letztlich zum Absterben der befallenen Zellen führen. Amyloiderkrankungen enden immer tödlich.

Gerwert und Riesner konnten erstmals die Situation in der lebenden Zelle nachstellen, indem sie das Prion-Protein mit seinem eigenen Membrananker an der Zellmembran gebunden untersuchten. Dabei fanden sie zu ihrer großen Überraschung,

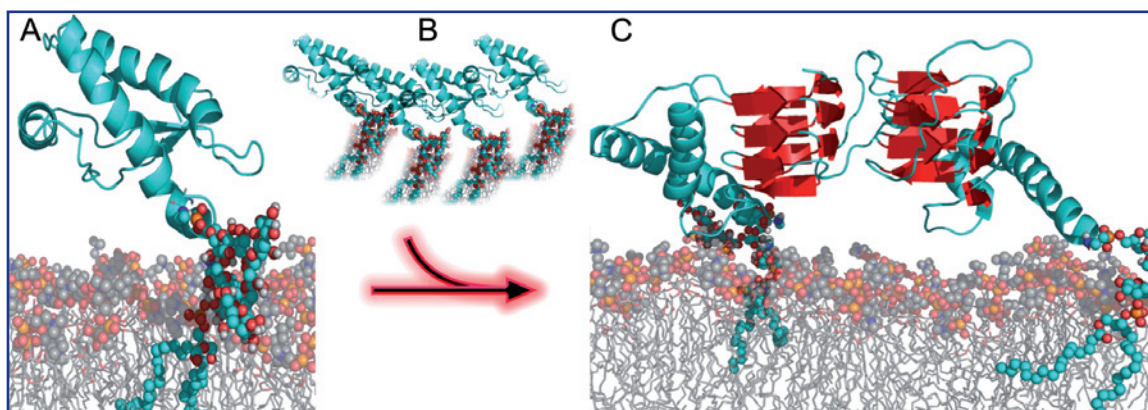
dass das membranverankerte Protein sich an der Membran anders verhält als nicht-verankertes in Lösung, was in bisherigen biophysikalischen Arbeiten im Mittelpunkt stand. Auch die Bestimmung der dreidimensionalen Raumstruktur des Prion-Proteins durch Nobelpreisträger Kurt Wüthrich wurde an ankerlosen Prion-Proteinen durchgeführt. Die Forscher stellten fest: Bei hoher Prion-Protein-Konzentrationen an der Membran werden nicht strukturierte Teile des Prion-Proteins so umgefaltet, dass sich leicht mehrere Prion-Proteine anlagern können. Es bilden sich Beta-Faltblätter aus, an der sich die Proteine leicht passgenau anlagern können, ähnlich zweier Wellblechplatten.

Die Umfaltung scheint also die Oligomerisierung und vielleicht auch die krankmachende Struktur zu induzieren. Eine Struktur des voll glykosylierten Prion-Proteins an der Membran wurde in bisherigen Arbeiten noch nicht beschrieben. Ermöglicht wurde die neue Erkenntnis durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit der beiden Arbeitsgruppen. Das Düsseldorfer Team um Riesner gilt als eins der führenden weltweit in der Prion-Forschung. Die Umfaltungsstudien an den Membranen wurden jetzt in Bochum durchgeführt. Dabei kam eine neue Methode zum Einsatz: das Prion-Protein wurde an ei-

ner Membran verankert, die auf einem ATR-Kristall aufgetragen war.

Mit der ATR-Spektroskopie werden Oberflächenanalysen von Proben möglich, die sich in Kontakt mit einem Kristall mit hohem Brechungsindex bringen lassen. Da die Strahlung direkt an der Grenzfläche des ATR-Kristalls entlang geleitet wird, kommt sie nur mit der Oberfläche der Probe in Berührung. Das Prinzip: Erfolgt zwischen zwei Medien (ATR-Kristall – optisch dichter und Probe – optisch dünner) aufgrund unterschiedlicher Brechungsindizes Totalreflexion, dann fällt die Strahlungsintensität hinter der Grenzfläche nicht abrupt ab, sondern dringt in die Probe ein und pflanzt sich parallel zur Grenzfläche als evaneszente Welle fort. Sie tritt an der Grenzfläche wieder aus und durchdringt den ATR-Kristall. Die Abschwächung des evaneszenten Feldes erfolgt exponentiell mit zunehmendem Abstand von der Grenzfläche. Absorbiert die Probe die Strahlung, beobachtet man eine Schwächung der Totalreflexion und es sind ATR-Spektren messbar. Die Faltung des Proteins wurde mit Strahlung im Infrarotbereich analysiert.

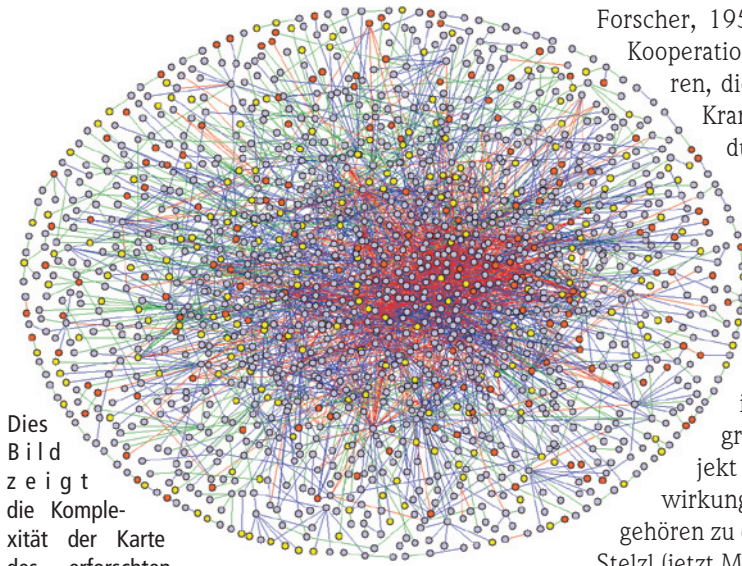
Über die Ergebnisse der Forscher berichtet die aktuelle Online-Ausgabe der Proceedings der National Academie of Science (PNAS).



An fehlgefaltete Prion-Proteine lagern sich weitere an und nehmen ebenfalls die falsche Faltung ein. Es entstehen Ablagerungen, die zum Absterben von Zellen führen (Abb: Uni Bochum).

Trendbarometer Förderungen: Erwin Schrödinger-Preis 2008

Für Karte mit 3200 Protein-Wechselwirkungen



Dieses Bild zeigt die Komplexität der Karte des erforschten menschlichen Protein-Netzwerks (Grafik: Stelzl et al./MDC).

Forschern um Prof. Erich E. Wanker vom Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin (MDC) Berlin-Buch war es in den vergangenen Jahren gelungen mit über 25 Millionen einzelnen Experimenten eine Karte aufzubauen, auf der 3200 Protein-Wechselwirkungen zwischen 1700 Proteinen dargestellt sind. Dafür erhielt das Team jetzt den Erwin Schrödinger-Preis. Er ist mit 50 000 Euro dotiert.

In ihrer Arbeit konnten die Forscher, 195 Proteine und ihre Kooperationspartner identifizieren, die mit verschiedenen Krankheiten in Verbindung gebracht werden und 342 bisher nicht charakterisierte Proteine bekannten Signalwegen zuordnen. Die Studie ergänzten die Wissenschaftler inzwischen um ein großes Datenbankprojekt zu Proteinwechselwirkungen. Neben Wanker gehören zu dem Team Dr. Ulrich Stelzl (jetzt Max-Planck-Institut für Molekulare Genetik, Berlin), Dipl.-Ing. Christian Hänig (MDC), M.Sc. Gautam Chaurasia (Humboldt-Universität zu Berlin und MDC) sowie Dr. Matthias Futschik (Charité - Universitätsmedizin Berlin).

Die umfangreichen Untersuchungen zu menschlichen Protein-Wechselwirkungen waren nur mit einer speziellen von Wanker und Stelzl entwickelten Technologie möglich: dem automatisierten Hefe-2-Hybrid-System. Bei dieser Methode werden Hefezellen eingesetzt, um die Bindungspartner der Proteine zu identifizieren.

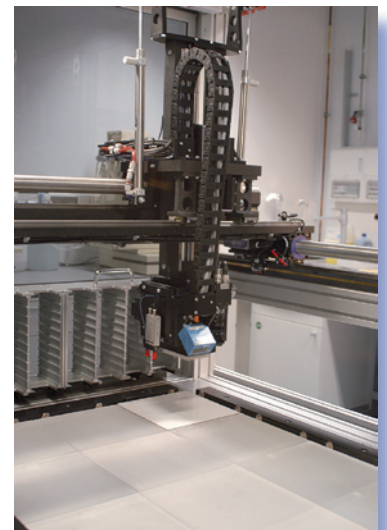
Die Forscher hoffen, mithilfe der erstellten Karte auch Krankheiten zukünftig besser zu verstehen und neue Therapieansätze zu entdecken. So fanden sie zum Beispiel neue Interaktionspartner des Proteins Emern (EMD): Eine mutierte Form

des EMDs verursacht eine seltene und sehr schmerzhafte Form der Muskelschwäche, die Emery-Dreifuss Muskeldystrophie.

Das international einmalige Projekt konnten die Forscher mithilfe des Nationalen Genomforschungsnetzes (NGFN) realisieren – ein vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) initiiertes medizinisches Großprojekt.

Bisherige Arbeiten, für die der Erwin Schrödinger-Preis vergeben wurde, waren: Analyse der Strategien von Bakterien in komplexen, natürlichen Umgebungen (2007); eine neuartige Heizung für den Fusionstestreaktor ITER (2006); therapeutische Gehirnstimulation mit Methoden nichtlinearer Dynamik (2005); Trennung von Nanoröhren unterschiedlichen Typs (2004); Dynamik von Ca^{2+} in lebenden Zellen (2003); Effizienzsteigerung bei der Herstellung von Öl-Wasser-Mischungen (2002); Mikrobielle Quecksilberentfernung (2001); Wegweiser der Immunabwehr (2000); Vorbereitung, Entwicklung und klinische Einführung der Krebstherapie mit Ionenstrahlen (1999).

Nur vollautomatisiert mit solchen Robotern können Forscher über 25 Millionen Experimente in kürzester Zeit durchführen, um festzustellen, welche Proteine miteinander wechselwirken (Photo: Hänig/MDC).



Ein Preis entsteht

Der Wissenschaftspreis des Stifterverbandes - Erwin Schrödinger-Preis zeichnet herausragende wissenschaftliche oder technisch innovative Leistungen aus, die in Grenzgebieten zwischen verschiedenen Fächern der Medizin, Natur- und Ingenieurwissenschaften erzielt worden sind und an denen Vertreterinnen und Vertreter mindestens zweier Fachrichtungen mitgewirkt haben. Der Preis wurde der Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren vom Stifterverband für zunächst fünf Jahre zur Verfügung gestellt. Der Preis ist mit bis zu 50 000 Euro dotiert. In der Verwendung des Preisgeldes sind die Preisträger frei. Der Preis wird jährlich im Rahmen der Helmholtz-Jahrestagung offiziell übergeben. Die erste Preisverleihung erfolgte am 25. November 1999. Nach Ablauf der fünfjährigen ersten Vergabeperiode hat der Stifterverband beschlossen, den Preis in unveränderter Form weiterzuführen, jedoch von einem einjährigen auf einen zweijährigen Vergabeturnus überzugehen. Die Helmholtz- Mitgliederversammlung hat daraufhin beschlossen in den Zwischenjahren den Preis zu dotieren, so dass im Einverständnis mit dem Stifterverband der Preis weiter jährlich vergeben wird: abwechselnd dotiert vom Stifterverband und der Helmholtz-Gemeinschaft.

Bildgebende NIR-Spektroskopie in Chemie und Pharmazie

Bei der Herstellung von pharmazeutischen Produkten, besonders bei Tabletten und Kapseln, ist es nicht nur wichtig die Komponenten nach der Produktion zu identifizieren, sondern diese auch örtlich zu quantifizieren.

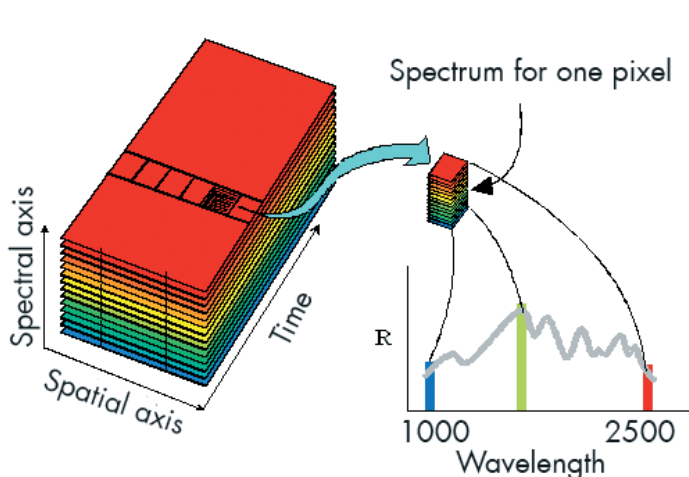
Specim, einer der führenden Hersteller von Spektalkameras, hat eine Methode entwickelt, die nicht nur mit einer genauen spektralen Auflösung im Nanometerbereich analysieren kann, sondern zusätzlich eine zweidimensionale Analyse der Tablette oder Kapsel in kürzester Zeit ermöglicht.

Basis ist die moderne Technik der bildgebenden Spektroskopie (Hyperspectral Imaging), bei der die Tablette zeilenweise aufgenommen, mit dem Specim Spektrografen Punkt für Punkt spektral zerlegt und in der angeschlossenen Kamera erfasst wird. Dadurch entsteht mit der Bildrate der Kamera, die typisch bei 100 Bildern pro Sekunde liegt, ein hochaufgelöstes Spektrum der jeweiligen Zeile der Tablette. Durch Verschieben der Tablette kann sie innerhalb von Sekunden komplett

abgescannt und spektral dargestellt werden. Der Scan selbst dauert nur wenige Sekunden, so dass eine manuelle Analyse mehrerer Tabletten nur eine Minute dauert.

Die neue Spektalkamera zur pharmazeutischen Analyse kann in unterschiedlichen Ausbaustufen angeboten werden, beginnend mit dem hochauflösenden Spektrografen im nahen und kurzwelligem Infrarot.

In der Kombination mit einer leistungsfähigen MCT- oder InGaAs-Kamera ergibt sich bereits eine komplette Spektalkamera. Die höchsten Ausbaustufen sind das komplette pharmazeutische Laboranalyzesystem oder ein Pharma-Online-Überwachungssystem.



Das neue NIR Hyperspectral Imaging-System wurde bereits erfolgreich im Labor eines führenden europäischen Medikamentenherstellers eingesetzt.

L.O.T-Oriel GmbH & Co. KG
64293 Darmstadt
Tel 06151 8806 497
Fax 06151 8806 64
www.LOT-Oriel.com/de

Erfolgreiche Seminare „Peptide: Von der Synthese zur Analyse“

Eine erfolgreiche Seminarreihe veranstalteten die Firmen CEM und Varian im August. Sie stellten das Thema „Peptide: Von der Synthese zur Analyse“ in den Vordergrund und kombinierten die Fachvorträge zu diesen Themen mit einer Geräteausstellung, wo die Seminarteilnehmer selber Hand anlegen konnten. CEM stellte die Vorteile der Peptid-Synthese unter Mikrowellenwirkung vor. Die organischen Reaktionen laufen bei Verwendung von Mikrowellenenergie in wenigen Minuten ab, anstelle von Stunden, wie es bei der traditionellen Methode üblich war. Außerdem ist eine erhöhte Reinheit sowie eine Unterdrückung der Racemisierungen zu beobachten. Es konnte auch gezeigt werden, das besonders schwierige Sequenzen und besonders langkettige Peptide in der Mikrowelle darzustellen sind. So wurde kürzlich von der Synthese eines Peptides mit einer Rekordlänge von über 100 mer berichtet, die ausschließlich im Liberty erfolgen konnte.

Das neue 940-LC HPLC System von Varian eignet sich für analytische HPLC Läufe und präparative Aufreinigungen, sodass die Methodenentwicklung und die Aufreinigung an einem Gerät durchgeführt werden kann. Mit dem neuen System IntelliFlash 310 sind schnelle Aufreinigungen über Flashchromatographie für Proben bis in den Multigrammmaßstab automatisiert möglich. Die von Varian vorgestellten PS Harze finden sowohl Verwendung in der Peptidsynthese (weiche Gele) als auch bei der Aufreinigung der Peptide (hochvernetzt). Der Vorteil der pH 1-14 stabilen PL-RPS-Phasen liegt

vor allem in der Reduzierung der notwendigen Reinigungsdurchläufe. Das führt zu Zeit- und Kostengewinn.

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



Vakuumsystem mit Fernbedienung und Steuerung über PC

Bisher nicht gekannte Flexibilität im Labor schafft das Vakuumsystem SC 920 von KNF Lab: Dank einer Fernbedienung über Funk muss das System nicht in der Nähe der Prozessapparatur aufgestellt werden. Vielmehr lässt es sich in Labormöbeln verstauen oder ohne lästige Kabeldurchführung in einem Laborabzug platzieren.

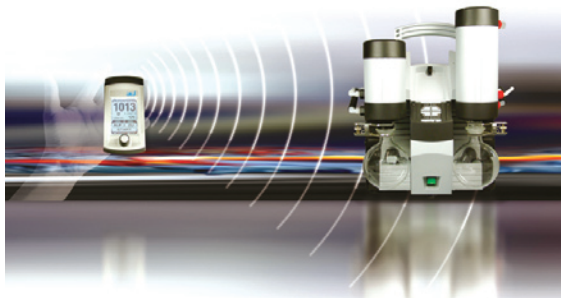
Über die drahtlose Fernbedienung mit intuitiver Benutzerführung wird

das Vakuumsystem bedient und können ablaufende Prozesse kontrolliert werden. Vier Betriebsmodi stehen zur Verfügung: Abpumpen, Druckregelung, Automatik (das System sucht selbstständig den Dampfdruck der Probe) und eine individuelle Druckfunktion, in der der Druck nach einem durch den Benutzer vorgegeben Profil geregelt wird. Aus allen Modi kann jederzeit in den manuellen Betrieb gewechselt werden.

Das Vakuumsystem umfasst eine Vakuumpumpe mit elektronischer Regelung, einen Abscheider an der Saugseite, einen Hochleistungs-Kondensator mit Abscheider an der Druckseite sowie das Hand-Terminal zur Fernbedienung. Zusätzlich ist im Lieferumfang eine Software enthalten, mit der das Vakuumsystem auch von einem PC aus bedient werden kann. Besonderheit dabei: Druckverläufe las-

sen sich speichern und später wieder aufrufen.

Kurze Prozesszeiten sind eine auffällige Eigenschaft des neuen Vakuumsystems, zurückzuführen auf eine intelligente Druckregelung und das patentierte Membran-Stabilisierungssystem der Pumpe. Das Endvakuum des sehr leisen arbeitenden Vakuumsystems beträgt 2 mbar absolut, die maximale Förderleistung 20 Liter pro Minute. Alle gasführenden Teile sind aus chemisch beständigen Materialien gefertigt.



KNF Neuberger GmbH
79112 Freiburg
Tel +49 7664 5909 0
Fax +49 7664 5909 99
www.knf.de

25 Jahre Fritsch-Lasertechnik

Seit 25 Jahren ist Fritsch auch im Bereich Hightech-Lasertechnologie tätig. 1985 haben wir mit dem patentierten Fritsch-Messverfahren die Laserbeugung im konvergenten Laserstrahl eingeführt und damit die Messgenauigkeit stark erhöht. Erst diese Technik hat die stufenlose Anpassung des Messbereiches und eine bis dahin unerreichte Anzahl von Messkanälen möglich gemacht.

Die Analysette 22 Compact ist für die Analyse von Probenmaterialien geeig-

net, deren Partikelgröße im Bereich von 0,3 bis 300 µm liegt; und das Einstiegermodell für alle, die vom klassischen Sieb- und Sedimentationsverfahren auf die Laserbeugung umsteigen. Es werden 3 Versionen angeboten:

- Gerät zur Nass-Dispergierung: Zur Messung auch von schwer zu dispergierenden Proben ohne Zusatzgeräte bei einer Probenmenge ab etwa 0,1 bis 2 cm³.

- Gerät zur Trocken-Dispergierung: Für die schnelle und sichere Aufbereitung trockener Proben ab 5 bis 50 cm³ in frei programmierbaren, vollautomatisch gesteuerten Messabläufen. Alles, was Sie brauchen, sind ein Anschluss für öl-, wasser- und partikelfreie Druckluft mit mindestens 5 Bar Druck und 8 m³/h Luftmenge und eine zusätzliche Luftabsaugung.

- Kombi-Gerät zur Nass- und Trocken-Dispergierung: Beide Dispergier-Module in einem Gerät für volle Flexibilität.

Alle Vorteile auf einen Blick:

- einfache Ein-Tasten-Bedienung
- zur routinemäßigen Partikelgrößenanalyse im Labor und in der Produktion
- vorprogrammierbare Messabläufe und einfaches Abrufen per Taste
- problemlose Anpassung der Ergebnisse an klassische Verfahren
- individuelle Programmierbarkeit für große Flexibilität
- sichere Reproduzierbarkeit
- Messbereichswechsel ohne Umbau
- Prüfung nach ISO 13320-1

Die Analysette 22 Compact gibt es jetzt als einmalige Jubiläums-Edition: 25 Geräte – 25% reduziert.



Fritsch GmbH
55743 Idar-Oberstein
Tel 0 67 84 70 146
Fax 0 67 84 70 11
www.fritsch-laser.de

Bezugsquellenverzeichnis

ANALYSEN

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

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

ARBEITSSCHUTZARTIKEL



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

CHEMIKALIEN



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

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

DEUTERIUMLAMPEN



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

DICHTUNGSSCHEIBEN AUS GUMMI MIT AUFVULKANISIERTER PTFE-FOLIE

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

FTIR-SPEKTROMETER-ZUBEHÖR



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

GEFRIERTROCKNER

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

GEFRIERTROCKNUNGSANLAGEN



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

HOHLKATHODENLAMPEN



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

KÜHL- UND TIEFKÜHLGERÄTE



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

KÜVETTEN

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

LABORCHEMIKALIEN



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

LABOREINRICHTUNGEN



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

LABOREINRICHTUNGEN

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

LABORHILFSMITTEL



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

LABOR-SCHLÄUCHE UND -STOPFEN AUS GUMMI

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

LABORZENTRIFUGEN, KÜHLZENTRIFUGEN



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



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

LEITFÄHIGKEITS-MESSGERÄTE



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

MIKROSKOPE



Labor- und Routine-
Mikroskope
Stereolupen und
Stereomikroskope

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

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

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

OPTISCHE TAUCHSONDEN

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

PARTIKELANALYSE



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

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

384

Aufgaben der analytischen Chemie

riums kommt dem Produktionsbetrieb und dem Verarbeiter der chemischen Erzeugnisse zugute; sie gestattet nämlich einen weitergehenden Einblick in den Produktionsablauf und damit die Vermeidung von Betriebsstörungen oder anderen Ausfällen.

Genauigkeit und Zuverlässigkeit

Eine wichtige Pflicht darf der Analytiker nicht vernachlässigen, nämlich sich selbst und dem Analysenempfänger die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Analyse klar zu machen. Eine Überbewertung der Analysengenauigkeit hat schon oft bei Forschungsarbeiten und bei Betriebsstörungen verwirrend und hemmend gewirkt. Eine planlose Schätzung des Analysefehlers ist auch bei großer Erfahrung unzulässig. Der Analysefehler soll vielmehr für jede wichtige Bestimmung mit Hilfe der mathematischen Statistik exakt berechnet werden. Dies kann über die „Standardabweichung“ etwa nach dem Entwurf DIN 51 849¹⁾ oder nach den in den „Logarithmischen Rechentafeln“ von Küster-Thiel-Fischbeck, Abschnitt „Fehlerrechnung“, gemachten Vorschlägen geschehen.

Die Aufgaben der Analytischen Laboratorien gehen über die eigentliche „Versandkontrolle“ mehr oder weniger weit hinaus. Ihr Umfang wird von der Produktionsart, von der Organisation des Betriebes, von den Wünschen der Geschäftsführung und von der Persönlichkeit des Analytikers abhängig sein. Das Analytische Laboratorium wird die eingehenden Rohmaterialien kontrollieren, für das Kraftwerk die erforderlichen chemischen Untersuchungen durchführen und das Abwasser analysieren. Es wird neue Analysenverfahren und häufig auch Laboratoriumsarbeiten übernehmen müssen, die mit der eigentlichen analytischen Chemie nichts gemeinsam haben. Gerade die Vielseitigkeit der Aufgaben, die Zusammenarbeit mit allen oder vielen Produktionsbetrieben des Werkes bei normalem und bei gestörtem Ablauf der Erzeugung macht die Tätigkeit im Analytischen Laboratorium so interessant. Anerkennung findet die analytische Tätigkeit durch ihre zunehmende Unentbehrlichkeit für den Produktionsablauf und für die Forschung. Der Wert der Arbeit im Analytischen Laboratorium ist aber nicht nur vom Ideenreichtum des Analytikers, von seiner Geschicklichkeit und seinem Fleiß abhängig, sondern weitgehend auch von seiner Genauigkeit, Ehrlichkeit und Zuverlässigkeit.

¹⁾ Vgl. Erdöl u. Kohle 6, 557 [1953].

Aufgaben der analytischen Chemie 379

DIN 51751

Bestimmung des Siedeverlaufs von Ottokraftstoffen und Benzinen
(ausgenommen Naturgasbenzin)

Beispiel einer Analysenvorschrift

Zu den Normblättern DIN 51751 Ausgabe Oktober 1950 sind so viele Änderungsvorschläge eingegangen, daß der vorliegende **Anderungs- und Ergänzungs-waecher (festgelegt am 1. Februar 1954)** herausgegeben werden muß. Diese Norm ist in Anlehnung an Method D 86-46 der American Society for Testing Materials (ASTM) aufgestellt (zu beziehen durch den Deutschen Normenausschuß).

1 Anwendungsbereich
Ottokraftstoffe und Benzine aller Art (ausgenommen Naturgasbenzin), Leichtöl.

2 Zweck der Bestimmung
Der Siedeverlauf gibt einen Hinweis auf das Verhalten des unteren Siedebereiches bei der Anwendung.

3 Erläuterung des Begriffs
Der Siedeverlauf gibt die Abhängigkeit der Temperatur (in Celsiusgraden) von der Destillatmenge (in Volumprozenten) an, die sich ergibt, wenn das unten beschriebene Gerät benutzt und die festgelegten Betriebsbedingungen bei der Destillation eingehalten werden.

4 Maßanzahl
Volumprozent, Celsiusgrade

5 Probenahme
Nach DIN 51750

6 Gerät
6.1 Kolben (siehe Bild 1) mit 100 ml fester Destillatkapazität (Eingießkolben) und besitzt einen Rauminhalt von etwa 130 ml.

6.2 Kühler (siehe Bild 2)
Das Kühlrohr aus naphthalenbenzol soll so eingebaut werden, daß es sich in Berührung mit dem Kühlmedium befindet. Das Kühlrohr soll innerhalb des Kühlbades einen bestimmten Verlauf haben. Die Rohlänge gestreckt 200 mm.

6.3 Gasbrenner oder elektrischer Heizkörper

innerhalb des Schutzgehäuses befestigt. Auf dem Stativring des Schutzgehäuses ist ein 150 mm x 6 mm groß ist und die darunter liegende Bohrung in das Innere des Gehäuses paßt. Der Stativring befindet sich konzentrisch unter der großen Öffnung der unteren Abseite des Schutzgehäuses.

Bild 1
Bild 2

Abseiteplatte. Der Kolben wird durch die Öffnung der kleineren oberen Abseiteplatte direkt erhitzt.

Aufgaben der analytischen Chemie 382

Automatisierung auch der Chemischen Analyse

Auch in die analytische Chemie findet die allgemein in der Technik angestrebte Automatisierung mehr und mehr Eingang. Auf die schon in großem Umfang verwendeten registrierenden Analysengeräte, die laufend die Dichte, den Brechungsindex, die Lichtabsorption, den Säure- und Alkaligehalt, den Gehalt an Cl^- , SO_4^{2-} , die Wasserhärte, die Zusammensetzung von Gasen und vieles andere ermitteln und aufzeichnen, sei hier nicht eingegangen, da sie vorwiegend im Betrieb, aber kaum im Laboratorium eingesetzt werden.

Es werden aber auch für den Gebrauch im Laboratorium schon serienmäßig, allerdings noch recht teure, weitgehend automatische Geräte zur Ausführung potentiometrischer Titrations hergestellt. Man gibt die zu titrierende Lösung in den Titrationsbecher und füllt die automatische Bürette mit der Normlösung. Dann öffnet man den Bürettenhahn, und das auf die vorgesehene Analysenart eingestellte Gerät stellt den Auslauf der Normlösung automatisch im Äquivalenzpunkt ab, ein Verfahren, das bei Serienanalysen eine ganz erhebliche Zeitersparnis, aber auch mit der Ausschaltung subjektiver Fehler eine größere Zuverlässigkeit und Genauigkeit bringt.

In der amerikanischen Literatur ist ein Massenspektrometer (Abb. 4) mit angeschlossenen Auswertungsgerät und einer elektronischen Rechenmaschine beschrieben, das unter bestimmten Bedingungen an einem 8-Stunden-Arbeitstag bei 2 Mann Bedienung bis zu 30 Gasproben (vor allem Kohlenwasserstoffe) automatisch analysiert, die Analyse ausgewertet und das Resultat berechnet und so in jeder Probe etwa 20 Einzelbestandteile ermittelt.

Ich halte auf Grund eigener Erfahrungen die Ansicht, die automatischen Analysengeräte und die Schnellmethoden machten einen Teil der Laborbelegschaft arbeitslos, für durchaus abwegig. Einmal benötigen auch diese Geräte zur Einführung und Bedienung der menschlichen Wartung. Weiterhin wird mit zunehmender Schnelligkeit und Sicherheit der Analysenausführung und der Möglichkeit, zahlreiche Komponenten zu bestimmen, die eingehende Probenzahl erhöht werden. Die durch Einführung von automatisch arbeitenden Analysengeräten bei gleicher Belegschaftsstärke erreichte Mehrleistung des Analytischen Laboratoriums.

Zu nebenstehender Abb. 4: Arbeit am Massenspektrometer. Das Massenspektrometer analysiert weitgehend automatisch Proben von 10 bis 15 Bestandteilen. Die eigentliche Analyse dauert etwa 20 Minuten, die Berechnung des Ergebnisses mit hochwertigen Rechenmaschinen dagegen oft mehrere Stunden. (Aus „Lichtbogen“ 4, 13 [1955]; vgl. diese Ztschr. 6, 319 [1955].)

Aufgaben der analytischen Chemie 380

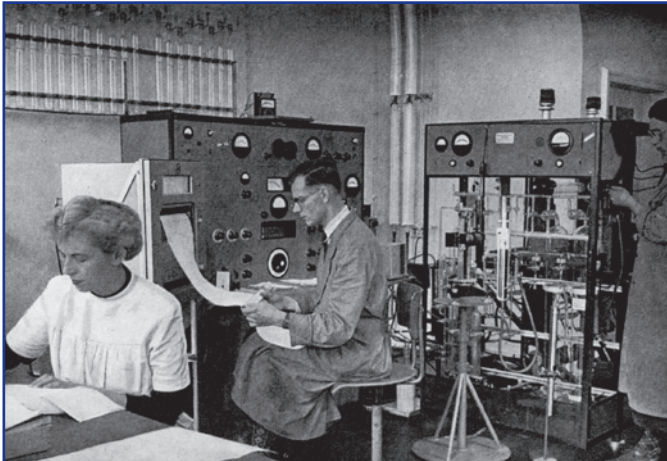
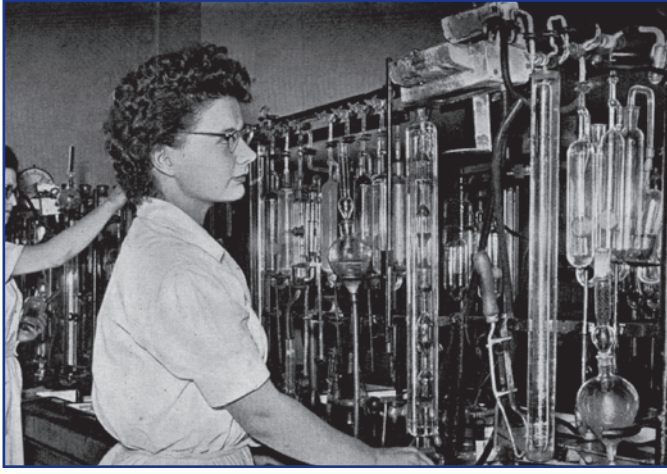
schen Chemie sind vielfach verlassen worden. Dies gilt sowohl für den chemischen Ablauf der Reaktionen, als auch für die Verwendung der Analysengeräte. Man denke an die durch organische Reagentien erreichte Vereinfachung bei der quantitativen Bestimmung anorganischer Kationen. Die zeitraubenden gravimetrischen Methoden sind mit der Einführung von Dithizon, Oxycincholin und der Komplexe in die anorganische Analyse durch maßanalytische oder kolorimetrische, vielfach für bestimmte Metalle spezifische Analysenverfahren ersetzt worden. Die Ermittlung von Metallspuren ist durch die organischen Reagentien, die in organischen Lösungsmitteln lösliche Metallverbindungen eingehen, erheblich vereinfacht worden.

Auch bei organischen Chemikalien spielt die Spurenbestimmung eine große Rolle, da vielfach schon sehr geringe Verunreinigungen ein nachfolgendes chemisches Verarbeitungsverfahren oder den Wert von Fertigprodukten erheblich beeinflussen. Der Analytiker vermag heute in organischen Substanzen durch Verbrennungs- oder Aufschlußverfahren organisch gebundene Halogene oder Schwefel noch bis zu 1 mg auf 1000 g, also 0,0001% herab mit einer Genauigkeit von etwa 0,1 mg zu bestimmen.

Die Geräteindustrie hat nicht nur für die Bestimmung der physikalischen Konstanten, sondern auch für die Vereinfachung der ursprünglich rein chemischen Analysen betriebssichere Instrumente gebaut. Man denke nur an die modernen Schnell-Analysenwaagen, die Potentiometer, Kolorimeter, Photometer, Polarographen, die Ultraviolet- und Ultrarotspektalapparate und viele andere heute unentbehrliche physikalische Hilfsmittel der Analytischen Laboratorien.

Besonders bei der Untersuchung von Gemischen organischer Verbindungen hat sich die Kombination mehrerer physikalischer Methoden als vorteilhaft erwiesen. Erinnerung sei daran, daß z. B. in einem Gemisch, das nur aus Kohlenwasserstoffen besteht, die Aliphaten und Naphthene neben Aromaten durch Bestimmung der Brechungsindizes und der Dichte, bzw. der spezifischen Dispersion, ermittelt werden können. Bei vielen physikalischen Methoden, selbst bei der Spektralanalyse, wird eine chemische oder physikalische Anreicherung der gesuchten Nebenprodukte den Analysengang vereinfachen und das Resultat sichern.

Zu nebenstehender Abb. 3: Bei der Serienanalyse im Analytischen Laboratorium. (Aus „Lichtbogen“ 4, 12f. [1955].)





Die **GERBU** Biotechnik GmbH mit Sitz in Gaiberg bei Heidelberg sucht ab sofort eine/n

Chemotechniker/in oder Chemielaborant/in oder CTA

als

Leiter eines kleinen Laborteams

in einem Labor in Heidelberg-Wieblingen. Fähigkeit zur selbstständigen Arbeit, Belastbarkeit sowie Einsatzfreudigkeit sind Voraussetzungen für die Tätigkeit, ebenso gute Englischkenntnisse. Ebenfalls notwendig sind Kenntnisse in der Lagerhaltung, in Konfektionierung, Analytik, Arbeitssicherheit. Ein PKW-Führerschein ist erforderlich.

Die Bewerberin / den Bewerber erwartet ein vielseitiges Aufgabengebiet im Bereich Chemie/ Biochemie. Wünschenswert sind labortechnische Erfahrungen in kleinen- oder mittelständischen Unternehmen in Analytik, Erfahrungen mit Anforderungen nach ISO9001 sowie Erfahrungen in der Versandabwicklung. Ein selbstständiger Umgang mit Windows als PC-Betriebssystem sowie der MS Office-Programmsuite wird vorausgesetzt.

Die Stelle ist unbefristet; die wöchentliche Arbeitszeit beträgt 40 Stunden.

Bitte senden Sie ihre Bewerbungsunterlagen an die u.g. Adresse, zu Händen der Geschäftsführung, Frau Jivka Grubhofer.

Wir würden uns freuen, Sie in unserem Team begrüßen zu dürfen.

GERBU Biotechnik GmbH

Am Kirchwald 6
D-69251 Gaiberg
Telefon 06223 - 95130
Telefax 06223 - 951319
e-mail gerbu@t-online.de
net: <http://www.gerbu.de>