

CLB

Chemie in Labor und Biotechnik

Analytik

Biotechnik

Optimierte Prozesse

Komplexe Materialien

Maßgeschneiderte Moleküle

Menschen und Chemie

Aus- und Weiterbildung

100 Mpc/h

25 Mpc/h

1 Gpc/h

5 Mpc/h

- Proteinarrays
- Borrelioseforschung
- Elektroorganische Synthese
- Fluoreszenz-Proteine

Halbmikrotechnik in England. Die großen Vorteile der halbmikro- und mikrotechnischen Arbeit werden auch in England gewürdigt und ausgenutzt. Spezialsätze von Geräten für halbmikrochemisches Arbeiten sind dort in genormter Ausführung käuflich im Handel. Hersteller ist die Firma „Quickfit“ (den Namen könnte man deutsch etwa übersetzen mit „paß schnell“). Alle Apparate sind auf einem Trägerbrett montiert (s. Abb.). Man erkennt von links nach rechts unten links das Wasserbad, ein Becherglas mit seitlichen Glashaken, an denen die Spitzgläser mittels Gummiband befestigt werden können. Darüber eine Tropfpipette im Zentrifugen-glas. Rechts daneben ein Herzkolben mit aufgesetztem *Liebigkühler* für Kochen unter Rückfluß. Kompliziertere Reaktionen lassen sich im folgenden Gerät ausführen: Herzkolben mit drei Schläffen. Aufgesetzt sind Tropftrichter und Rückflußkühler. Durch den mittleren Tubus, der im Bild mit einem Glasstopfen verschlossen ist, kann gegebenenfalls ein Rührer eingeführt werden. Das große Reagenzrohr mit Rührstab, das etwa in der Mitte des Bildes sichtbar ist, wird im Katalog als „boiling tube“ = Kochröhren bezeichnet, es dient zur Ausführung einfacher Reaktionen und als Schmelzpunktsapparat.

Rechts vom Kochröhren befindet sich der Extraktor für feste Stoffe. An dem schwach sichtbaren Glasfortsatz des Kühlers (unterhalb des Schließes) kann eine Papierhülse mit der zu extrahierenden Substanz angebracht werden. Der darüber sichtbare, von einem

Thermometer überragte Schließ gehört zu der auf der Rückseite des Brettes angebrachten Destillationsapparat. Zum Auffangen der Fraktionen werden die unter dem Kühlerende gerade noch sichtbaren Spitzröhren verwendet. Die Röhren sitzen in einer drehbaren Platte, so daß man für den Vorlagenwechsel nur einfach eine Scheibe zu drehen braucht.

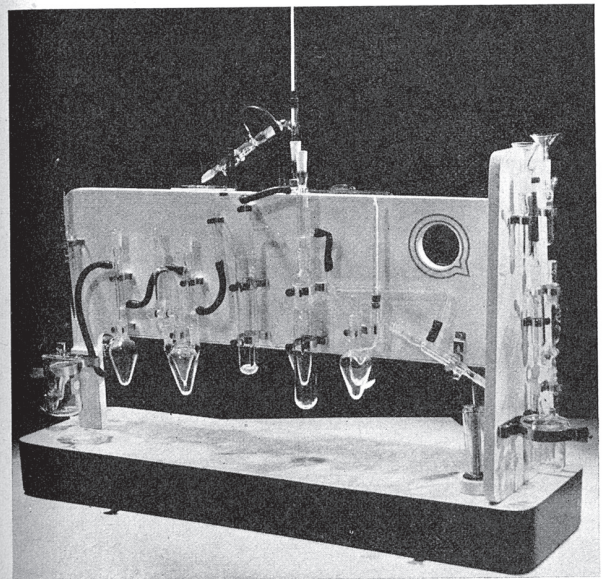
Destillationen unter Normaldruck und unter Vakuum können mit dem rechts sichtbaren *Claisenkolben* ausgeführt werden.

Die rechte Stirnseite des Brettes trägt Zusatzgeräte. Oben zwei fertig montierte Geräte zum Filtrieren mit Vakuum, bestehend aus einem Trichter mit Schließ, *Willstätterschem* Glasnagel und Absaugeröhren. Letzteres ist sehr praktisch konstruiert, mit nach oben gebogenen Anschlußrohr für das Vakuum. Man vermeidet dadurch, daß bei zu schnellem Arbeiten Filtrat in die Vakuumleitung gerissen wird. Ein ebensolches Absaugeröhren wird auch für das Kapillarfilter nach *Schwinger* verwendet, das zwischen den Absaugtrichtern aufgehängt ist. Es besteht, was auf dem Bild nicht sichtbar ist, aus zwei starkwandigen Kapillaren, mit eben geschliffenen Endflächen, zwischen die ein Filterplättchen mit gleichem Durchmesser wie die Kapillaren gelegt wird. Das Ganze wird durch übergezogenen Gummischlauch zusammengehalten. Die zu filtrierende Flüssigkeit gibt man in den erweiterten Oberteil der oberen Kapillare auf. Der Niederschlag sammelt sich auf dem Filter in der Kapillare an.

Rechts über dem zweiten Wasser-

bad, ist der Reserveschütteltrichter zu erkennen. Nicht sichtbar sind leider die Geräte auf der Rückseite der Tafel. Dort befinden sich nach der Beschreibung die Apparatur für Mikrowasserdampfdestillation, die Kolonne für

Die Ausmaße des gesamten Satzes sind $70 \times 40 \times 20$ cm, alles zusammen wiegt nur 6 kg, zwei Schuhblenden in der Standfläche geben Raum zur Aufbewahrung von Filtern, Reagenzgläsern usw. Alle Kühler sind unter-

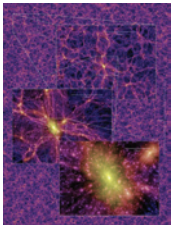


fraktionierte Destillation, deren Ober- teil wir schon erwähnt, und die Destillationskolben für Vakuumdestillation, von der man ganz links durch das Becherglas des Wasserbades die Rund- kolben der Vakuumvorlage sieht.

einander verbunden, so daß man nur einen Anschluß und eine Ableitung benötigt.

Die Anlage ist weit davon entfernt ein Spielzeug zu sein, wie man aus der Dimension der Geräte vielleicht ent-

Lab-on-the-chip ist heute Front der Entwicklung; vor 50 Jahren sah Mikroanalytik so aus...



Zum Titelbild: Die größte jemals durchgeführte Simulation des Wachstums kosmischer Strukturen und der Entwicklung von Galaxien, Quasaren und Schwarzen Löchern hat jetzt das Virgo-Konsortium, eine internationale Gruppe von Astrophysikern aus Deutschland, England, Kanada, Japan und den USA, veröffentlicht. Die „Millennium-Simulation“ benutzte mehr als zehn Milliarden fiktive Teilchen, die jeweils eine Masse von etwa einer Milliarde Sonnen repräsentierten, um die Entwicklung der Materieverteilung in einer würfelförmigen Region des Universums mit einer Kantenlänge von mehr als zwei Milliarden Lichtjahren zu verfolgen. Der Rechenvorgang beschäftigte den leistungsfähigsten Supercomputer der Max-Planck-Gesellschaft in Garching für mehr als einen Monat. Mit der neuen Simulation ist es den Astrophysikern möglich, die Entwicklungsgeschichte von etwa 20 Millionen Galaxien zu rekonstruieren sowie die Entstehung der super-schweren Schwarzen Löcher, die gelegentlich als Quasare in ihren Herzen aufleuchten.

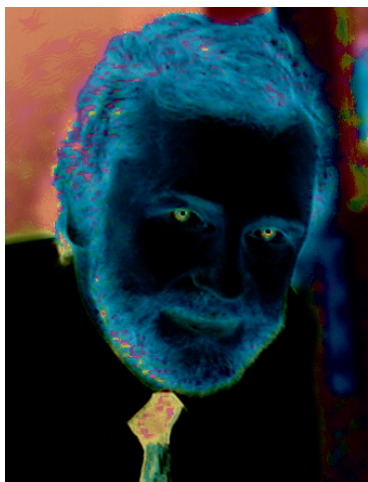
Neueste Erkenntnisse in der Kosmologie zeigen, dass das Universum zu etwa 70 Prozent aus „dunkler Energie“ besteht, einem mysteriösen Kraftfeld, das eine immer schnellere Expansion des Raums antreibt. Etwa ein Viertel liegt offenbar als „kalte dunkle Materie“ vor, in Form eines neuartigen Elementarteilchens, das man bisher auf der Erde noch nicht direkt nachweisen konnte, dem Neutralino (siehe Seite 205). Nur etwa fünf Prozent bestehen dagegen aus gewöhnlicher atomarer Materie – im Wesentlichen aus den Elementen Helium und Wasserstoff. Mit Teleskopen, die

Mikrowellenstrahlung messen können, ist es gelungen, das Universum im Jahr 400 000 nach seiner Geburt abzubilden. Die einzigen Strukturen zu dieser Zeit bestanden aus einer sehr schwachen Kräuselung eines ansonsten gleichförmigen Sees aus Materie und Strahlung. Die spätere Entwicklung durch die Schwerkraft hat diese kleinen Schwankungen in die vielfältigen Strukturen, die wir heute beobachten, verwandelt. Für die Berechnung des Wachstums dieser Strukturen wurde die Millennium-Simulation entworfen. Zum einen hatte sie das Ziel, das neue Bild der kosmischen Entwicklung und seine tatsächliche Übereinstimmung mit Beobachtungen zu überprüfen, zum anderen sollen mit ihr die komplexen physikalischen Prozesse, die zur Bildung von Galaxien und Schwarzen Löchern führen, erforscht werden.

Das Titelbild zeigt die Verteilung der dunklen Materie im Universum auf unterschiedlichen Skalen. Das Bild im Hintergrund zeigt einen Schnitt durch die Millennium-Simulation auf einer Gesamtbreite von mehr als neun Milliarden Lichtjahren. Auf solch riesigen Skalen erscheint das Universum fast homogen, doch die überlagerte Serie von Vergrößerungen zeigt ein komplexes „kosmisches Netz“ aus dunkler Materie auf Skalen bis zu etwa 300 Millionen Lichtjahre. Diese Großraumstruktur besteht aus Filamenten, die große Leerräume umspannen und sich in massereichen Halos aus Materie treffen. Die größten dieser Halos sind mächtige Galaxienhaufen, die über eintausend Galaxien enthalten, welche von der Simulation als Halosubstruktur aufgelöst werden (Abbildung: MPI für Astrophysik).

Liebe CLB-Leserin, lieber CLB-Leser,

dunkel ist IN. Die „dunkle Seite der Macht“ bescherte den Filmschaffenden erst kürzlich wieder Einkünfte, die sich dem zehnstelligen Bereich nähern dürften. Aber auch die Wissenschaft wühlt im Dunklen, sogar im ganz großen Dunklen: Nur fünf Prozent des Universums sollen aus gewöhnlicher Materie bestehen. 25 Prozent bestehen aus „dunkler Materie“. Hier fängt man gerade



an, einige Einzelheiten zu beleuchten (siehe Artikel auf Seite 205). Nahezu völlig im Dunklen tappen die Wissenschaftler jedoch, wenn sie die restlichen 70 Prozent des Universums benennen sollen. Der Einfachheit halber heißt das dann „dunkle Energie“. Ohne Annahme dieser dunklen Elemente fällt jedoch die Kosmologie in sich zusammen.

Eine „dunkle Materie der Biologie“ gibt es auch (siehe Artikel Seite 205). Der Bedeutung diesen Teilen des Genoms ist man jedoch schon viel näher gekommen. Jetzt hilft ein Computerprogramm, gezielt RNA-Gene zu identifizieren, die zu der dunklen Materie der Biologie zählen.

Ein Programm auf einem Supercomputer, dem schnellsten der Max-Planck-Gesellschaft, hat einen Monat lang die strukturelle Entstehung des Universums simuliert. Das Ergebnis ist so schön, dass ich es Ihnen als Titelbild dieser CLB vorstelle (siehe nebenstehende Erläuterung). Die Simulation hilft auch dabei, die „dunkle Energie“ in ihrer Bedeutung für das Universum besser einzuordnen. Wie dem auch sei: Diese Meldungen zeigen, wie wenig wir bislang von der Welt wissen. Einen Ansatzpunkt zum Nachdenken liefert auch unser Comic auf Umschlagseite 3. Wenn Sie ein Rätselan sind, lösen Sie doch unser Preisausschreiben auf Seite 185, dessen Lösungswort beschreibt, was der Comic neben Spaß auch vermitteln soll.

Nicht im Dunklen lässt Sie jedoch Stephen Schulz. Der „Jugend forscht“- und Intel Young Scientist-Gewinner erläutert im Einzelnen seine Arbeiten ab Seite 186 auf dem Weg zum „Lab

on a chip“. In der nächsten CLB stellt er dann gerade dieses Lab vor. Bereits zuvor bringt Sie Dr. Frank Stahl auf den neuesten Stand bei der Entwicklung von Proteinchips.

Dunkle Schatten von Bäumen bergen Gefahren: Zecken können Menschen befallen und u.a. Borreliose übertragen. WasdabeipassierterhelltCLB-Korrespondentin Dr. Mechthild Kässer ab Seite 182.

Eine „dunkle Seite der Macht“ – so können fortschrittsorientierte Menschen denken – trifft nun auch die Forschung: Der neue Papst, Benedikt XVI, „Papa Ratz“, wie das englische Boulevardblatt „Sun“ titelte, mischte sich erstmals massiv in eine Volksabstimmung ein, in diejenige über liberalere Gesetzgebungen für künstliche Befruchtung und Embryonenforschung in Italien. Ergebnis: Die Abstimmung scheiterte wegen zu geringer Beteiligung, eindeutig zurückzuführen auf die Empfehlung des Papstes. Ich denke, es ist schlimm genug, dass die sinnvolle Trennung von Kirche und Staat mit der Wahl des ultrakonservativen neuen Präsidenten im Iran in weite Ferne gerückt ist. Im westlichen Europa sollte sich die Kirche nicht in politische Entscheidungen einmischen, erst recht nicht in solche, die durch Forschung Vorteile für die Menschen bringen kann. Was wird sonst mit der Genforschung und der Stammzellenforschung, die Hoffnung auf Heilung bislang unheilbarer Krankheiten versprechen?

Leider liegen auch die USA in der Spitze der Hitliste glaubensbedingter Restriktionen. Dort verweigern tausende von Apotheken ihren Kundinnen und Kunden den Kauf von Anti-Baby-Pillen, oft durch staatliche Gesetze unterstützt. Da merkt man wohl wieder die Macht des Papstes. Auch der neue ist ja gegen empfängnisverhütende Mittel. Hat ja auch seinen Grund: So wächst automatisch die Zahl seiner Untergebenen, in etwa exponentiell...

Ihr

INHALT

Aufsätze

Proteinarrays in der Biotechnologie Miniaturisierte Multiparameter-Systeme mit vielfachem Anwendungspotenzial _____	178
Trickreiche Bakterien unterlaufen die menschliche Immunabwehr Die Tarnkappe der Borrelien _____	182
Jugend forscht: Elektroorganische Synthesemethoden (Teil 1) Auf dem Weg zum „Lab on the Chip“ _____	186
Chemische Elemente im Alltag, Teil 4: Silicium In Werkstoffen, Mikrochips, Kosmetika und Lebensmitteln _____	196

Rubriken

Editorial _____	171
Impressum _____	173
F & E im Bild _____	173
Unternehmen _____	174
Personalien _____	176
Förderungen / Preise _____	177
Preisausschreiben _____	185

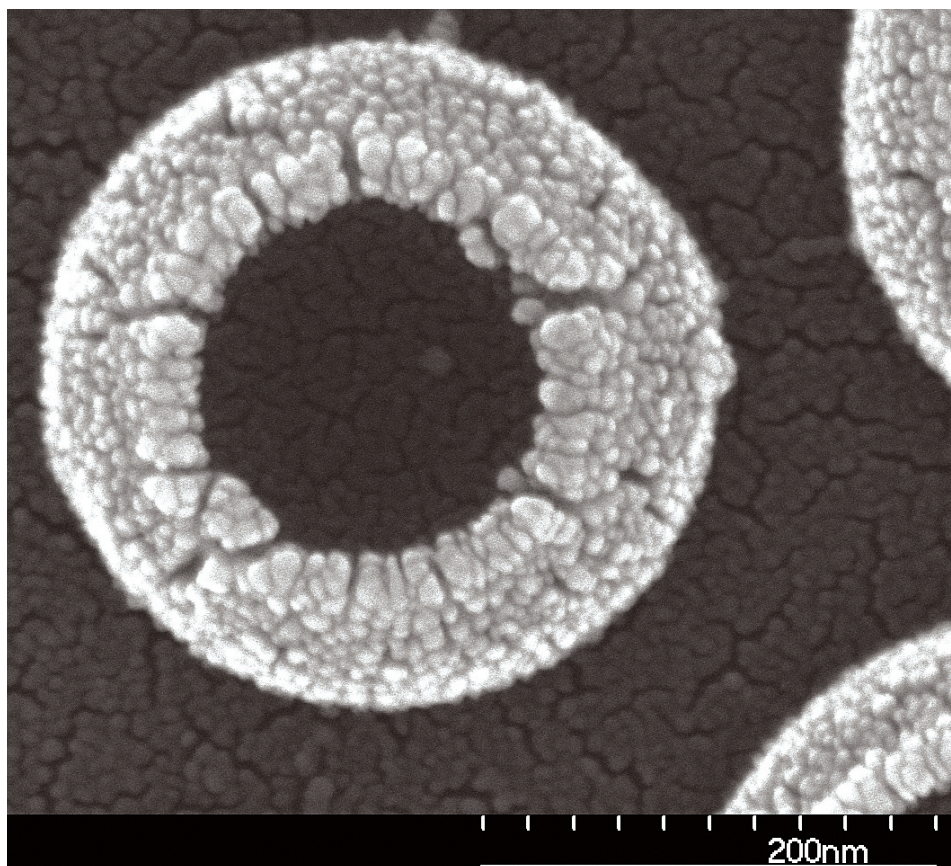
Umschau

Neue Methoden in der Fluoreszenz-Technik erleichtern die Forschung Leuchtende Proteine – Signale aus der Zelle _____	198
Messe / Kongress / Ereignisse _____	202
Forschung und Technik _____	204
Neue Produkte _____	206
Bezugsquellenverzeichnis _____	209

CLB-Memory

Tier-Arzneimittel in Winterweizen und Feldsalat Nutzpflanzen nehmen Antibiotika auf _____	M41
Zink als Brennstoff und Heidelbeeren für die Grätzel-Zelle Sommersonne für Winterwärme _____	M42
Hochschulbeteiligung an europäischer Plattform für nachhaltige Chemie Entstehen einer Forschungsagenda _____	M44
Ein Beispiel für Organische Chemie in der Flamme Kurzlebige Kohlenwasserstoffverbindungen _____	M45
Deiche und Deponien dauerhaft durchdringen Forscherguppe „Feuchtemesstechnik“ _____	M46
Nanotechnologie – Angebot zur Mitnutzung Einführung für Studenten _____	M47
„Studiengebühren nach dem Urteil“ Arbeitsbericht und Datenbank _____	M47
Gen, Nukleotid und Protein Es kann mehr als eine Antwort richtig sein _____	M48

Die kleinsten Ringe der Welt



Blick durch ein Rasterelektronenmikroskop: Ein Goldring mit einem Außendurchmesser von etwa 300 Nanometern (Abbildung: Physikalische Chemie der TU Chemnitz).

Die Mitarbeiter der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Werner A. Goedel am Institut für Chemie der TU Chemnitz sind von den ungewöhnlichen physikalischen Eigenschaften sehr kleiner ringförmiger Objekte fasziniert. Beispielsweise können Magnetfelder in leitfähigen Ringen einen permanenten Wirbelstrom erzeugen. Und geschickt miteinander gemischte Stäbe und Ringe wirken als Spulen und Antennen und führen so zu Materialien mit erstaunlichen optischen Eigenschaften wie zum Beispiel einem negativen Brechungsindex. Diese Phänomene treten jedoch erst im unteren Mikrometerbereich auf. Zur Herstellung dieser Strukturen werden kleine, mikrometergroße Kugeln durch Ausfällen von Kieselsäure hergestellt. Die Kugeln lassen sich nun abformen, indem man sie mit einer Flüssigkeit benetzt, diese aushärtet und die Partikel anschließend herauslöst. Der besondere Trick: die Kugeln werden nicht vollständig, sondern nur teilweise eingebettet. Auf diese Weise lassen sich dünne perforierte Membranen und eben auch Ringe herstellen, die einen Außendurchmesser zwischen 0,1 und 0,5 Mikrometer haben.

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:
Dr. Dr. U. Fitzner, Düsseldorf · Prof. Dr.
K. Kleinermanns, Düsseldorf · Priv.
Doz. Dr. H.-M. Kuß, Duisburg · Prof.
Dr. J. Schram, Krefeld · Prof. Dr. Georg
Schwedt, Clausthal-Zellerfeld · Dr.
Wolfgang Schulz, Stuttgart · Prof. Dr.
G. Werner, Leipzig.

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

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

Ständige Mitarbeiter:
Ans de Bruin (Grafik), Heidelberg;
Werner Günther, Düsseldorf; Prof.
Dr. Wolfgang Hasenpusch, Hanau;
Dr. Mechthild Kässer, Diekhöfen; Hans
Dietrich Martin, Köln; Dr. Rösbe Wün-
schiers, Köln.

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 Khilian
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: anzeigen@clb.de

Abonnentenbetreuung:
Natalia Khilian
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 – 8,60
Euro, im persönlichen Abonnement jähr-
lich 87 Euro zuzüglich Versandkosten;
ermäßigter Preis für Schüler, Studen-
ten und Auszubildende (nur gegen Vor-
lage der Bescheinigung) jährlich 67,10
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 VDC sowie des VBTA erhalten die
CLB zu Sonderkonditionen.

Anzeigenpreisliste:
Nr. 43 vom 12.8.2004.

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

Die Zeitschrift und alle in ihr enthalte-
nen einzelnen Beiträge und Abbildungen
sind urheberrechtlich geschützt. Jede
Verwertung außerhalb der engen Gren-
zen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne
Zustimmung des Verlags unzulässig
und strafbar. Das gilt insbesondere für
Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mi-
kroverfilmungen und die Einspeicherung
und Verarbeitung in elektronischen Sys-
temen.
Für die Rückgabe unverlangt eingesand-
ter Buchbesprechungsbeispiele kann
keinerlei Gewähr übernommen werden.

ISSN 0943-6677

vbta

NACHRICHTEN & NOTIZEN

Die MWG Biotech, ein Marktführer im Bereich synthetische Nukleinsäuren, hat ihr siRNA-Portfolio (von engl. small interfering RNA: Nukleinsäuren, die für Genfunktionsanalysen und zum Abschalten von Genen verwendet werden können) mit neuen Synthesemaßstäben und Formaten erweitert. Zusätzlich bietet das Unternehmen siRNA Design-Werkzeuge auf seiner Webseite an. Die neuen siRNA-Produkte werden unter dem Markennamen siMAXTM vertrieben.

Degussa in China und Herne Die Degussa AG und die nordchinesische Jilin Universität unterzeichneten ein Jointventure. Das neue Gemeinschaftsunternehmen JIDA Degussa High Performance Polymers Changchun Co. Ltd. (JIDA Degussa) soll Polyetheretherketon (PEEK) sowie Polyethersulfon (PES) produzieren. In Herne errichtet die Degussa AG eine Anlage, in der das Lösemittel Isophoron und seine Folgeprodukte hergestellt werden. Die Anlage soll 2007 in Betrieb gehen.

Temis entwickelt und vertreibt Software-Lösungen im Bereich Text Mining, welche die Analyse und Verarbeitung textueller Information optimieren. Bei der Bio-IT World Conference & Expo in Boston wurde das Unternehmen für seinen Informations-Extraktions-Server Insight Discoverer Extractor v2 mit dem Best of Show Award ausgezeichnet. Temis wurde im September 2000 gegründet und ist in Frankreich, Deutschland, Großbritannien, Italien und den USA direkt vertreten.

Roche weihte in Branchburg/New Jersey den weltweit größten PCR-Produktionsbetrieb mit 800 Mitarbeitern ein. Dafür hat Roche mehr als 150 Millionen US-Dollar investiert.

Die m-phasys GmbH, 1999 in Tübingen gegründet, erhält 1,4 Millionen Euro Fördergeld vom BMBF für die Analyse von Proteinstrukturen, die bei der Entdeckung neuer Medikamente helfen.

Sasol Olefins & Surfactants will das Russland-Geschäft ausbauen. Mit Nizhnekamskneftekhim Inc., dem führenden russischen Petrochemikalien-Hersteller, wurde eine Absichtserklärung für die mögliche zukünftige Zusammenarbeit unterzeichnet.

Die medimod pharmacology services GmbH aus Reutlingen, ein mittelständisches Unternehmen, das Auftragsforschung für die Pharmaindustrie betreibt, hat 2004 Aufträge für eine halbe Million Euro abgeschlossen. Für 2005 strebt das Unternehmen einen Umsatz von einer Million Euro an. Gegründet im Jahr 2000, musste das Unternehmen Ende 2002 Insolvenz anmelden. Mit dem Beistand der Technologieförderung Reutlingen-Tübingen GmbH konnte 2003 ein neuer Anfang mit neuer Ausrichtung gewagt werden.

Die Laborfachhandelsgesellschaft VWR International, eine weltweit führende Organisation für den Vertrieb labortechnischer Geräte, und die Sartorius AG haben eine mehrjährige Vereinbarung über den Vertrieb von Reinstwassergeräten für den nordamerikanischen Markt getroffen.

Axel Semrau GnbH & Co. KG

Studie: Beste Kundenorientierung

Unter 50 Unternehmen des Marktes „Instrumente und Materialien für Analytik“ in Deutschland ging die Axel Semrau GmbH & Co. KG, Sprockhövel, als klare Nummer 1 aus einer Studie „Kundenorientierung – Internet und Kontakt“ hervor.

Kürzlich wurde von der Unternehmerberatung HT CON, Essen, eine unabhängige Studie bei 50 in Deutschland tätigen Unternehmen des Analytikinstrumente-Marktes durchgeführt. Ziel dieser Studie war herauszufinden, wie es um die Kundenorientierung der Unternehmen in der Kundenkommunikation bestellt ist. Beispielhaft durchgeführt wurde die Bearbeitung von Anfragen, die über das Internet zu den Unternehmen kommen.

Bewertet wurde, wie leicht die Anfrage an die Zielunternehmen übermittelt werden konnte, also wie einfach die Auffindbarkeit von Adressdaten und eines Kontaktformulars auf der Homepage

war. Dann die Geschwindigkeit und Form mit der erstmals auf die Anfrage reagiert wurde. Weiterhin Geschwindigkeit und Qualität des folgenden Anschreibens und der übermittelten Unterlagen. Zuletzt noch die Qualität, mit der beim vermeintlichen Kunden nachgefasst wurde.

In jeder geprüften Kategorie konnte die Firma aus Sprockhövel jeweils den ersten oder wenigstens einen Platz unter den jeweils besten vier Unternehmen belegen. In der Gesamtbetrachtung wurde damit das eindeutig beste Ergebnis aller 50 Firmen erreicht.

Die Axel Semrau GmbH & Co. KG ist in drei Geschäftsbereichen spezialisiert: GC/GCMS, Bioanalytik/LC und Odorierungskontrolle/Erdgasanalytik. Von 30 Mitarbeitern verfügen 20 über eine technisch/ wissenschaftliche Ausbildung, sind Diplomingenieure oder Chemiker und arbeiten direkt mit den Kunden zusammen.

Albatros Technologies GmbH & Co. KG

Zehnjähriges Firmenjubiläum

Das Unternehmen, 1995 als Inventus BioTec – Gesellschaft für innovative Bioanalytik, Biosensoren und Diagnostika mbh & Co. KG in Münster gegründet und seit 2004 Tochter der amerikanischen Pelikan Technologies Inc., zählt heute international zu den führenden Entwicklern im Bereich der Biosensorik für Diabetiker.

Die in Münster-Roxel hergestellten Sensoren sollen helfen, die heute noch häufig umständliche Messung des Blutzuckergehaltes schneller und schmerzärmer zu machen. Insbesondere Menschen, die häufig und exakt Messungen ihrer körpereigenen Flüssigkeitsinhaltsstoffe vornehmen müssen,

zum Beispiel Diabetes- oder Gicht-Patienten, sollen von der Forschungs- und Entwicklungsarbeit des Unternehmens profitieren.

Deren Ergebnisse zeigten sich im Jahre 2000, als ein Sensor erfolgreich der Öffentlichkeit vorgestellt wurde, welcher mit einer Blutmenge von 2 µl auskommt und in nur 20 Sekunden verbindliche Ergebnisse erzielt. Verbunden mit der Übernahme durch Pelikan Technologies im Jahre 2004 war auch der weitere Ausbau des Standortes Münster. Der erste Reinraum für Biosensoren im Diabetes-Umfeld wurde in Betrieb genommen und die Mitarbeiterzahl stieg auf heute rund 20. Ein weiterer Ausbau der Mitarbeiterzahl ist geplant.

Technologiepark Heidelberg: febit biotech gmbh gegründet

Phoenix aus der Asche der febit AG

Die Familie Dietmar Hopp, einer der SAP-Gründer, engagiert sich als Investor in einer neu gegründeten Firma namens „febit biotech gmbh“.

Das neue, im Technologiepark Heidelberg angesiedelte Unternehmen übernimmt die Assets der ehemaligen febit AG, die für die Vermarktung des Produktes „geniom“ notwendig sind, und plant auf dieser Basis ein Systemgeschäft aufzubauen. CLB-Autor Dr. Röbbel Wünschiers hat die Technologie in dem Aufsatz „Die Mikroarray-Maschine der febit ag“ in CLB 01-2004 detailliert beschrieben.

„geniom“ wurde Ende der Neunziger von einer Gruppe um den früheren CEO der Boehringer-

Mannheim Diagnostics, Dr. Fritz Stähler, konzipiert und von der eigens dafür gegründeten Firma febit bis zur Marktreife entwickelt. Schwierigkeiten zwischen den verschiedenen Investoren führten im Sommer 2004 überraschend zu einer Aufgabe der febit ag.

Das Produkt der neuen Firma, dessen Markt sich gerade in Folge der weltweiten Anstrengungen der Genomforschung dynamisch entwickelt, hat nun eine neue Heimat gefunden. Dietmar Hopp: „Das Potenzial dieses Produktes hat rasch unser Interesse geweckt. Für die Entwicklung und Vermarktung von Hightech made in Germany, gerade auch in der Biotechnologie, besteht weiter-

hin ein großer Bedarf.“ Gleichzeitig mit dem Invest wird mit der Vermarktung und der Belieferung von Kunden begonnen. Im Vorfeld wurden dem Gerät noch ein paar Kinderkrankheiten ausgetrieben und die Bedienung optimiert. Eine Brückenfinanzierung vom Technologie-Investor Technostart aus Ludwigsburg hat das möglich gemacht. Deren Geschäftsführer Michael Mayer und seine Partner hatten schon 1998 das Potenzial der Geschäftsidee erkannt und dem Projekt und dem Team seitdem die Treue gehalten.

Die febit biotech gmbh plant bereits in den nächsten Wochen die Auslieferung des ersten im Hause fertig gestellten geniom-Gerätes.

Eppendorf weiter auf Wachstumskurs – Umsatzplus 6,1 Prozent

Aber: In Europa weiter in Phase der Konsolidierung

Der Umsatz der Eppendorf-Gruppe stieg im Jahr 2004 auf 286,5 Millionen Euro und übertraf damit den Vorjahreswert um 6,1 Prozent. Bei unveränderten Wechselkursen von US-Dollar und japanischem Yen hätte sich ein um 11,6 Prozent höherer Konzernumsatz ergeben.

Im Berichtsjahr 2004 fanden die meisten Life Sciences-Märkte schrittweise zu neuer Dynamik zurück, so der Vorstandsvorsitzende Klaus Fink auf der Bilanzpressekonferenz in Hamburg. Dabei gab es allerdings regional deutliche Unterschiede. Während in Nordamerika und Asien das Geschäft merklich anzog, war in Westeuropa eine Belebung nur in Teilmärkten spürbar. Bedingt durch den sehr starken Euro belasteten die Währungsparitäten erneut das Wachstum.

Das operative Ergebnis (EBIT) der Eppendorf-Gruppe erhöhte sich im Berichtsjahr 2004 auf 40,1 Millionen Euro. Damit konnte der

sehr gute Vorjahreswert (36,9 Millionen Euro) mit einem Plus von 8,7 Prozent erneut deutlich übertroffen werden. Die EBIT-Marge stieg von 13,7 auf 14,0 Prozent. Der Jahresüberschuss erreichte 24,4 Millionen Euro.

Eppendorf kann weiterhin eine solide Bilanzstruktur vorweisen. Per 31. Dezember 2004 wies der Konzern eine Eigenkapitalquote von fast 50 Prozent aus (Vorjahr 49 Prozent). Gleichzeitig stieg das Nettobankguthaben um 14,2 Millionen Euro auf 58,8 Millionen Euro.

Der Eppendorf-Konzern beschäftigte im Berichtsjahr 2004 durchschnittlich 1748 Mitarbeiter (Vorjahr 1725 Mitarbeiter). So wurden nicht nur in Asien marktwirksame Strukturen weiter ausgebaut, sondern auch eine weitere Fertigungsstätte in Nordamerika eröffnet. Sie sind Teil der strategischen Positionierung der Unternehmensgruppe.

Die neue Marktdynamik hat sich noch nicht überall in der Biotech-Branche durchgesetzt. Wir befinden uns vor allem in Europa nach wie vor in einer Phase anhaltender Konsolidierung.

Im Verlauf des ersten Halbjahres 2005 sieht Eppendorf weitere Anzeichen der Erholung. Die Umsätze in Nordamerika und Asien-Pazifik stiegen deutlich gegenüber den Werten des Vorjahreszeitraums. Lediglich in Westeuropa ist noch wenig Belebung erkennbar. Währungsbereinigt erreicht die Eppendorf-Gruppe für das erste Quartal 2005 ein Wachstum von etwa 12 Prozent im Vergleich zur Vorjahresperiode.

Eppendorf-Chef Klaus Fink sieht Anzeichen der Markterholung (Foto: RK).



CROPLIFE INTERNATIONAL

Am 2. Juni 2005 hat Hans W. Reiners seine auf zwei Jahre angesetzte Präsidentschaft bei CropLife International, dem globalen Verband der Pflanzenschutz- und Pflanzenbiotechnologie-Unternehmen, angetreten. Hans Reiners, Leiter des BASF-Unternehmensbereichs Pflanzenschutz, folgt damit dem CEO von Syngenta, Michael Pragnell. Vor seiner Wahl war Reiners Vizepräsident bei CropLife.



Mlynek

Professor Dr. Jürgen Mlynek zum Nachfolger des derzeitigen Helmholtz-Präsidenten, Professor Dr. Walter Kröll, gewählt. Mlynek ist zurzeit Präsident der Berliner Humboldt-Universität. Er wird die neue Aufgabe am 1. September 2005 übernehmen, wenn Walter Kröll nach Abschluss der ersten Phase der Helmholtz-Reform und mit Vollendung des 67. Lebensjahres das Amt übergibt.



Reiners

DECHEMA Die Mitgliederversammlung der DecHEMA-Fachsektion Biotechnologie wählte in Wiesbaden ihren neuen Vorstand. Die neuen Vertreter aus der Industrie sind PD Dr. Christine Lang, OrganoBalance GmbH, Berlin, Dr. Tilman Spellig, Schering AG, Berlin, und Dr. Holger Zinke, Brain AG, Zwingenberg. Die beiden Vertreter der Akademia sind Prof. Dr. Erwin Flaschel, Universität Bielefeld und Prof. Dr. Andreas Liese, Technische Universität Hamburg-Harburg. Die DecHEMA-Fachsektion Biotechnologie ist mit rund 1800 Mitgliedern die stärkste Biotechnologieorganisation Deutschlands.



Cloes

HIS Hochschul-Informationssystem GmbH Am 01.06.2005 übernahm Herr Diplom-Kaufmann Henning Cloes die Leitung der Fachabteilung „Informationstechnologie in der Hochschulverwaltung“. Herr Cloes war seit 01.08.1998 stellvertretender Leiter dieses Arbeitsbereichs mit etwa 100 Mitarbeitern. 97 % der bundesdeutschen Studierenden werden mit HIS-Verwaltungssoftware „administriert“. Herr Cloes löst Herrn Dr. Ludwig Leute ab, der in den Ruhestand ging.

EMBL VENTURES Der Frühphasenfinanzierer mit enger Beziehung zum Embl in Heidelberg gibt bekannt, dass sein Partner, der promovierte Physiker Dr. Christof Antz, in das renommierte Kauffmann Fellows Program aufgenommen wurde. Er ist der einzige Deutsche, der das begehrte Stipendium für Venture Education in den USA erhalten hat.

OGT Oxford Gene Technology, ein 1995 in Oxford (UK) gegründetes Biotechnik-Unternehmen, das Service und Produkte in den Bereichen Microarray, Genomik, Proteomik und Elektrochemie anbietet, hat James Clough als Commercial Director gewählt. Clough hat jahrelang Senior-Positionen besetzt, beispielsweise bei GE Healthcare und Affymetrix.

EUROPABIO Bei der Jahreshauptversammlung von EuropaBio, dem europäischen Verband der Bioindustrie in Brüssel, wurde Hans Kast, Geschäftsführer der BASF Plant Science, zum neuen Vorsitzenden gewählt. Er wird Nachfolger von Feike Sijbesma, Vorstandsmitglied der DSM, dessen Mandat abgelaufen ist.



Kast

VBU Auf der Mitgliederversammlung der Vereinigung deutscher Biotechnologie-Unternehmen (VBU) am 11. Mai 2005 in Wiesbaden, wurde der bislang kommissarisch arbeitende Vorstand offiziell bestätigt. Im fünfköpfigen Vorstand engagieren sich: Dr. Ulrich Behrendt, Roche Diagnostics GmbH, Penzberg, (Vorsitzender), Thomas Klein, Noxxon Pharma AG, Berlin, PD Dr. Christine Lang, OrganoBalance GmbH, Berlin, Prof. Dr. Peter Stadler, Artemis Pharmaceuticals GmbH, Köln und Dr. Martin Weber, Qiagen GmbH aus Hilden.

HELMHOLTZ-Gemeinschaft Der Senat der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren hat

EHRUNGEN

Professor Dr. Hans-Heinrich Limbach, Institut für Chemie/Physikalische Chemie der Freien Universität Berlin, hat die **Walt-her-Nernst Denkmünze** erhalten. Die Verleihung erfolgte in einer Festsitzung im Rahmen der 104. Hauptversammlung der Deutschen Bunsen-Gesellschaft für Physikalische Chemie in Frankfurt am Main. Limbach erhält die Auszeichnung in Würdigung seiner vielfältigen und grundlegenden Untersuchungen zu Isotopeneffekten und zur Kinetik des Protonentransfers in komplexen Spinsystemen sowie zu Wasserstoffbrücken und ihrer Strukturbildung in Flüssigkeiten und Festkörpern.

Professor Dr. Johann Gasteiger wird mit dem **Mike Lynch Award 2005** des Chemical Structure Association (CSA) Trust ausgezeichnet. Der mit 5000 US Dollar dotierte Preis wird alle drei Jahre vergeben. Damit werden Gasteigers außergewöhnliche und bahnbrechende Arbeiten im Bereich der Computer-Chemie und der chemischen Strukturaufklärung honoriert. Die Auszeichnung wird am 5. Juni auf der siebten International Conference on Chemical Structures in Noordwijkerhout, Niederlande an den Preisträger überreicht.

Anlässlich der 20sten „European Photovoltaic Solar Energy Conference“ in Barcelona ehrte die EU-Kommission am 6. Juni 2005 **Prof. Joachim Luther**, Leiter des Fraunhofer ISE, mit einer der höchsten Auszeichnungen im Bereich der Solarenergie, dem **Becquerel-Preis**. Vor allem Joachim Luthers Verdienste um die wissenschaftlichen Erfolge und die herausragende internationale Stellung des größten europäischen Solarforschungsinstituts Fraunhofer ISE wurden hervorgehoben. Gleichzeitig wurden seine erfolgreichen Bemühungen um den Technologietransfer zwischen Forschung und Industrie sowie sein Engagement in zahlreichen Gremien gewürdigt.

Förderung für junge Chemiker

ERA-Chemistry ist eine der seit 2004 von der Europäischen Union geförderten ERA-NET (European Research Area - NETWORKING) Initiativen mit dem Ziel, die Koordinierung nationaler Forschungsaktivitäten zu verbessern und zu gemeinsamen Projekten zu vernetzen. Die EU finanziert nur die Vernetzung, während das Geld für die Forschung selbst von den nationalen Forschungsförderungsinstitutionen beigesteuert wird. An ERA-Chemistry beteiligen sich elf nationale Research Councils aus zehn europäischen Ländern unter Koordination der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). „Hierarchisch organisierte chemische Strukturen: Von Molekülen zu Hybridmaterialien“ lautet das Thema der ersten Ausschreibung. Es sollen das mechanistische und theoretische Verständnis nicht-kovalent gebundener Molekülverbände mit unterschiedlichen

Stufen räumlicher Organisation entwickelt und deren Potenzial untersucht werden, um als Vorstufen neuer funktionaler Materialien mit kontrollierter Nano-/Meso-Architektur zu dienen. Teilnehmen können antragsberechtigte Wissenschaftler, vor allem aber jüngere Chemiker, deren Promotion nicht länger als zehn Jahre zurückliegt. Anträge müssen in elektronischer Form bis spätestens zum **29. Juli 2005** beim ERA-Chemistry-Sekretariat vorliegen (Kontakt: markus.behnke@dfg.de). Nur erfolgreich vorbegutachtete Antragsteller werden aufgefordert, bis zum **14. Oktober 2005** vollständige Anträge vorzulegen. Die Entscheidung über die Anträge fällt im Dezember 2005, der Förderbeginn ist spätestens Januar 2006. Einzelheiten zur Thematik der Ausschreibung, zur Antragstellung und Begutachtung können unter www.erachemistry.net nachgelesen werden.

Mädchen-Zukunftstag

Zum Girls'Day - Mädchen-Zukunftstag 2006 am 27. April wird es erstmals auch einen Girls'Day Song geben. Dafür wird im Rahmen eines Mädchenband-Wettbewerbs der beste Song gesucht. Bundesweit wird eine Mädchenband gesucht, die den Song zum Girls'Day komponiert, singt und performt. Er soll das Motto des Tages unterstützen. Die besten drei Songs werden ausgewählt. Der Siegertitel wird vom Publikum der Internetseite www.girls-day.de im Online-Voting-Verfahren ermittelt. Dieser Titel wird im Studio produziert und auf Mini-CD zum Girls'Day 2006 veröffentlicht. Bewerben können sich Mädchen-Bands, Musikerinnen und Bands, bei denen Mädchen den Ton angeben mit eigenen Ideen und Kompositionen. Alle wichtigen Informationen und Teilnahmeformulare sind unter www.girls-day.de zu finden. Ein-sendeschluss ist der **3. November 2005**.

Die Wettbewerbsfähigkeit eines Landes beginnt nicht in der Fabrikhalle oder im Forschungslabor. Sie beginnt im Klassenzimmer. Henry Ford (1863-1947)

Patentierbare Erfindungen aus NRW

Zum dritten Mal schreiben die Patentvermarktungsgesellschaft PROvendis GmbH und der Patentverbund der Hochschulen in NRW den Hochschulwettbewerb „patente Erfinder“ aus. Gesucht werden geniale Erfindungen mit großer Innovationshöhe und hohem Verwertungspotenzial. Mit den Preisgeldern sollen Hochschulerfindungen auf ihrem Weg in den Markt unterstützt werden. Der erste Preis ist mit 15 000, der zweite mit 10 000 und der dritte mit 8000 Euro dotiert. Mit dem Sonderpreis „Technologietrans-

Nachwachsende Rohstoffe

Kreative Pädagogen und Didaktiker sind gefragt, sich über Unterrichtsmodule zu nachwachsenden Rohstoffen Gedanken zu machen. Für 40 Unterrichtseinheiten in der Sekundarstufe sucht die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) nach einer schlüssigen und umsetzbaren Konzeption. Für die besten Konzepte sind Preisgelder in Höhe von insgesamt 9000 Euro ausgelobt. Dabei legt die FNR besonderen Wert darauf, dass die Unterrichtseinheiten unabhängig voneinander gehalten werden können. Weil nur wenig Spielraum für Stunden außerhalb des Lehrplans bleibt, sollten die Module sich außerdem auf lehrplanrelevante Inhalte beziehen. Nicht nur der Chemie- oder der Geographieunterricht bieten dafür Spielraum, auch in Biologie, Wirtschaft und Sozialkunde oder im Physikunterricht sind nachwachsende Rohstoffe gut aufgehoben. Wie, soll die Konzeption ganz konkret aufzeigen. Die besten Vorschläge werden nicht nur prämiert, sondern stellen auch die Grundlage für Erstellung und Vertrieb des Unterrichts dar. Weitere Informationen unter <http://www.fnr-server.de/cms35/fileadmin/fnr/pdf/wettbewerb.pdf> Bewerbungen sind der FNR bis zum **14. Oktober 2005** vorzulegen.

fer“ und 8000 Euro wird eine Erfindung belohnt, die beispielsweise im Rahmen einer Industriekooperation entstanden ist, aus der eine strategische Kooperation hervorgegangen ist oder die in eine Existenzgründung mündete. Der Wettbewerb richtet sich an die Beschäftigten aller Hochschulen des Landes NRW. Teilnehmen können sowohl Einzelpersonen als auch Erfinderteams. Bewerbungsschluss ist der **8. August 2005**. Weitere Informationen, Ausschreibung und Bewerbungsunterlagen unter www.provendis.info.

Miniaturisierte Multiparameter-Systeme mit vielfachem Anwendungspotenzial

Frank Stahl, Hannover

Die Proteomik ist derzeit ein herausragender Forschungsbereich in der Biotechnologie. Durch die vollständige Genom-Sequenzierung von inzwischen über 100 Organismen, darunter der Mensch (*Homo sapiens*), Modellorganismen wie die Bäckerhefe (*Saccharomyces cerevisiae*) oder die Fruchtfliege (*Drosophila melanogaster*) aber auch Pflanzen, die eine wichtige Rolle in der Welternährung spielen, wie z.B. der Reis (*Oryza sativa*), ist heute ein Punkt erreicht, an dem sehr viel mehr Informationen bezüglich der DNA-Sequenz vorhanden sind als zugehörige funktionale Daten zur Gen- bzw. Proteinfunktion (Ermolaeva et al., 1998). Moderne Biochips helfen bei der Aufklärung solcher Funktionen.

Die Kenntnis einer DNA-Sequenz alleine reicht nicht aus, um die funktionelle Organisation eines Organismus zu verstehen, komplexe regulatorische Zusammenhänge erklären zu können oder z.B. Aussagen bezüglich einer pathologisch geänderten Genexpression zu treffen. Folglich wird es immer wichtiger, mit Hilfe moderner Biosensoren nicht nur Substanzen des Metaboloms sondern verstärkt Marker des Genoms und des Proteoms analysieren zu können, da die moderne Medizin, Biologie oder Lebensmittelwissenschaften zunehmend mehr Marker für Krankheitssymptome oder Lebensmittelinhaltsstoffe hervorbringen werden. Die „Structural Genomics“-Forschung, welche die Entschlüsselung der DNA-Sequenz eines Organismus zum Ziel hat, wird daher durch die „Functional Genomics“-Forschung erweitert, welche die Analyse von Gen- und Proteinfunktionen beinhaltet. Hierzu ist die Entwicklung von DNA-Microarrays von entscheidender Bedeutung gewesen, da mit dieser Technologie mehrere tausend DNA-Sequenzen gleichzeitig in einem Array getestet werden können und so durch die

Identifizierung und die Quantifizierung aller mRNA Transkripte einer Zelle gemessen wird, welche Gene tatsächlich aktiv sind.

Als DNA-Chip oder microarray ist eine festgelegte Anordnung von Sonden auf einer planaren Oberfläche (meist derivatisierte Glasoberflächen, seltener Siliziumoberflächen) zum Nachweis von RNA- oder DNA-Molekülen definiert. Der Begriff array leitet sich aus dem Englischen von Anordnung ab, im Deutschen hat sich jedoch in Anlehnung an die Informationstechnologie synonym der Begriff „Chip“ durchgesetzt. Betrachtet man eine CPU hochaufgelöst unter dem Mikroskop, ähnelt das Muster dem des DNA-Chips, im Gegensatz zur CPU finden aber keine Steuerungsprozesse auf DNA-Chips statt, es handelt sich um rein passive Informationsträger. Die DNA-Chiptechnologie wurde ausgehend von der Technik der Biosensoren entwickelt, deren dritte Generation (neben Membran- und Immunsensoren) allgemein als Biochips bezeichnet wird und sowohl DNA- als auch Proteinchips und sogenannte Lab-Chips (miniaturisierte, mikrofluidische Systeme, „Labore“) beinhaltet.

Das Prinzip eines Microarray-Experiments besteht darin, alle auf dem Microarray befindlichen Genproben gleichzeitig mit einer Nukleinsäureprobe zu hybridisieren. Dazu wird in erster Linie fluoreszenzmarkierte cDNA eingesetzt, die durch reverse Transkription von RNA aus der zu untersuchenden Probe gewonnen wird. Das parallele Hybridisieren einer Nukleinsäureprobe mit einer Vielzahl von komplementären Genproben auf einem DNA-Chip führt zu einem charakteristischen Hybridisierungsmuster mit entsprechender Hybridisierungsintensität (Schna et al., 1998). Die DNA-Chiptechnologie bietet also die Möglichkeit, eine sehr große Zahl von Genen gleichzeitig zu untersuchen und liefert so ein umfassendes und zugleich detailliertes Bild der Veränderungen im Genexpressionsmuster, wodurch komplexe regulatorische Zusammenhänge entschlüsselt werden können. DNA-Chips finden ihren Einsatz als Biosensoren in der industriellen Analytik und biomedizinischen Diagnostik sowie der Forensik. Industriell anwendbar sind solche Sensoren zur Qualitätskontrolle von Biomaterialien, für hygienische Fragestellungen, zum Nachweis von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) in Lebensmitteln



Der Autor

Dr. Frank Stahl absolvierte ein Biologiestudium in Giessen. Er promovierte am Institut für Biochemie der Justus Liebig Universität. Danach ging er als Post-Doc an der GBF Braunschweig, etablierte dort ein DNA-Chiplabor. Seit 2003 ist er Arbeitsgruppenleiter „Chiptechnologien“ am Institut für Technische Chemie der Universität Hannover.

und zur Identifikation von Pilzen und anderen Mikroorganismen in Umweltproben. Zu den weiteren Einsatzgebieten der DNA-Chiptechnologie gehören u.a. die vollständige Detektion aller Polymorphismen eines Individuums, deren Kenntnis für eine patientenspezifische Therapie nötig ist, indem die Wirkung des Medikaments mit dem Polymorphismusmuster des Patienten abgeglichen wird. In der modernen Biomedizinforchung wird davon ausgegangen, daß das SNP-Muster (Single Nucleotide Polymorphism) mit der Medikamentenwirkung korreliert. Ebenso sollen SNPs als molekulare Marker helfen, an komplexen Erkrankungen beteiligte Gene zu identifizieren. Bei der Entwicklung von Medikamenten gegen Virusinfektionen können mit Microarray-Experimenten die relevanten Gene identifiziert werden, die über spezifische Oligonukleotide in ihrer Expression gehemmt werden sollen. Mit der DNA-Chiptechnologie hat man bereits eine Tür in eine neue Dimension aufgestoßen, mit der in bisher nicht gekanntem Ausmaß Krankheitsbilder erforscht und potentielle Targets gefunden werden können. Diese Expressionsanalysen bleiben jedoch auf den mRNA-Level in einer Zelle beschränkt und dieser ist nicht unbedingt mit der Proteinexpression korreliert (Stoll et al., 2002). Dies liegt u.a. daran, dass lediglich die RNA-Menge erfasst wird, nicht aber die Zeit, die die RNA in der Zelle stabil ist und somit nicht die Proteinmenge. Zusätzlich sind Informationen über posttranslationale Protein-Modifikationen und Wechselwirkungen mit anderen Molekülen wichtige Parameter, die es zu erfassen gilt. Da Proteine letztendlich die agierenden Moleküle sind, welche die lebensnotwendigen Funktionen einer Zelle vermitteln (Schrattenholz, 2001), werden Informationen über die Art und Menge von Proteinen, ihre posttranslationale Modifikation und Wechselwirkungen mit anderen Molekülen benötigt. In diesem Gebiet, der Proteomanalyse, besteht also Bedarf nach Hochdurchsatzmethoden, die eine schnelle, direkte und quantitative Bestimmung ermöglichen.

Protein-Chips: Vielzahl von Wechselwirkungen

Daher wurde versucht, die etablierte DNA-Microarray-Technologie auch für Proteine nutzbar zu machen, wobei grundsätzlich beachtet werden muss, dass sich Nucleinsäuren und Proteine stark voneinander unterscheiden. Somit liegen die Wurzeln der Proteinarrays sicherlich auf DNA-Chip-Ebene; allerdings unterscheiden sich hinsichtlich der Bestimmung und der Art der Fängermoleküle Protein-Microarrays grundsätzlich von DNA-Microarrays. Während die DNA-Microarrays nur auf einer Art von Wechselwirkung beruhen (komplementäre Basenpaarung), kommen bei Protein-Microarrays eine Vielzahl von molekularen Wechselwirkungen zum

Einsatz. Mögliche Interaktionen sind Antigen/Antikörper-Reaktion, Protein/Protein-, Nucleinsäure/Protein-, Peptid/Protein-, Enzym/Substrat- und Rezeptor/Ligand-Wechselwirkung. Weitere Vorteile von DNA-Microarrays bestehen darin, dass die Sequenz der Fängermoleküle durch die komplementäre Natur der DNA vorhergesagt werden kann und Methoden wie PCR-Amplifizierung und Oligonukleotidsynthese die effiziente und kostengünstige Herstellung einer Vielzahl von Fängermolekülen ermöglichen. Im Gegensatz hierzu ist es schwierig für Protein-Microarray-Systeme Fängermoleküle ausgehend von einer Aminosäuresequenz „vorherzusagen“, weil die biologische Aktivität von Proteinen durch sehr unterschiedliche und individuelle molekulare Strukturen bestimmt wird. Neue leistungsfähige Verfahren für die Produktion, die Identifizierung und die Aufreinigung von geeigneten Fängermolekülen sind daher entscheidend für die Protein-Microarray-Technologie. Für Protein-Microarrays lassen sich prinzipiell alle molekularen Wechselwirkungen einsetzen, bei denen sich zwei Partnermoleküle spezifisch erkennen (Vöhringer et al., 2002).

Funktionsprinzip

Proteinarrays sind miniaturisierte Multiparameter-Systeme, bei denen entweder Proteine als Fängermoleküle eingesetzt werden oder aber Proteine die Zielmoleküle sind, die durch spezifische Fängermoleküle, darunter auch nicht-Protein-Moleküle, nachgewiesen werden sollen.

Proteinarrays bestehen aus einem planaren Trägermaterial, z.B. Glas oder Kunststoff (Angenendt et

Abbildung 1: Vergleich zwischen einem DNA und einem Protein Chip. Anstelle der Gensonden sind auf dem Proteinchip Antikörper gebunden. Die Hybridisierung erfolgt entweder mit fluoreszenzmarkierten cDNA oder mit fluoreszenzmarkierten Proteinen.

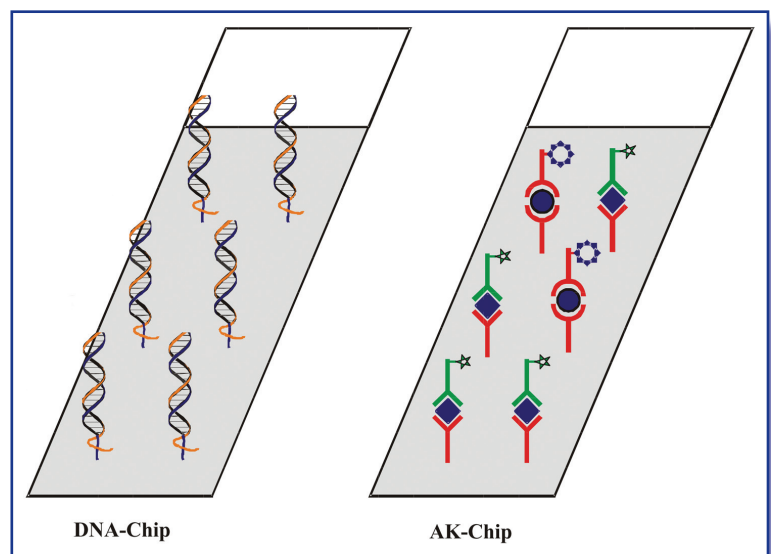
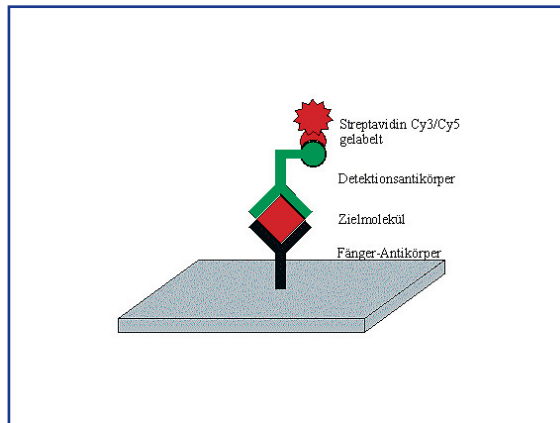


Abbildung 2:
Schematischer
Aufbau eines
Sandwichimmuno-
assays.



al., 2002), auf dessen derivatisierter oder beschichteter Oberfläche spezielle Drucker unterschiedliche Fängermoleküle, z.B. Antikörper, in Form von Microspots ($<200\ \mu\text{m}$) in Reihen und Spalten aufbringen (Bachmann & Vöhringer, 2002). Jeder Microspot enthält nur eine Art von Fängermolekülen. Diese immobilisierten Fängermoleküle binden ihre spezifischen Zielmoleküle aus einer komplexen Lösung. Die gebundenen Zielmoleküle können durch verschiedene Detektionsverfahren, die z.B. auf Fluoreszenz, Chemilumineszenz oder Radioaktivität beruhen, nachgewiesen werden.

Antikörperarrays enthalten hunderte verschiedene, monoklonale Antikörper, die auf einem chemisch modifizierten Glasträger kovalent gebunden vorliegen. Die Antikörper werden benutzt, um fluoreszenzmarkierte Proteine aus einer Probe zu binden. Die Bedeutung der Proteinarray-Technologie zeigt sich besonders in ihren verschiedenen Anwendungsgebieten, die von Interaktionsstudien in der Grundlagenforschung über medizinische Diagnoseverfahren bis hin zur Wirkstoffentwicklung in der pharmazeutischen Industrie reichen. Es ist zu erwarten, dass der Einsatz von Protein-Microarrays zu neuen weitreichenden Erkenntnissen in diesen Gebieten führen wird, da es erst durch diese Technologie möglich geworden ist, eine Vielzahl von Interaktionen im Hochdurchsatzverfahren zu untersuchen. Bei erfolgreicher Weiterentwicklung und Bewältigung der noch bestehenden Probleme kann man davon ausgehen, dass der Einsatz von Protein-Microarrays in Zukunft genauso gängig und weit verbreitet wie die Verwendung von DNA-Chips sein wird.

Anwendungen

Die möglichen Anwendungen von Protein-Microarrays sind sehr vielfältig, da im Prinzip verschiedene Fängermoleküle bzw. spezifische Interaktionen zwischen Molekülen im Bereich der Proteinarray-Analysen einsetzbar sind. Welche Fängermoleküle gewählt werden, bestimmt die jeweilige Fragestellung, die

hinter einem Experiment steht. Obwohl diese von Experiment zu Experiment ganz unterschiedlich ist, lassen sich laut Zhu & Snyder (2003) grundsätzlich zwei Typen von Proteinarray-Analysen gegenüberstellen: „analytische Microarrays“ und andererseits „funktionelle Microarrays“. In analytischen Microarray-Experimenten werden Fängermoleküle in hoher Dichte auf den Chip gebracht (z.B. Antikörper oder Antigene), um aus einem komplexen Gemisch die interessierenden Proteine zu detektieren. Man will also mit analytischen Microarrays das Vorkommen und die Menge von bestimmten Proteinen untersuchen. Sie haben daher für diagnostische Zwecke und für das sog. „protein profiling“, bei dem Proteinexpressionsprofile untersucht und verglichen werden, eine große Bedeutung.

Für funktionelle Microarrays wird ein Satz von gereinigten Proteinen oder sogar ein ganzes Proteom auf der Microarray-Oberfläche immobilisiert (reverse-phase-arrays), um auf eine Reihe von biochemischen Eigenschaften (z.B. Wechselwirkung mit anderen Proteinen, Substraten, etc.) hin untersucht zu werden. Funktionelle Protein-Microarrays stellen daher ein großes Potenzial sowohl in der Grundlagenforschung als auch für das Wirkstoff-Screening und die Identifikation von Medikamentenzielen in der Pharmaindustrie dar. Ein weiteres großes biotechnologisches Einsatzgebiet von Proteinarrays ist die Optimierung der industriellen Produktion rekombinanter Proteine wie beispielsweise TPA (Tissue Plasminogen Activator) über die Modifizierung der Produktionsstämme hinsichtlich Quantität und Qualität der Zielproteine als auch geeigneter Aufreinigungsprozesse.

Oberflächenchemie und Bindung der Proteine

In der DNA-Microarray-Technologie ist Glas das bei weitem gebräuchlichste Trägermaterial (Schna, 2003). Seine Eigenschaften wie geringe Eigenfluoreszenz, ein hohes Maß an chemischer und physikalischer Stabilität und geringe thermische Expansion machen es zu einem geeigneten Substrat. Je nach Art der Modifizierung kann man zwischen einem „surface treatment“ und einem „surface coating“ unterscheiden. Beim „surface treatment“ entsteht ein reaktiver Monolayer durch die kovalente Bindung von linker-Molekülen an die Glasunterlage, während beim „surface coating“ ein dünner Film (z.B. Agarose) aufgebracht wird und dieser in nicht-kovalenter Weise mit der Glasoberfläche wechselwirkt (Schna, 2003). Zur Immobilisierung von Proteinen als Fängermoleküle zeigen dreidimensionale softe Oberflächen, die Proteine passiv ad- und absorbieren, Vorteile gegenüber planaren, so dass für Proteinarrays teilweise wieder klassische Membranoberflächen genutzt werden.

Limitationen

Grundsätzlich muss bei der Übertragung der DNA-Microarray-Technologie auf Proteine beachtet werden, dass sich Nukleinsäuren und Proteine stark voneinander unterscheiden. Im Gegensatz zu den physikochemisch robusten Nukleinsäuren sind Proteine die labileren Moleküle, die gegenüber den äußeren Bedingungen wie Temperatur, pH-Wert und Ionenstärke empfindlich sind und dazu führen, dass gedruckte Proteinarrays nur eine begrenzte Haltbarkeit zeigen. Diese Unterschiede in der molekularen Struktur und physikochemischen Eigenschaften zwischen DNA und Proteinen erschweren die technologische Entwicklung von Protein-Microarrays. Dabei stellt die Bindung von Proteinen auf der Chip-Oberfläche unter Erhalt ihrer nativen Konformation eine große Herausforderung dar. Einerseits wird versucht, labile Fängermoleküle durch stabile Moleküle wie Aptamere zu substituieren, andererseits besteht eine vielversprechende Möglichkeit die Konformation der gebundenen Proteine zu stabilisieren in der Verwendung dreidimensionaler Membransubstrate. Allerdings besitzen klassische Nylon oder Nitrocellulose-Membranen eine sehr hohe Eigenfluoreszenz, die zu einem schlechten Signal/Rausch/Verhältnis führt und die Datenauswertung erschwert. Verschiedene Hersteller versuchen daher, neue Membranen zu entwickeln, die sich durch eine geringere Eigenfluoreszenz und eine höhere Bindungskapazität auszeichnen. In der Oberflächenchemie sind noch weitreichende Entwicklungen zu erwarten.

Eine weitere Limitation in der Protein-Microarray-Technologie liegt in der Herstellung einer großen Menge von spezifischen Fängermolekülen. Ein Verfahren zur schnellen Produktion von Fängermolekülen bietet die Phage-Display-Methode. Neben der Erzeugung vielfältiger, spezifischer Antikörper ist auch die Herstellung von alternativen Fängermolekülen, wie Aptameren wichtig. Aptamere sind hoch affine Nukleinsäuren, die an ihre Targetstruktur mit großer Spezifität und Stärke binden, dabei aber durch ihre biochemische Struktur biologisch abbaubare, nicht toxische Substanzen darstellen. Die Weiterentwicklung von Methoden zur Herstellung von umfangreichen Fängermolekül-Bibliotheken wird ein entscheidender Schritt in der Protein-Microarray-Technologie sein. Davon wird abhängen, in welchem Umfang diese Technologie zum Nachweis von Zielmolekülen genutzt werden kann.

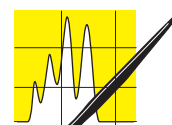
Zusammenfassung und Ausblick

Proteinarrays sollen Informationen über die Art und Menge von Proteinen, ihre posttranslationalen Modifikationen und Wechselwirkungen mit anderen Molekülen liefern, um somit die erfolgreich eingesetzte und hoch entwickelte DNA-Microarray-Technologie auf das Gebiet der Proteinforschung zu übertragen

und damit die Vorteile von Miniaturisierung, Automatisierung und Parallelisierung auch in der Untersuchung von Proteinen nutzbar zu machen. So wie DNA-Microarrays die Analyse der Genexpression auf mRNA-Ebene erlauben, ermöglichen Protein-Microarrays die Expressionsmusteranalyse auf Proteinebene und können daher als geeignetes Werkzeug in der Proteomanalyse zur Erkennung von Proteinmustern und deren Zuordnung zu bestimmten Zuständen angesehen werden. Durch die Übertragung der hochentwickelten DNA-Chiptechnologie auf die biotechnologischen Bereiche Protein-Analytik, industrielle Produktion, Umweltanalytik und die medizinische Diagnostik wird es künftig möglich sein, Prozesse wie Altern und Hormonstatus, frühe Diagnose von Erbkrankheiten, Krebs und Allergien, Medikamentenauswahl und -mengen, Wirksamkeit von Kosmetika und Waschmitteln, Lebensmittelqualität, Umweltverschmutzungen, mikrobiologische Zusammensetzungen von Fermentationen, genetisches Potential von Produktionsstämmen, Zellentwicklung und Differenzierung einfach, schnell und preiswert zu analysieren. Die herausragende Bedeutung der Protein-Microarray-Technologie zeigt sich besonders in ihren verschiedenen Anwendungsgebieten, die von Interaktionsstudien in der Grundlagenforschung über medizinische Diagnoseverfahren bis hin zur Wirkstoffentwicklung in der pharmazeutischen Industrie reichen. Es ist zu erwarten, dass der Einsatz von Protein-Microarrays zu neuen weitreichenden Erkenntnissen in diesen Gebieten führen wird, da es erst durch diese Technologie möglich geworden ist, eine Vielzahl von Interaktionen im Hochdurchsatzverfahren zu untersuchen. Diese kurze Auflistung zeigt bereits das weitreichende Potential und damit auch die zu erwartenden wirtschaftlichen Aspekte der Chip-Technologie für die molekularbiologische Diagnostik. Die DNA-Chiptechnologie wird im Jahre 2005 ein geschätztes Marktvolumen von einer Milliarde USD übersteigen (Frost & Sullivan, Report on DNA-Microarrays).

Literatur

- [1] Angenendt et al., 2002 *Analytical Biochemistry*, 309:253-260
- [2] Ermolaeva et al., (1998), *Nat. Genet* 20: 19-23
- [3] Frost & Sullivan (2003) Report on DNA Microarrays
- [4] Schena et al., (1998), *Trends in Biotechnology* 16, 301-306
- [5] Stoll et al., 2002 *Frontiers in Bioscience*, 7:c13-c32
- [6] Vöhringer et al, 2002, *transkript LABORWELT*, Nr.III:24-29
- [7] Zhu H & Snyder M, (2003) *Current Opinion in Chemical Biology*, 7:55-63



AUFSÄTZE

Die Tarnkappe der Borrelien

Mechthild Kässer

Normalerweise wird das Immunsystem innerhalb von Minuten aktiv, wenn etwa durch einen Zeckenbiss Krankheitserreger in den Körper eindringen. Aber nicht immer reagiert die Abwehr spontan und zuverlässig. Einige Bakterien und Viren haben im ewigen Kampf zwischen Mikroorganismus und Wirt Wege zum Überleben gefunden. Eine ihrer Strategien konnten Wissenschaftler um P. Zipfel [1] vom Hans-Knöll-Institut, Jena in den vergangenen vier Jahren in ihren Einzelheiten aufdecken. Erreger der Borreliose umgeben sich mit einem Umhang aus Molekülen ihres Wirts, werden so nicht als Fremde erkannt und bleiben unbehelligt. Die Erkenntnisse versprechen neue Ansätze für Vorbeugung und Therapie nicht nur der Borreliose, sondern auch anderer Infektionskrankheiten.

Sommerzeit ist Zeckenzeit, und die Schildzecke *Ixodes ricinus* (auch „Gemeiner Holzbock“ genannt) hat es in sich. Die winzigen Wegelagerer beherbergen gefährliche Krankheitserreger und können sie bei einem Biss zusammen mit ihrem Speichel übertragen. Auch dieses Jahr werden sie in Deutschland wieder – so schätzt das Robert-Koch-Institut – etwa 150-200 Menschen mit Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME) und 30-60 tausend Menschen mit Borreliose (s. Kasten) anstecken. Während man sich vor FSME durch eine Impfung schützen kann, gibt es gegen Borreliose noch kein Impfserum. Auch der in den USA zugelassene Impfstoff wirkt nur gegen einen Teil der in Europa gefährlichen Borrelienstämme.

Aus Untersuchungen hiesiger Zecken weiß man, dass etwa 10-30 % dieser kleinen Spinnentiere mit Erregern der Gattung *Borrelia burgdorferi* verseucht sind. Biologen unterscheiden zwischen elf verschiedenen Borrelien-Unterarten. Einige von ihnen infizieren nur kleine Säugetiere, andere ausschließlich Vögel, wieder andere haben sich nicht auf einen bestimmten Wirt spezialisiert, drei sind für Menschen gefährlich. Offensichtlich können sich einige Unterarten an die Immunabwehr (s. Kasten) ihres Wirts anpassen, entgehen der Vernichtung und lösen allmählich die Krankheit aus. Wie ihnen das im

Die Autorin:

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

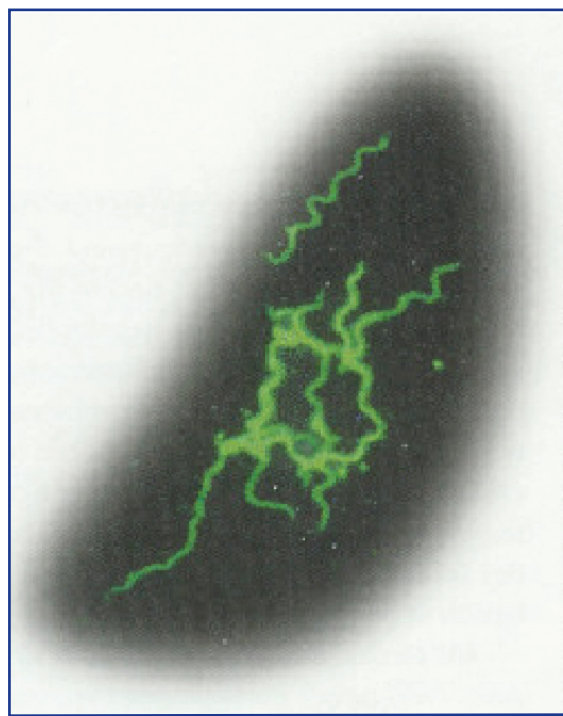


Abbildung 1: Ein Bakterium *Borrelia* mit seinem Tarnumhang aus Proteinen des menschlichen Immunsystems, sichtbar gemacht durch grüne Fluoreszenzfärbung.

Einzelnen gelingt, was sich auf molekularer Ebene abspielt, haben Mikrobiologen und Immunologen nun aufgedeckt.

Erste In-vitro-Versuche mit Unterarten von *B. burgdorferi* zeigten, dass einige Stämme durch menschliches Blutserum getötet werden, andere nicht [2]. Ausgeweitet auf andere Wirte wie Vögel, Reptilien, Nager und Wiederkäuer, ergibt sich ein bestimmtes Muster der Empfindlichkeit bzw. Widerstandskraft gegenüber den Wirtsseren. Dabei sind die jeweils resistenten Arten auch diejenigen, die übertragen werden können. Bald wurde klar [3], dass die Bestandteile des Serums, welche die Bakterien vernichten, die Eiweiße des Wirt-Komplementsystems sind, eines Teils des angeborenen Immunsystems (s. Kasten S. 183), dass es aber auch eine Möglichkeit gibt, ihm zu entgehen.

Da das Komplement-System als wichtiges Immunabwehrsystem ständig auf dem Sprung ist, alles anzugreifen, was fremd ist d. h. was bestimmte

Kurz wiederholt

Borreliose Auslöser der Krankheit ist *Borrelia burgdorferi*, ein dünnes, spiralig gewundenes und gut bewegliches Bakterium, das abwechselnd in Zecken und, durch Zeckenbiss übertragen, in verschiedenen anderen, zum Teil nur bestimmten Wirten lebt. Für Menschen sind die Unterarten *B. burgdorferi sensu stricto*, *B. garinii* und *B. afzelii* gefährlich. Sie verursachen zunächst eine charakteristische Hautrötung um die Einstichstelle, die meist nach wenigen Tagen wieder verschwindet. Antibiotika sind die Medikamente der Wahl, um eine spätere chronische Verlaufsform zu verhindern, die Nervensystem, Gelenke, Herz und Haut schädigt und schwer oder gar nicht mehr heilbar ist. An einem Impfschutz gegen die in Europa verbreitete Borreliose wird gearbeitet.

Immunabwehr Das Abwehrsystem des Körpers hat die Aufgabe, eindringende Mikroorganismen oder fremde Zellen oder Strukturen - allgemein Antigene - zu erkennen und zu zerstören. Es ist in zwei gestaffelten Verteidigungslinien organisiert. Jeder Eindringling trifft zunächst auf das *angeborene Immunsystem*, das aus den im Blut patrouillierenden Eiweißen des Komplementsystems und aus Phagozyten besteht und innerhalb von Minuten, immer nach dem gleichen Muster zuschlägt. Im Gegensatz dazu wird das *erworbene Immunsystem* erst Tage und Wochen später wirksam. In seiner Anlaufzeit regt es die Herstellung und Aktivierung von antigenspezifischen B- und T-Zellen und die Bildung von Antikörpern an. Es lernt und bildet ein Gedächtnis für die fremde Struktur aus, sodass es sie sofort, wenn sie ihm ein zweites Mal begegnet, mit genau passenden Waffen schlagen kann.

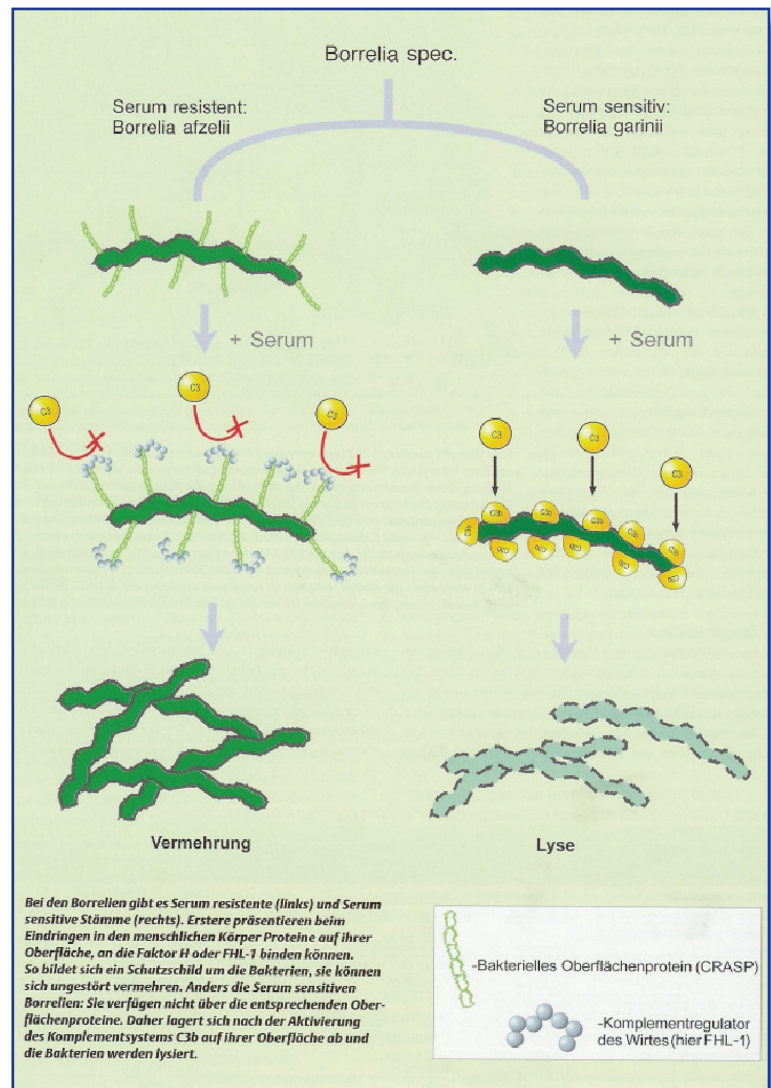
Komplementsystem Das Komplementsystem ist Teil des angeborenen Immunsystems und ergänzt („komplementiert“) die auf Antikörper gestützte Abwehr. Es umfasst über 40 Eiweiße, die gelöst im Blut zirkulieren oder an Zellen gebunden sind. Treffen sie auf fremde Strukturen, so wird sofort eine Aktivierung der Komplement-Eiweiße angeregt, die sich kaskadenartig fortsetzt. Dabei entstehen auch Entzündungen auslösende Peptide. Der entscheidende Vorgang ist aber die Beladung des Fremdlings mit Bruchstücken des Komplementproteins C3, den C3b-Molekülen. Jede mit ihnen markierte Struktur wird Opfer von Phagozyten (Fresszellen), die sie mit Hilfe von Rezeptoren erkennen und einfangen, um den Hapen schließlich zu vertilgen. Ein anderer Mechanismus führt über die löchrige Auflösung der Zellmembran zum Tod des Erregers.

Merkmale nicht vorzeigen kann, müssen sich alle Körperzellen durch bestimmte Strukturen auf ihrer Oberfläche als „eigen“ ausweisen. Dazu besitzen sie Anker-Moleküle, die sich für den Körper charakteristische Verbindungen aus dem Blut herausfischen und festhalten, um sie jederzeit der Immunabwehr als Überlebensberechtigung zu präsentieren. Solche schützenden Kontrollmoleküle oder Komplement-Regulatoren sind beim Menschen z. B. Faktor H und FHL-1/Reconectin, zwei verwandte lösliche Plasmaproteine, die sich von einem Gen herleiten und früh in die Komplement-Aktivierung eingreifen. Sie steuern u. a. die Bildung von C3b.

Seit Ende der 90er Jahre wissen wir, dass eine Reihe menschlicher Krankheitserreger sich mit solchen menschlichen Komplementregulatoren vor Angriffen zu schützen wissen. Dazu gehören *Streptococcus pyogenes* und *pneumoniae*, die Scharlach und Lungenentzündung verursachen, *Neisseria gonorrhoeae* (Gonorrhö), der Hautpilz *Candida albicans* und der HI-Virus. Auch bei Borrelien verbessern die Stämme,



Abbildung 2: Überleben und Vergehen von Borrelioseerregern, die auf das angeborene Immunsystem treffen.



welche die Regulatoren binden und sich als „eigene Zellen“ ausgeben können, ihre Überlebenschancen im menschlichen Körper [4]. (Abbildung 1)

Den Forschern aus Jena, Frankfurt, Hamburg und Heidelberg gelang es, bei resistenten Borrelien zwei Oberflächeneiweiße auszumachen, die Faktor H und FHL-1/Reconnectin ankoppeln. Nachweislich schützen die Kontrollmoleküle in dieser Verbindung vor Angriffen des Immunsystems, indem sie die Beladung der Bakterienoberfläche mit C3b verhindern. Die beiden Proteine, die abgekürzt für „complement regulator acquiring surface protein“ CRASP 1 und 2 genannt wurden, unterscheiden sich in ihrer Größe und Bindungsstärke und reagieren mit einem bzw. zwei verschiedenen Bereichen der Komplementregulatoren. Das kleinere Oberflächeneiweiß wird aber nicht von allen resistenten Stämmen gebildet. Inzwischen wurden drei weitere CRASP-Proteine entdeckt. In Zusammenarbeit mit britischen Wissenschaftlern gelang es letztes Jahr, die atomare Struktur von CRASP-1 aufzuklären[5]. Damit rückt das Ziel, aus dem Verständnis des Tarn-Mechanismus neue Strategien für Vorbeugung und Heilung der Borreliose abzuleiten, ein gutes Stück näher, denn mit der genauen Kenntnis der chemischen Struktur kann man nun gezielt nach geeigneten Medikamenten suchen oder sie entwerfen. (Abbildung 2)

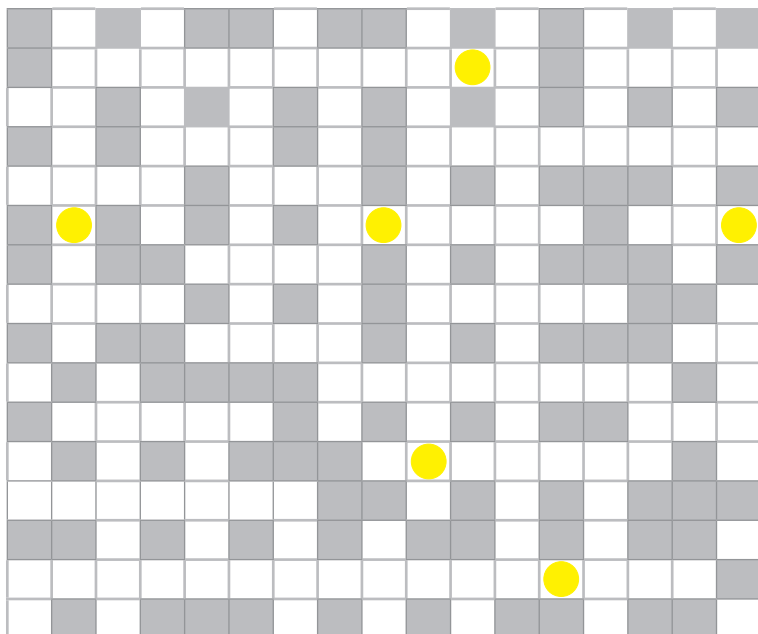
Die intensive Borrelioseforschung der letzten Jahre hat uns auch Einsichten in die Art und Weise gebracht, wie die Bakterien übertragen werden. Dabei läuft das Geschehen nicht einfach mechanisch ab, es

ist vielmehr ein höchst komplizierter biologischer Vorgang mit zahlreichen molekularen Wechselwirkungen und unterschiedlichem Erfolg. Wahrscheinlich treffen die Borrelien schon dann auf das Komplementsystem des Wirts, wenn sie sich bei der Blutmahlzeit der Zecke in deren Darm befinden[6]. Dadurch bauen widerstandsfähige Stämme noch in der saugenden Zecke ihren Schutzschild gegen das Komplementsystem auf, während empfindliche Stämme dort vernichtet und evtl. durch andere, mit dem Blut aufgenommene Varianten ersetzt werden.

Literatur

- [1] Zipfel P., Kraiczy P., Hellwage J. Das tägliche Versteckspiel Biologie in unserer Zeit 32 (2002) 371-379
- [2] Brade V. et al. Differences of two Borrelia burgdorferi strains in complement activation and serum resistance Immunology 185 (1992) 453-465
- [3] Breitner-Ruddock S. et al. Heterogeneity in the complement-dependent bacteriolysis within the species of B.burgdorferi Med. Microbiol. Immunol. 185 (1997) 253-260
- [4] Kraiczy P., Skerka CH., Kirschfink M., Brade V., Zipfel P. Immun evasion of B. burgdorferi by acquisition of human complement regulators FHL-1/reconnectin and Factor H Eur. J. Immunol. 31 (2001) 1674-1684
- [5] Cordes F., Roversi P., Kraiczy P. u.a. A novel fold for the factor H-binding protein BbCRASP-1 of Borrelia burgdorferi Nature Structural and Molecular Biology 12 (2005) 276-277
- [6] Kurtenbach K. Host association of Borrelia burgdorferi sensu lato-the key role of host complement Trends in Microbiology 10 (2002) 74-79

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



Unser erstes Buchprojekt kommt – mit leichter Verspätung – bald heraus. Hier eine Rätselprobe aus dem Buch.



**Die Gewinne:
10 X dieses Buch!**

Begriffe der Chemie sind der Inhalt des folgenden Kreuzworträtsels. Dabei sind Begriffe und Namen mit der unten erklärten Bedeutung in die Kästchen einzutragen. Die richtigen Stellen sind nicht numeriert, sondern durch Ausprobieren und Kombinieren zu finden. Eine Hilfe bietet das (w) und (s) nach einer Erklärung, die für waagrecht und senkrecht stehen. Das **Lösungswort** aus der sinnvollen Buchstabenkombination der gelb gekennzeichneten Felder sagt, was der CLB-Comic unterhaltsam vermitteln soll. Bitte senden Sie dieses Lösungswort bis zum **31. August 2005** per e-Mail (redaktion@clb.de) oder Fax (06223-9707-41) oder Postkarte an die Redaktion. Sagen Sie uns doch auch, ob der Comic „ankommt“ – ja oder nein.

Begriffe mit einem Buchstaben:

- schwerstes natürlich vorkommendes Element
- ohne dieses Element können wir nicht leben
- das leichteste gasförmige Element

Begriffe mit zwei Buchstaben:

- das Element, das nach unserem Erdteil benannt ist (s)
- das Element mit $4f^{12} 5d^9 6s^2$ (s)
- ein „verborgenes“ edles Element (s)
- ein Leichtmetall mit drei Elektronen auf der äußeren Schale (s)
- das Element mit acht Elektronen auf der äußeren (der fünften) Schale (w)
- die Verbindungen dieses Elementes sind sehr giftig (w)

Begriffe mit drei Buchstaben:

- Druckmaß für Absolutdruck, veraltet (s)
- anderes Wort für Eisenbahn (s)
- Abkürzung für abgeschwächte Totalreflexion (Verfahren bei der IR-Spektroskopie) (w)
- Einheit des elektrischen Widerstandes (w)
- Abkürzung für Desoxyribonukleinsäure (w)
- Kurzform für eine akademische Lehranstalt (w)

Begriffe mit vier Buchstaben:

- ein anderes Wort für klein (s)
- nur eine ... ist in der Analyse vorhanden (s)
- Stannum auf deutsch (w)
- plötzlich auftretend (w)
- „in Blättchen“ auf lateinisch, abgekürzt (w)
- ...-plaste, eine Bezeichnung für aushärtende Kunststoffe (w)
- größeres numerisches Werk eines Komponisten (w)

Begriffe mit fünf Buchstaben:

- eine ungesättigte organische Verbindung (s)
- das häufigste Edelgas (s)

- Kolloid: Flüssigkeit in Gas (s)
- Einheit des Lichtstroms (w)
- eine gesättigte organische Verbindung (w)

Begriffe mit sechs Buchstaben:

- gesättigte organische Verbindungen (s)
- einen ... machen wir, wenn wir eine Substanz im Labor herstellen oder wenn wir eine Aufgabe rechnen wollen (w)

Begriffe mit sieben Buchstaben:

- Begründer des drahtlosen Nachrichtenverkehrs, italienischer Physiker (s)
- Monosaccharid (s)
- betäubendes Gas, das angeblich sehr lustig macht (w)
- tägliche Information durch die ... (w)

Begriffe mit acht Buchstaben:

- Messgerät für den Nachweis der Achsendrehung der Erde (s)
- mit Metallfäden umwickelt, umspinnen (w)
- Stadt in Sachsen, die den vorderen Teil unserer Wissenschaft enthält (w)

Begriffe mit neun Buchstaben:

- chemischer „Vulgär“-Ausdruck für Reaktionsmechanismus (s)

Begriffe mit zehn Buchstaben:

- so heißen organische Verbindungen mit Benzolringen (s)

Begriffe mit elf Buchstaben:

- fotografisches Aufnahmeverfahren im Laserlicht mit dreidimensionaler Wiedergabe (w)

Begriffe mit dreizehn Buchstaben:

- war vor Haber-Bosch Rohstoff für Schießpulver (s)

Begriffe mit fünfzehn Buchstaben:

- „Reinigung von radioaktiven Stoffen“ (s)

Begriffe mit sechzehn Buchstaben:

- Betrieb zur Erzeugung von Eisen und Stahl (w)

Auf dem Weg zum „Lab on the Chip“

Stephen Schulz

Traditionell veröffentlicht die CLB Arbeiten der Teilnehmer am Wettbewerb „Jugend forscht“. Nach zwei zweiten Plätzen belegte Stephen Schulz nun dabei den ersten Platz. Nicht nur das: Mitte Mai erhielt er bereits den mit 50000 US-Dollar dotierten „Young Scientist Award“ der Intel Foundation. An dem Wettbewerb hatten etwa 1500 junge Forscher aus 45 Ländern teilgenommen. Stephen Schulz wurde auch zu einem Nachwuchs-Wissenschaftswettbewerb nach China sowie zum „17th European Union Contest for Young Scientists“ nach Moskau eingeladen, ebenso zur kommenden Nobelpreis-Verleihung nach Stockholm. In dieser und in der folgenden CLB erläutert er seine aktuellsten Arbeiten, die von Grundlagen der Metallorganik zum „Lab on the Chip“ führen.

1. Einleitung

Durch die Jugend-forscht-Projekte 2003 und 2004 wurden Methoden aufgezeigt, Radikalfänger auf Anthocyanbasis zu isolieren und auch zu synthetisieren. Besonders die entwickelten Analyseverfahren besitzen großes Potenzial für die Anwendung im „lab on the chip“. Es zeigte sich auch, dass die entwickelten elektroorganischen Synthesemethoden für Radikalfänger auch allgemeine Relevanz in der präparativen organischen Chemie besitzen, weshalb es sich lohnt die Techniken für eine breite Anwendung weiter zu entwickeln. Durch die Übertragung der Mikrostrukturkonzepte des lab on the chips auf die präparative Synthesechemie ergeben sich neue Möglichkeiten dem Leitsatz „milder, schneller und selektiver...“ [2] in der Wirkstoffsynthese gerecht zu werden.

„milder...“ Durch die „Jufo-Arbeit 2004“ [1] konnte aufgezeigt werden, dass es mit Hilfe von elektrischem Strom in mehrerer Hinsicht besser möglich ist, eine bekannte zinkorganische Verbindung [3] darzustellen, als in der „normalen“ Direktsynthese. Deshalb wird die Methode in dieser Arbeit bei der Synthese von lithium- und magnesiumorganischen Verbindungen angewandt, auf Grund deren besonderer Bedeutung

Der Autor:

Stephen Schulz aus Gelsenkirchen ist Bundessieger im Bereich Chemie des Wettbewerbs „Jugend forscht“ vom Juni dieses Jahres. Mitte Mai erhielt er bereits den mit 50000 US-Dollar dotierten Young Scientist Award der Intel Foundation, zusammen mit etlichen weiteren Preisen. Stephen Schulz absolvierte gerade erfolgreich sein Abitur. Er will in Münster Chemie studieren.



in der organischen Chemie [3]. Es zeigte sich, dass es möglich ist, diese Verbindungen unter „Elektroendruck“ effektiver, sicherer und vor allem unter *milderen* Bedingungen (Verzicht auf starke Reduktionsmittel zur Freisetzung von Mg und Li aus ihren Verbindungen) einfacher darzustellen, wodurch sich auch eine industrielle Anwendung lohnen würde.

Bei Untersuchungen zur Synthese „anorganischer Grignard-Verbindungen“ [4] unter „Elektronendruck“ zeigte sich, dass es mit Hilfe solcher Verbindungen als Katalysatoren möglich ist, aus anorganischen Salzen Magnesium elektrolytisch abzuscheiden, was zuvor nicht möglich war [6]. Die Anwendung dieser Methode ermöglicht zum einen die Herstellung von Magnesiumelektroden für meine Untersuchungen und die Mikrogalvanoformung, durch die mikrotechnische Bauteile aus Magnesium im LIGA-Verfahren (Lithographie, Galvanik, Abformung)[5] erzeugt werden können. Aus der Beschäftigung mit diesen Perspektiven in der Mikrostrukturtechnik entstand die Idee die Analysemethoden für Radikalfänger aufzugreifen und nun auch die „Hardware“ zu den Testmethoden zu bauen.

„...schneller“ Durch die Herstellung von Messzellen für die elektrochemische Analytik von Radikalfängern wie auch metallorganischer Reagenzien (siehe oben) aus einfachem Platinmaterial für die Elektronik konnten die Kosten gesenkt werden und wegen der einfachen Konstruktion viel *schneller* eine Anpassung der Apparaturen erfolgen. Mit dem Selbstbau von einer Steuereinheit und verschiedensten „lab on the chip“-Einheiten wurde gezeigt, dass dieses Konzept jetzt schon anwendungsreif ist, entgegen der beginnenden Resignation [11], nachdem sich der „boom“ an Konzeptarbeiten [12, 13, 14] zu dem Thema gelegt hat.

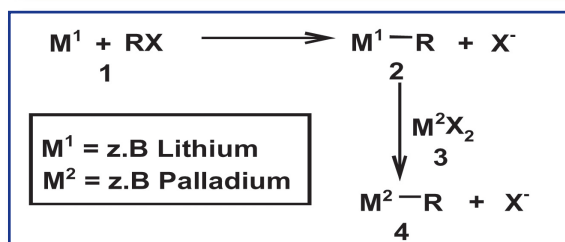
Durch Konstruktion von Messzellen für die elektrochemische Analytik war es möglich, die für die Elektrosynthesen notwendigen Vorstudien einfacher und mit wesentlich geringeren Chemikalienmengen durchzuführen, was Sicherheit, Ökonomie und ökologischen Umgang wesentlich verbessert. Besonders durch die Herstellung einer präparativen Spezialanordnung wurde die elektrochemische Synthese der Kupfer(I)-Verbindungen überhaupt erst möglich.

Durch diese einfachen Methoden zur Herstellung scheint auch ein Nachbau im Chemieunterricht [15] möglich, womit Schülern der Zugang zu einer sehr faszinierenden Methode der modernen Chemie ermöglicht wird.

„...selektiver..“ Durch den Transfer des Konzepts zu Erzeugung von Mikrostrukturen auf präparative Syntheseelektroden konnten die durch Direktsynthese nur sehr schwer zugänglichen Organonitrilkupfer(I) verbindungen elektrochemisch erschlossen werden.. Es wird dabei erstmals das Konzept angewandt, eine metallorganische Verbindung durch Reaktion des Metallkations in der benötigten Oxidationsstufe direkt mit einem elektrochemisch erzeugten Carbanion reagieren zu lassen.

Bei der Anwendung der elektrochemisch gestützten Direktsynthese zeigt sich bei kupfer(I)organischen Verbindungen aus Nitrilen die Problematik, dass an der Anode und Katode je instabile Spezies erzeugt werden, die miteinander zur Reaktion gebracht werden müssen [7]. Um die Ausbeute zu steigern und auch um mit sehr instabilen Spezies arbeiten zu können, wird eine neuartige lithographisch erzeugte Elektrodenanordnung verwendet. Dadurch war die Synthese von einer bekannten Organonitrilkupfer(I) verbindung möglich, die sonst nur in sehr geringen Ausbeuten zugänglich war und somit keine allgemeine Anwendung in der Synthese fand. Zusätzlich wurden bei den Syntheseversuchen auch drei Kupfer(I)-Komplexe gefunden, was die Anwendung der Methode auf katalytisch und pharmazeutisch [9] bedeutende Kupfer(I)-Komplexe erweitert. Bei den Untersuchungen wurde ein interessanter Effekt des Leitsalzes auf die Struktur der Verbindungen gefunden. Die Anwendung der *selektiv* erzeugten kupfer(I)organischen Verbindung ermöglicht die präparative Synthese mit diesem Reagenz, was an einer bekannten Modellreaktion gezeigt wird.

Abbildung 1 (oben): Metallorganische relevante Metalle.
Abbildung 2: (unten) Direktsynthese und Transmetallierung.



2. Elektrometallorganik mit „Elektronendruckmethoden“

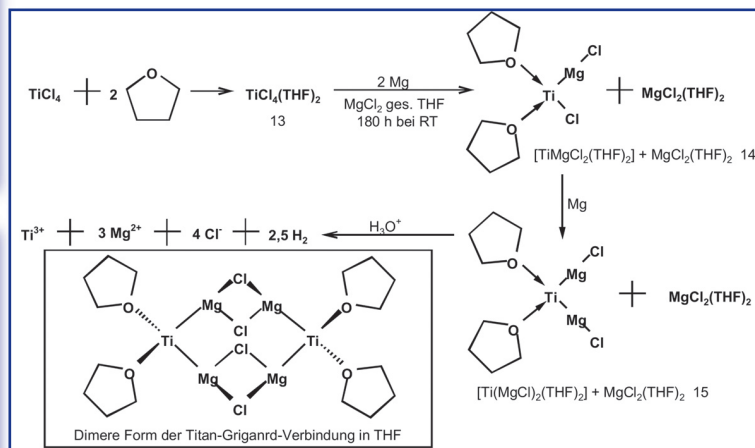
2.1. Konzept: Direktsynthese metallorganischer Verbindungen unter „Elektronendruck“

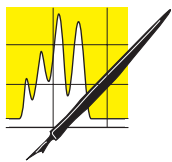


Metallorganische Reagenzien erfreuen sich seit Grignard [16] (1900) immer stärkerer Verwendung in der organischen Synthese. Der Grund dafür liegt im positiv polarisierten (nucleophilen) Kohlenstoff, welcher in der Lage ist mit Kohlenstoff-Elektrophilen (zum Beispiel Halogenalkanen, Carbonylverbindungen) C-C-Bindungsknüpfende Reaktionen einzugehen. Metallorganyle wurden bisher aus 20 Metallen [3] dargestellt. Die Kohlenstoff-Metall-Bindungen unterscheidet man nach Art der Bindung in 4 Klassen (Abbildung 1): Ionische Bindungen (Natrium), kovalente Bindungen mit Mehrzentrenbeteiligung (Lithium, Erdalkalimetalle), Kovalente σ -Bindungen (Elemente der 12-17 Gruppe) und σ - und π -Bindungen mit d-Orbitalbeteiligung (3-11 Gruppe, Kupfer siehe Kap. 4.2.). Die Anwendung hat sich gewandelt von hochspezialisierten Reaktionen, wie der berühmten „Zipper“-Reaktion [9], bis hin zu Routineanwendungen [19] in der Synthese von Natur- und Wirkstoffen. In der Wirkstoffsynthese erfolgt der Einsatz von Butyllithium sogar im industriellen Maßstab [17].

Die Synthese von metallorganischen Verbindungen erfolgt bis heute noch im Direktsyntheseverfahren (Abbildung 2). Da dieses Verfahren nur bei magnesium-, lithium-, zink- und teilweise siliciumorganischen Verbindungen funktioniert, werden andere metallorganischen Verbindungen 4 durch Transmetallieren (zum Beispiel mit Palladiumsalzen 3) der leichter zugänglichen Li-Verbindungen erhalten. Doch diese Methodik weist in der Praxis viele Probleme auf:

Abbildung 2a: Synthese der „anorganischen Grignardverbindung“.




AUFSÄTZE

1. Durch die Direktsynthese wegen der oft problematischen Reaktionsbedingungen sind keine empfindlichen Edukte möglich.
2. Bei der Direktsynthese kann es durch plötzliches Anspringen einer Reaktion zu Gefährdungen kommen.
3. Die Produktausbeuten sind meist sehr gering [18].

Obwohl es möglich ist, metallorganische Verbindungen durch elektrochemische Methoden darzustellen [1] und [7], wodurch viele Nachteile der „substratchemischen“ Variante umgangen werden, scheint diese Methode wegen der schlechten Stromausbeuten für die Synthese von beispielsweise Butyllithium oder Grignard-Verbindungen im größeren Maßstab nicht erfolgversprechend. Bei Versuchen zur elektrochemischen Synthese von Butyllithium zeigte sich, dass sich die Ausbeute nicht proportional zur Stromstärke ändert. Dieses Phänomen, was auf einen elektrostatischen Effekt hindeutet, soll in diesem Teil der Arbeit untersucht werden. Durch diese ersten Versuche wurde eine Hypothese entwickelt, nach der dieser Effekt ausgenutzt werden kann, um metallorganische Verbindungen effizienter darzustellen.

Dazu wird zuerst einmal eine Betrachtung bezüglich des Mechanismus durchgeführt, anschließend werden elektro-analytische Techniken vorgestellt, um die Hypothese bezüglich des Mechanismus weiter zu stützen, und schlussendlich erfolgt ein Vergleich zwischen der

Abbildung 3: Mechanismus der Direktsynthese metallorganischer Verbindungen.

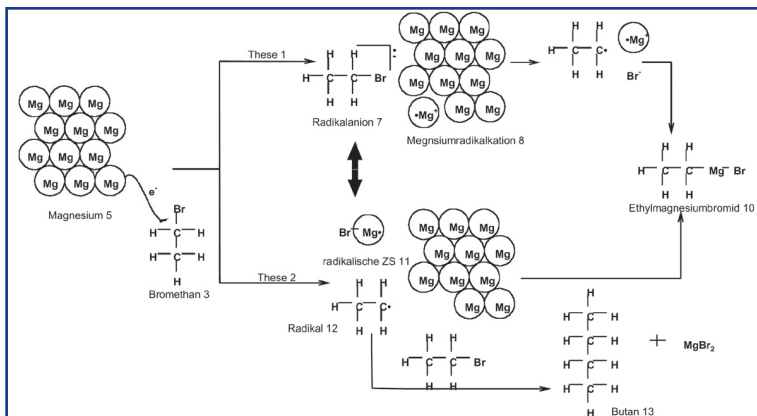


Abbildung 4: Direktsynthesen.

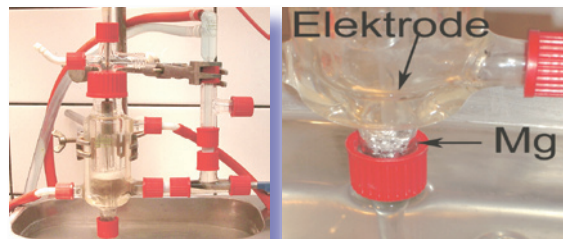
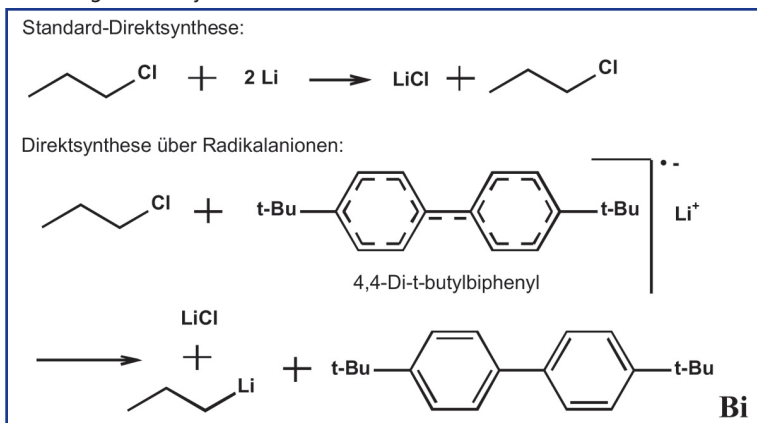


Abbildung 2b: Oben links: Versuchsapparatur; oben rechts: Mg-Späne mit Elektrode; links: Elektrogravimetriapparatur.

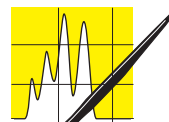
„normalen“ Direktsynthese und der elektrostatisch gestützten Synthese. Die Untersuchungen werden je am Beispiel von Butyllithium und Ethylmagnesiumbromid durchgeführt, weil diese Reagenzien die wichtigsten Verbindungen ihrer Klasse darstellen.

Mechanismus der Direktsynthese metallorganischer Verbindungen am Beispiel des Ethylmagnesiumbromids:

Der Mechanismus der Bildung von Ethylmagnesiumbromid aus Magnesium 5 und Ethylbromid 6 (Abbildung 3) beruht in seinem ersten Schritt auf einem SET (Single-electron-transfer)-Mechanismus [20]. Dazu wird wegen der hohen Elektronegativitätsdifferenz der Bindung ein Elektron vom Magnesium 5 auf das Ethylbromid 6 übertragen. Dies führt dann zur Bildung eines Radikals als Zwischenstufe. Es sind zwei Möglichkeiten denkbar:

1. Es kommt zur Bildung des Radikalkations 7 und einer Magnesiumradikal-Zwischenstufe 8 [21]. Das Radikalkation 7 zerfällt dann durch Dissoziation in ein Ethylradikal 9 und ein Bromid-Ion. Nach dem Zusammentritt des Radikalkations 7 mit dem Magnesiumradikal 8 wird noch das Bromid anion vom Magnesiumkation abgefangen [9] und das Ethylmagnesiumbromid (EtMgBr) 10 entsteht.
2. Der Ethylrest wird sofort vom Magnesium im Ethylbromid 6 verdrängt, woraufhin ein Ethylradikal 12 und eine ungeladene radikalische Zwischenstufe 11 entstehen. Nach dem Zusammentritt der Radikale 12 und 11 entsteht die Grignard-Verbindung 10.

Verschiedene Untersuchungen zeigten, dass Möglichkeit 1 aufgrund des Nachweises von Cyclisierungsprodukten zum Teil in Betracht kommt. Durch den Nachweis von Dimerisationsprodukten [21] 13 und vor allem der MgCl_2 -Bildung (typische Trübung, wenn Grignard-Reaktionen anspringen) wird die 1. These zusätzlich untermauert.



Neben der elektrochemischen Unterstützung [1] solch einer Reaktion durch die elektrochemische Oxidation des Metalls oder der katodischen Bildung von aktivem Magnesium sollte es möglich sein den ersten Schritt elektrostatisch, beziehungsweise unter „Elektronendruck“, zu begünstigen.

Das Konzept der „Elektronendruckmethode“ beruht darauf, dass es möglich sein müsste, die Energiebarriere zwischen dem Elektron im Metallverband und dem Elektron nach Übertragung auf das Ethylbromid, in das antibindende σ^* der C-Br-Bindung, zu verringern. Da diese Aktivierungsenergie klein sein muss (Lithiumorganyle werden bei Raumtemperatur [18] synthetisiert), soll versucht werden, durch anodische Polarisation des Lithium-(beziehungsweise Magnesium-)Metalls diese Energiebarriere leichter zu überwinden. Eine weitere mögliche Wirkung der Polarisation wäre die Erhöhung der Anzahl an Anionen in der Helmholtzschicht der Elektrode/Elektrolyt-Grenzfläche. Dabei ist es möglich, dass bevorzugt negativ teilgeladene Halogenidatome der Edukte dort angezogen werden und so der Elektronentransfer schneller erfolgen kann.

Der Vorteil wäre, auf diese Weise Ethylmagnesiumbromid und vor allem auch das schwerer zugängliche Butyllithium zu synthetisieren. Diese Hypothese würde gestützt, wenn man bei exakt gleichen Bedingungen mehr Butyllithium vorfinden würde als ohne Polarisation des Metalls. Zusätzlich müsste die Ausbeute größer sein als die Stromausbeute, was die Methode zur elektrochemischen Lithiumauflösung unter Stromfluss abgrenzt.

2.2. Synthese von n-Butyllithium

Die technische Synthese von n-Butyllithium erfolgt ausgehend von 1-Chlorbutan (aus Kostengründen, auch wenn Brombutan besser reagieren sollte) mit Lithium-Metall, wie es auch im Labor erfolgt. Da hier Butyllithium (welches mittlerweile kommerziell

erhältlich ist [22]) nur als Beispiel gilt, sei darauf verwiesen, dass besonders die Herstellung von Alkenyllithiumverbindungen [23] im Labor große Probleme bereitet. Für die Direktsynthese von Butyllithium aus Lithium und Chlorbutan sind folgende Methoden bekannt (Abbildung 4):

1. Umsetzung im Ultraschallbad [24]
2. Verwendung von Glasscherben (!) zur Oberflächenaktivierung [23]
3. Verwendung einer Rasierklinge (!) zur Oberflächenaktivierung [23]
4. Verwendung von reaktiven Lithiumdispersionen [18]
5. Verwendung von Radikalanionen [3]

In den Fällen 1 bis 4 beruhen die Verfahren auf der Aktivierung der Oberfläche, die wegen einer passivierenden Schicht nicht reagieren kann. Die Methode 5 arbeitet im Prinzip (Abbildung 4) ebenfalls nach dem SET-Mechanismus, nur das hier der Elektronentransfer nicht an der Oberfläche, sondern in Lösung stattfindet.

Abbildung 5: Chronoamperogramm.

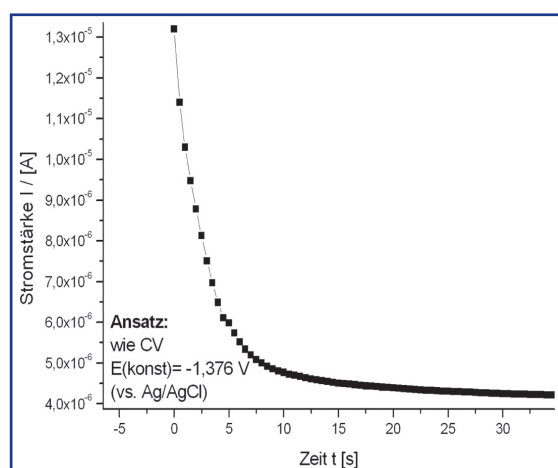


Abbildung 6: CV von BuLi (zur v-Abhängigkeit).

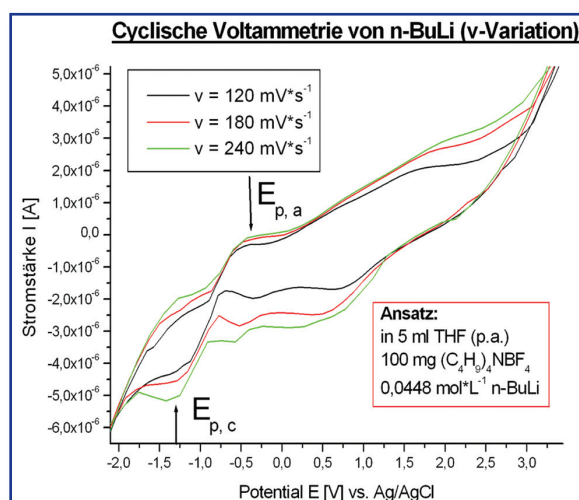
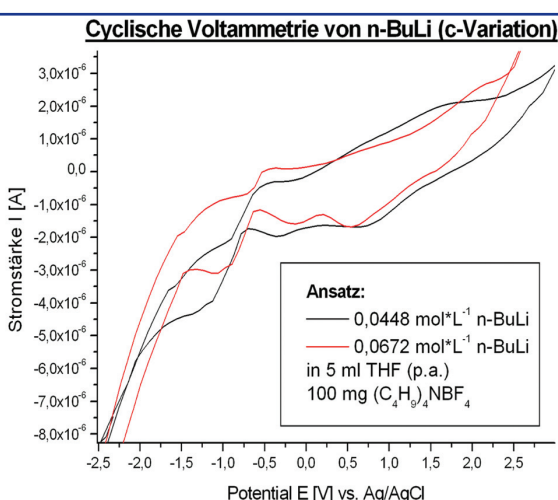


Abbildung 7: CV von BuLi (zur c-Abhängigkeit).



2.2.1. Elektroanalytik n-Butyllithium (n-BuLi)

In diesem Kapitel soll kurz die elektrochemische Charakterisierung von n-BuLi erfolgen, um Referenzdaten für die elektrochemische Konzentrationsbestimmung während der präparativen Syntheseversuche zu gewinnen.

Die direkte Untersuchung der Lithiumauflösung an Lithiumelektroden ist nicht gelungen, vermutlich weil alle Versuche mit Lithium-Metall (käuflich und aus n-Butyllithium elektrolytisch abgeschieden) das Problem aufwiesen, dass sich eine nicht sichtbare passivierende Schicht in den benutzten Lösungsmitteln, Tetrahydrofuran (THF), Acetonitril und Dimethylformamid, bildete. Deshalb soll hier nur die Datengewinnung mit käuflichem Butyllithium an Platinelektroden erfolgen. Es wurden cyclische Voltammogramme bei verschiedenen Spannungsvorschubgeschwindigkeiten und verschiedenen n-Butyllithium-Konzentrationen in THF aufgenommen. Die Messungen erfolgten mit der „lab on the chip“-Anordnung, die in Kapitel 3.3.1 beschrieben wird.

Abbildung 8: Erzeugte BuLi-Konzentrationen.

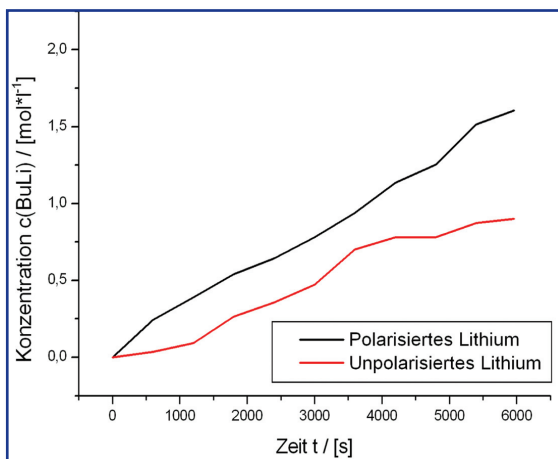
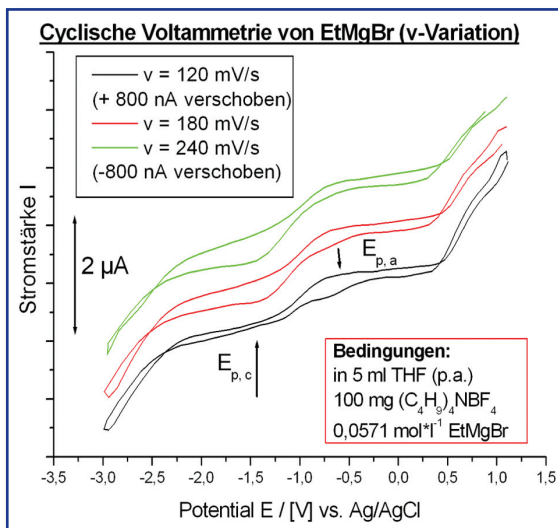


Abbildung 9: CVs EtMgBr.



Cyclovoltammetrie (CV, zur Methode: siehe Methodenanhang) :

Die cyclischen Voltammogramme zeigen ein typisches Bild (Abbildungen 6/7) einer Metallabscheidung von Lithium (analog anorganischen Verbindungen [5]). Dabei treten zwei Peaks auf ($E_{p,a}$ und $E_{p,c}$), die jeweils den Reduktionsvorgang des Lithiums zeigen. Nach der Ermittlung der Peakdaten wurden diese nach dem Standard-System [25] ausgewertet. Dabei stellten sich Beobachtungen ein, die für einen reversiblen Elektronenübergang sprechen, der durch den Massentransport zur Elektrode bestimmt ist. Zusätzlich tritt noch die Passivierung des abgeschiedenen Lithiums auf (Chemische Folgereaktion: $i_p^{red}/i_p^{ox} < 1$)

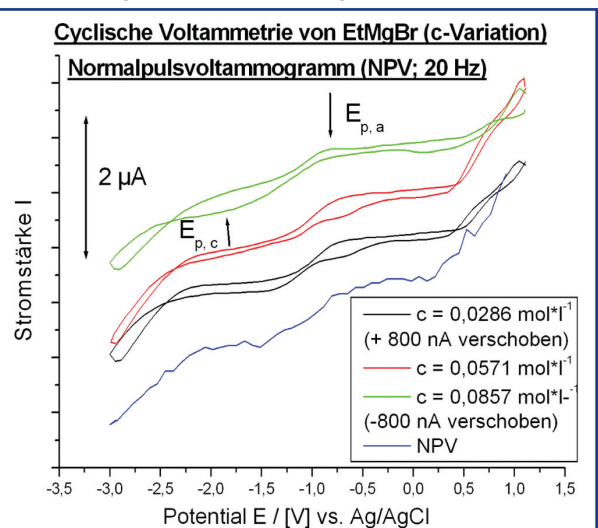
- $i_p^{red} \neq f(v)$, gefunden $E_p^{red} = f(v)$
- $i_p^{ox} \neq f(\sqrt{v})$
- $|E_p^{ox} - E_p^{red}| = \Delta E_p = 58 \text{ mV} [\neq f(v)]$, gefunden $\Delta E \neq 58 \text{ mV} [= f(v)]$
- $i_p^{red}/i_p^{ox} = 1 \neq f(v)$, gefunden $i_p^{red}/i_p^{ox} < 1$

Durch die Randles-Sévcik-Beziehung [25], lässt sich der Diffusionskoeffizient mit $D = 5,64 \cdot 10^{-14} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ bestimmen, der für die Konzentrationsbestimmung in Kapitel 2.2.2 mit der Elektrodenoberfläche notwendige Parameter ist .

Chronoamperometrie (CA, zur Methode: siehe Methodenanhang):

Aus dem Chronoamperogramm wurde der Cottrell-Plot [25] erzeugt, der erwartungsgemäß eine Gerade bei Auftragung von $I \cdot t^{1/2}$ gegen t ergibt. Die Gerade entspricht der Simulation über die Cottrell-Gleichung (siehe auch Methodenanhang) einer Einelektronenreduktion für Lithium. Dieses Ergebnis ergibt den Parameter n für die Konzentrationsbestimmung in Kapitel 2.2.2.

Abbildung 10: CVs, NPV von EtMgBr.



CLB – Memory

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

Juni 2005

Tier-Arzneimittel in Winterweizen und Feldsalat Nutzpflanzen nehmen Antibiotika auf

Untersuchungen des Departments Chemie der Universität Paderborn beweisen erstmals lückenlos: Nutzpflanzen nehmen Antibiotika aus der Tierhaltung, die mit der Gülle auf Felder gelangen, auf. Somit können solche Wirkstoffe in die Nahrung gelangen. Die Untersuchungen wurden in Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Südwestfalen in Soest und der Bundesanstalt für Ernährung und Lebensmittel in Detmold im Auftrag des Umweltministeriums Nordrhein-Westfalen durchgeführt.

Eine spannende Frage stand am Anfang des Forschungsvorhabens, das im Auftrag des NRW-Umweltministeriums im Department Chemie der Uni Paderborn durchgeführt wurde: „Können Arzneistoffrückstände in Gülle, die zur Düngung von Feldern verwendet wird, von Nutzpflanzen aufgenommen werden und damit in die menschliche Nahrung gelangen?“ Zur Beantwortung dieser Frage entwickelte die Arbeitsgruppe empfindliche Analysenverfahren, um den Verbleib von Antibiotika, die vielfach in der landwirtschaftlichen Tierhaltung angewendet werden, lückenlos zu verfolgen. Im Verlauf der dreijährigen Studie wurden zunächst Ferkel mit Chlortetracyclin und Sulfonamidpräparaten behandelt, die Aus-

scheidungen der Tiere zur Gülle vereinigt, in Behältern gelagert und, wie in der Landwirtschaft üblich, zur Düngung von Feldern verwendet. Winterweizen und Feldsalat wurden ausgesät und schließlich geerntet. Zusätzlich fanden Versuche in Hydrokultur statt.

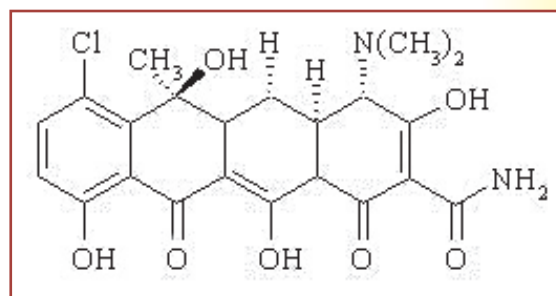
Die Untersuchungsergebnisse zeigen in aller Deutlichkeit den Weg der Tierarzneimittel: Noch nach acht Monaten waren die ausgeschiedenen Arzneistoffe in der gelagerten Gülle aufzufinden und auch in den oberen Bodenschichten der biologisch gedüngten Felder. Prof. Grote von der Universität Paderborn führt aus: „Bisher war es nicht gelungen, die Aufnahme von Antibiotika durch Nutzpflanzen aus güllegedüngtem Boden nachzuweisen. Unsere Analysen der erntereifen Pflanzen ergaben Antibiotikagehalte in Wurzeln und Grünanteilen. Und wir waren sehr überrascht, auch im Korn des Winterweizens Spurengehalte an Chlortetracyclin – etwa 50 Mikrogramm pro Kilogramm [$\mu\text{g}/\text{kg}$] – zu finden.“

Ob in der üblichen landwirtschaftlichen Praxis, besonders in Gebieten mit intensiver Tierhaltung, ähnliche Verbreitungswege der Tierarzneistoffe auftreten, wie unter den Bedingungen des Modellversuchs, sollen nachfolgende Untersuchungen zeigen.

Nach Grote besteht kein Zweifel: „Antibiotika sind zur Bekämpfung der Infektionen von Mensch und Tier unverzichtbar. Die weltweit zunehmenden Risiken durch Antibiotika-Resistenzen können aber durch den Arzneimitteleinsatz in der landwirtschaftlichen Tierhaltung verstärkt werden, wenn Antibiotikarückstände nicht nur in Lebensmitteln vom Tier sondern auch über Nutzpflanzen in die Nahrung gelangen.“ Die neuen Erkenntnisse aus den interdisziplinären Untersuchungen der Paderborner Arbeitsgruppe seien so ein wichtiger Beitrag für den gesundheitlichen Verbraucherschutz.

Kontakt: Prof. Dr. Manfred Grote, Universität Paderborn, Fakultät Naturwissenschaften, Department Chemie, Anorganische und Analytische Chemie, Tel.: 05251-60-2191, magrote@zitmail.uni-paderborn.de.

Das Breitband-Antibiotikum Chlortetracyclin ($\text{C}_{20}\text{H}_{19}\text{ClN}_2\text{O}_8$) diente neben anderen als Testsubstanz für die Versuche zu Tierarzneimitteln in Pflanzen.



Zink als Brennstoff und Heidelbeeren für die Grätzel-Zelle

Sommersonne für Winterwärme

Die Sonne liefert genügend Energie für die Natur aber auch für technische Belange des Menschen. An einer möglichst effektiven Nutzung der Sonnenenergie arbeiten zum Beispiel das Paul-Scherrer-Institut PSI in der Schweiz mit EU-Unterstützung – aber auch Schülergruppen mit ganz einfachen Mitteln.

Als Sonnenenergie oder Solarenergie bezeichnet man die von der Sonne durch Kernfusion erzeugte Energie, die in Teilen als elektromagnetische Strahlung zur Erde gelangt. Die Intensität der Sonneneinstrahlung beträgt an der Grenze der Atmosphäre 1,367 Kilowatt pro Quadratmeter; dieser Wert heißt auch Solarkonstante. Einen Teil der eingestrahnten Energie absorbieren Bestandteile der Atmosphäre; Reflexion – zum Beispiel an Eiskristallen – führt zu weiteren Energieverlusten. Die auf die Erdoberfläche auftreffende Strahlung beträgt noch ungefähr ein Kilowatt pro Quadratmeter, das ist eine Gesamtleistung von $5,1 \cdot 10^{14}$ Kilowatt für die gesamte Erdoberfläche. In weniger als 30 Minuten strahlt die Sonne mehr Energie auf die Erde, als die

Menschheit in einem ganzen Jahr verbraucht. Allerdings unterscheiden sich an verschiedenen Orten die Zusammensetzung des Sonnenspektrums, die Sonnenscheindauer und der Winkel, unter dem die Sonnenstrahlen auf die Erdoberfläche fallen. Deshalb unterscheidet sich auch die eingestrahlte Energie. Sie beträgt zum Beispiel 1000 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr in Mitteleuropa und 2350 in der Sahara. Trotzdem bestrahlt die Sonne auch Deutschland noch mit etwa dem 200fachen seines Primärenergieverbrauchs.

Nutzung der Sonnenenergie

Die auf der Erde am weitesten verbreitete Nutzung der Sonnenenergie ist die Photosynthese der Pflanzen. Alle Tiere leben direkt (Pflanzenfresser) oder indirekt (Fleischfresser) von der Sonnenenergie. Technisch lässt sich die Sonnenenergie mit Hilfe der Photovoltaik in elektrische Energie (Solarstrom) umwandeln oder die Infrarot-Strahlung als Wärme in Solarthermie-Anlagen einfangen und nutzen. Die Wandlung in Wärme durch Sonnenkollektoren ist eine weltweit sehr verbreitete technische Nutzung der Sonnenenergie.

Manchmal wandeln Sonnenwärmekraftwerke die so gewonnene Wärme wiederum in elektrische Energie. Faktisch lassen sich auch die Windenergie sowie die Energieträger Biomasse und Biogas als Formen der Solarenergie bezeichnen, da sie durch natürliche physikalische oder biologische Prozesse umgewandelte Sonnenenergie nutzen.

Solarzellen und Solarmodule

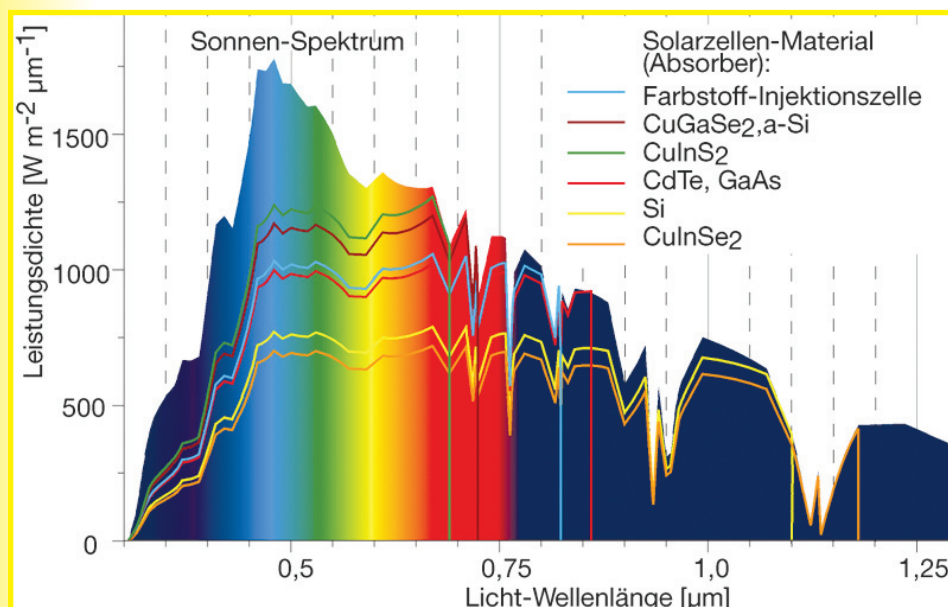
Solarzellen wandeln Lichtenergie in Gleichstrom um und funktionieren im Prinzip wie Photodioden: Sie benötigen einen p-n-Übergang für die Ladungstrennung. Treffen Photonen auf die Zelle, erzeugen sie eine elektrische Spannung; ein elektrischer Verbraucher an der Solarzelle lässt einen Strom fließen. Die Spannung einer Solarzelle liegt bei den zur Zeit gebräuchlichsten Modellen – das sind kristalline Siliziumzellen – bei etwa 0,5 Volt. Um besser verwendbare Spannungen zu erreichen, verschaltet ein Solarmodul mehrere Solarzellen miteinander. Die Zellen stellt man meist aus Wafern her, die auch die Grundlage von Chips in der Computerindustrie sind.

Solar-Dünnschichtzellen

Dünnschichtzellen entstehen durch Abscheiden von Silicium, Gallium-Arsenid (GaAs), Cadmium-Tellurid (CdTe) oder Kupfer-Indium-Gallium-Schwefel-Selen-Verbindungen (CIS, oder CIGS) aus der Gasphase direkt auf einem Trägermaterial. Dabei kann S hier ausnahmsweise für Schwefel oder Selen stehen. Das Trägermaterial kann Glas, Metall oder Kunststoff sein.

Noch sind die Wirkungsgrade für großtechnische Anwendungen niedriger als bei der konventionellen Technik, und die Haltbarkeit der Zellen im Dauereinsatz muss erst noch bewiesen werden. Technologische Fortschritte, geringer Materialeinsatz und das große Feld

Energienutzung von Materialien im Sonnenspektrum (Grafik; Hahn-Meitner-Institut HMI, Berlin).



der möglichen Trägermaterialien sollen in Zukunft aber eine kostengünstige Herstellung ermöglichen.

Die Grätzel-Zelle gewinnt

Wie sich Sonnenstrom mit kostengünstigeren Materialien als Silicium erzeugen lässt, zeigten kürzlich Schüler beim Vortragswettbewerb „Schülerforum“ in Darmstadt. Sie gewannen den ersten Preis mit ihrer Arbeit zur elektrochemischen Farbstoff-Solarzelle, der Grätzel-Zelle. Mit zwei nanobeschichteten Glasplatten, etwas Graphit aus einer Bleistiftmine und Heidelbeersaft gelang es ihnen, eine funktionstüchtige Solarzelle zu konstruieren.

Der Schweizer Michael Grätzel entwickelte die elektrochemische Farbstoff-Solarzelle Anfang der 1990er Jahre. Sie verwendet zur Absorption von Licht Farbstoffe: hauptsächlich Komplexe des Rutheniums; zu Demonstrationszwecken setzt man aber auch organische Farbstoffe, zum Beispiel den Blattfarbstoff Chlorophyll oder Anthocyane – aus Brombeeren oder Heidelbeeren, wie bei den Schülern – als Lichtakzeptor ein. Solche Zellen besitzen allerdings nur geringe Lebensdauer, da der Farbstoff schnell irreversibel oxidiert. Die von Grätzel entwickelte Zelle ist etwa zehn bis 20 Millimeter dick und wird begrenzt durch zwei als Elektroden dienende Glasplatten, zwischen denen sich die lichtabsorbierende Schicht befindet. Die Glasplatte auf der lichtzugewandten Seite dient als Kathode und ist auf der Innenseite leitend beschichtet. Die Innenseite der rückseitigen Glasplatte dient als Gegenelektrode (Anode). Auf die rückseitige Glasplatte wird eine poröse Halbleiterschicht aufgebracht, die Träger des lichtempfindlichen Farbstoffes ist. Durch Füllen der gesamten Anordnung mit einem sehr gut leitenden Elektrolyten wird der elektrische Kontakt zwischen den Elektroden hergestellt. Als Elektrolyt kommt beispielsweise eine Lösung von Iod und Kaliumiodid in Frage. Der Farbstoff dient als Lichtakzeptor und Elektronenpum-

pe. Bei Lichteinfall entstehen freie Elektronen im Füllmedium und Löcher im Halbleiter. Durch Abgabe der Elektronen an den Halbleiter oxidiert der Farbstoff. Die Elektronen fließen zur Anode und durch den Laststromkreis zur Kathode. Der Farbstoff wird vom Iodid wieder reduziert, das dadurch zu Iod oxidiert. Das entstandene Iod wird an der oberen Elektrode wieder zu Iodid reduziert.

Die Vorzüge der Grätzel-Zelle können in den prinzipiell niedrigen Herstellungskosten und in der geringen Umweltbelastung bei der Herstellung liegen. Bei experimentellen Zellen wurden Wirkungsgrade bis 15 Prozent erreicht, unter realen Bedingungen liegt der Wirkungsgrad bei etwa zehn Prozent. Die Funktionsweise der Zelle ist allerdings noch nicht im Detail geklärt. Auch über die Langzeitstabilität liegen noch keine gesicherten Aussagen vor, bei Untersuchungen aus dem Jahr 2003 allerdings ließ die Effizienz nach 1000 Stunden bei 80 Grad Celsius nur um etwa sechs Prozent nach. Die kommerzielle Anwendung gilt als recht sicher, ist aber produktionstechnisch noch nicht in Sicht.

„Sonnen-Zink“ als Brennstoff

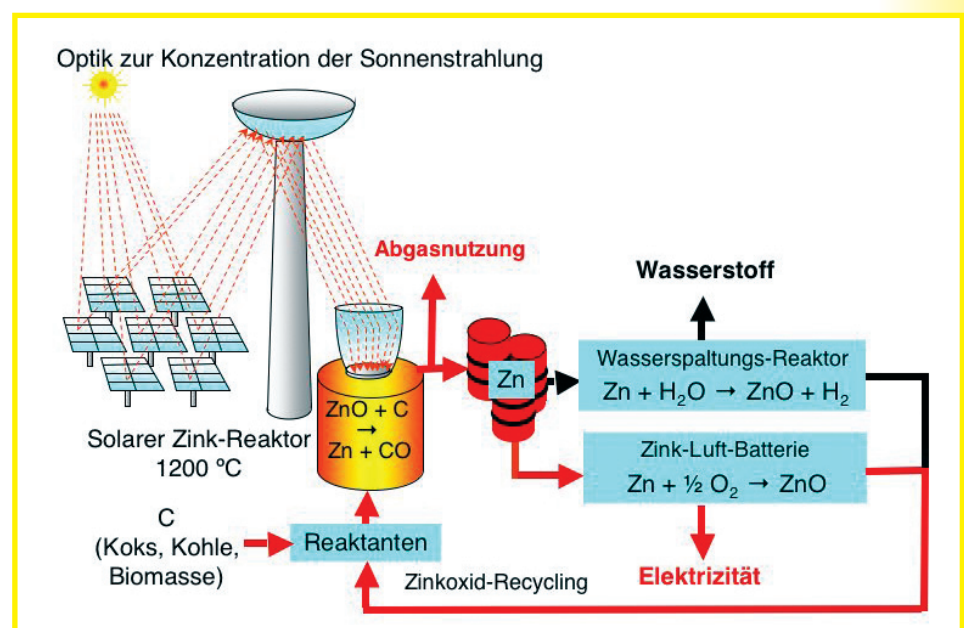
Forscher des Schweizer Paul-Scherrer-Instituts (PSI) fokussierten Sonnenstrahlen auf einen

Schmelztiegel. Darin enthaltene Holzkohle reduziert bei über 1200 Grad Celsius Zinkoxid zu metallischem Zink. Dieses verlässt den Reaktionsraum gasförmig und wird in einem Abgassystem zu Zinkstaub kondensiert und abgetrennt. Da dieser gelagert und transportiert werden kann, lässt sich so die Energie der Sonne speichern. Das Verfahren heißt „Solzinc“.

Eine 300-Kilowatt-Pilotanlage zur solaren Herstellung von Zink wurde kürzlich in Israel erfolgreich in Betrieb genommen. Besonders attraktive Anwendungen des Zinks sind die Nutzung seines Energieinhalts zur elektrischen Stromerzeugung in Zink-Luft-Batterien sowie zur Produktion von Wasserstoff durch seine Reaktion mit Wasserdampf. In beiden Fällen entsteht wieder Zinkoxid, das erneut im Solarreaktor zu Zink reduziert werden kann.

In ersten Versuchen wurden kürzlich etwa 30 Prozent der einfallenden Sonnenenergie für die chemische Umsetzung genutzt und damit 45 Kilogramm Zink pro Stunde produziert. Noch höhere Wirkungsgrade werden bei den für diesen Sommer geplanten systematischen Testreihen erwartet. Größere industrielle Anlagen dürften eine Effizienz von 50 bis 60 Prozent erreichen. MB

Geschlossener Materialkreislauf: Die solare Zinkherstellung im Zink-Zinkoxid-Kreisprozess liefert Solarstrom oder auch solaren Wasserstoff (Grafik: Paul-Scherrer-Institut PSI).



Hochschulbeteiligung an europäischer Plattform für nachhaltige Chemie Entstehen einer Forschungsagenda

Heiko P. Wacker

Auf dem Gebiet der Chemie betritt die Ruperto Carola, die Universität Heidelberg, derzeit absolutes Neuland. Beteiligt sie sich doch direkt – und als einzige Hochschule – an der Europäischen Technologieplattform für nachhaltige Chemie. Hintergrund ist das Konzept der Europäischen Kommission, die Zusammenarbeit in spezifischen Technologiebereichen – von der Forschung, über die Entwicklung bis hin zur Produktion – zu fördern. Hierzu sollen Vertreter aus Forschung und Industrie – aber auch aus Politik und Finanzwesen – stärker in Kontakt gebracht werden und als wichtigste Aufgabe eine Forschungsagenda zu dem jeweiligen Themenbereich erarbeiten. Die derzeit existenten Projekte – rund 20 Plattformen zu unterschiedlichen Themengebieten wurden bereits von der EU anerkannt – werden letztlich auch für die Strukturierung des kommenden 7. Forschungsrahmenprogramms, welches von 2007 bis 2013 laufen wird, herangezogen.

Eine dieser 20 Plattformen wurde zum Thema „Nachhaltige Chemie“ initiiert. Getragen wird das Projekt vom „European Chemical Industry Council“ (Cefic), dem Europäischen Chemieverband, der es natürlich begrüßt, wenn sich eine Universität an dem Projekt beteiligt – und zugleich aufmerksam verfolgt, wenn von einer Hochschule eine derartige Eigeninitiative aus-

geht. Auf der anderen Seite ist man sich aber auch in der Neckarstadt der Vorteile bewusst, die solch ein Engagement zwangsläufig mit sich bringt. Denn mit einem verstärkten Bemühen, in der europäischen Forschungslandschaft wahrgenommen zu werden, steigt auch die Chance auf Drittmittel.

„Wir wollen in diesem Zusammenhang aber auch strategisch denken“, versichert Dr. Jens Hemmelskamp, der Leiter des Dezernats Forschung und Projektmanagement der Universität Heidelberg. Er hat die Beteiligung der Neckarstadt an der Chemieplattform seit deren Gründung im vergangenen Jahr intensiv begleitet. „Wir haben hier in Heidelberg den Vorteil, einer der führenden Standorte im Bereich der Chemie zu sein. Das beweist zum Beispiel die hervorragende Bewertung und erneute Bewilligung des Sonderforschungsbereichs „Molekulare Katalysatoren: Struktur und Funktionsdesign“ (SFB 623) durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft. Dieses Kapital müssen wir jetzt nutzen, wenn es darum geht, Strukturen des kommenden Forschungsrahmenprogramms anzulegen. So etwas kann man gar nicht früh genug angehen!“

Aus diesem Grund hat die Universität Heidelberg eigens einen Mitarbeiter der Fakultät für Chemie und Geowissenschaften abgestellt, der ausschließlich im Sekretariat der Plattform tätig ist, um bei deren Aufbau zu helfen. Zudem soll er sicher stellen, dass die Interessen der Hochschulen genügend Gehör finden, und der aktuelle Forschungsbedarf entsprechend berücksichtigt wird. Immerhin hat die Plattform ihr erstes Jahr bereits hinter sich, so dass momentan die sprichwörtliche „heiße Phase“ beginnt, wie es der EU-Referent der Universität, Dr. Sigurd Weinreich, ausdrückt. „Natürlich hoffen wir auch auf eine längerfristige Etablierung der Plattform

in der Region, von der Hochschule und Industrie gleichermaßen im 7. Forschungsrahmenprogramm und darüber hinaus profitieren könnten“, erklärt er.

Bei der Industrie – beteiligt sind neben der BASF auch Bayer sowie Degussa – sieht man die Sachlage ähnlich. Denn das Einbinden einer Hochschule wie der Universität Heidelberg in die Plattform bringt nicht nur einen großen Namen mit auf die Liste der beteiligten Partner, sondern auch wissenschaftliches Know-how erster Güte. Nicht umsonst finden schon seit langem gemeinsame Projekte zwischen Wirtschaft und Hochschule auf unterschiedlichster Ebene statt – völlig fremd ist man sich also nicht. Und doch wird mit der Plattform eine neue Dimension erreicht, wird ein enormer Schritt getan, der alle beteiligten Parteien international noch mehr ins Rampenlicht rückt.

Grundsätzlich jedoch darf man die Heidelberger Bemühungen um die Plattform nicht isoliert sehen, sondern muss den gesamten Kontext strategischer Entwicklungen berücksichtigen. „Ob wir nun von der Chemieplattform reden, von unserem „Scientific officer“ in Brüssel oder der Beteiligung an der „League of European Research Universities“, dem Zusammenschluss von zwölf besonders forschungstarken Universitäten – alles dient letzten Endes der Strategie, Heidelberg international ganz nach vorne zu bringen“, umreißt Hemmelskamp die Pläne der Ruperto Carola. „Wir müssen uns konstruktiv einbringen, wenn die Grundlagen europäischer Forschungspolitik des kommenden Jahrzehnts festgelegt werden. Und wir müssen uns längerfristig orientieren – sonst bleiben wir im Wettkampf der Eliteuniversitäten auf der Strecke“, betont Hemmelskamp. „Und dafür muss man als Universität eben auch mal absolutes Neuland betreten.“

Lösungen zu Seite M40 (CLB 05/2005):

1 C; 2 C; 3 D; 4 C; 5 B; 6 A; 7 C; 8 A; 9 B; 10 B; 11 B; 12 B, F; 13 A, D, E; 14 B, D; 15 A; 16 A, B, C, D; 17 A, B, C, D, E..

(Alle Lösungen zu Seite M48 finden Sie in CLB 07/2005 sowie auf www.clb.de)

Ein Beispiel für Organische Chemie in der Flamme

Kurzlebige Kohlenwasserstoffverbindungen

Eine internationale Forschergruppe, darunter Chemiker der Universität Bielefeld, hat bei Verbrennungsvorgängen chemische Verbindungen gefunden, die hier bislang unentdeckt geblieben waren: Enol-Verbindungen als Zwischenprodukte der Kohlenwasserstoffoxidation zu Kohlendioxid.

Verbrennung wird wohl in absehbarer Zukunft weiterhin die wichtigste Methode der Energieumwandlung zur Kraft- und Wärmeerzeugung sein. Um den Verbrennungsprozess Ressourcen- und vor allem Umwelt-schonend

gestalten zu können, sind detaillierte Kenntnisse über die physikalisch-chemischen Zusammenhänge zwischen Strömung, chemischer Reaktion von Brennstoff und Luft, Wärmefreisetzung sowie Schadstoffbildung notwendig. Zur experimentellen Untersuchung reaktiver Strömungen verwendet man Abgassonden und berührungslose, optische Messmethoden: Die Laserdoppleranemometrie (LDA) misst Geschwindigkeiten in der Flamme; Laser-induzierte Fluoreszenz (LIF)-Methoden ermöglichen den Nachweis von Flammenradikalen und Verbrennungszwischen-

produkten wie OH, C₂, CH, CH₂O aber auch von Schadstoffen wie NO oder CO; auch Raman- und Rayleigh-Spektroskopie finden Anwendung, beispielsweise zur Temperaturbestimmung einer Flamme.

Enol-Verbindungen entstehen im Feuer als Zwischenstadium bei der Kohlenwasserstoff-Oxidation. Allerdings sind sie weniger stabil als die Aldehyde, die gleiche Summenformeln und somit gleiche Massen, aber unterschiedliche Struktur besitzen. Ethenol und Ethanal beispielsweise stehen in einem chemischen dynamischen Gleichgewicht, in dem der Aldehyd einen Anteil von über 99 Prozent hat.

Daher entzogen sich Enol-Verbindungen bislang dem Nachweis in der Flammenanalyse. Entdeckt wurden sie nun mit einem Verfahren, das in der reagierenden Flammenzone nicht nur die Massen von chemischen Verbindungen erkennt, sondern auch Isomere voneinander unterscheiden kann. Mit kurzweiligem, intensivem Licht werden dabei aus den chemischen Verbindungen Ionen erzeugt, die in einem Massenspektrometer analysiert werden. Zwei Isomere – zum Beispiel Ethanal und Ethenol – unterscheiden sich dabei in der Energie, die für die Bildung der Ionen nötig ist. Die Entdeckung wurde möglich durch die Kopplung eines sehr genauen Massenspektrometers mit der Advanced Light Source am Lawrence Berkeley National Laboratory in Kalifornien, einer Lichtquelle durchstimmbarer Energie, die etwa 100 000 mal heller ist als die Sonne.

Aldehyd- oder Ketofunktion (links) stehen im Gleichgewicht mit der Enol-Funktion. Das Gleichgewicht liegt im Allgemeinen weit auf der linken Seite.

Isomerien systematisch

Isomere sind chemische Verbindungen der gleichen Summenformel, aber unterschiedlicher chemischer Struktur und teilweise auch unterschiedlicher chemischer, physikalischer und biologischer Eigenschaften.

Konstitutionsisomere besitzen die gleiche Summenformel, aber eine andere Struktur (Konstitution). Man kann drei Fälle unterscheiden:

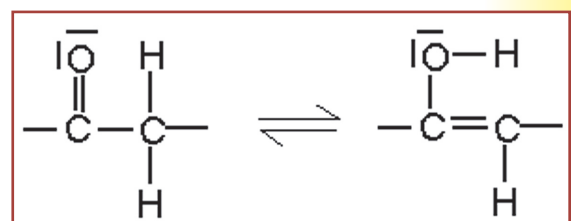
- Funktionsisomere besitzen unterschiedliche funktionelle Gruppen, z.B. Ethanol und Dimethylether.
- Skelettisomere haben verschieden verzweigte Kohlenstoffgrundgerüste, so Butanol und 2-Methyl-1-propanol.
- Bei Stellungsisomeren liegt die gleiche funktionelle Gruppe an verschiedenen Positionen, ein Beispiel ist 1,2-Propandiol und 2,2-Propandiol.

Stereoisomere haben grundsätzlich die gleiche Struktur (Konstitution) – und damit natürlich auch die gleiche Summenformel – unterscheiden sich aber durch die räumliche Anordnung der Atome.

- Ein Spezialfall sind Enantiomere: Stereoisomere, die sich wie Bild und Spiegelbild zueinander verhalten und keine Symmetrieebene aufweisen. Wichtige Beispiele sind Zucker und Aminosäuren.
- Alle Stereoisomere, die keine Enantiomere sind, bezeichnet man als Diastereomere. Ein Spezialfall ist die cis-trans-Isomerie an Doppelbindungen. Als Epimere bezeichnet man Paare von Diastereoisomeren eines Moleküls mit mehreren Chiralitätszentren, die sich nur an einem dieser Zentren unterscheiden (z.B. Glucose und Galactose).

• Allen diesen Gruppen ist gemeinsam, dass ein Isomer nur durch Bindungsbruch in eine andere Form überführt werden kann. Das trifft auf die letzte Gruppe von Isomeren, die auch unter den Oberbegriff Stereoisomere fallen, nicht zu: Konformationsisomere sind Stereoisomere, die sich schon durch die Drehung von Einfachbindungen ineinander überführen lassen. Das ekliptische und gestaffelte Ethan sind ein Beispiel.

Tautomere: In einer reversiblen chemischen Reaktion können tautomere Isomere ineinander übergehen, indem Teile des Moleküls ihren Platz wechseln. Es liegt dann zwischen den Isomeren ein chemisches Gleichgewicht vor. Deshalb heißt diese Art der Isomerie auch Gleichgewichtsomerie. Wichtigstes Beispiel ist die Keto-Enol-Tautomerie.



Kategorie	Variante	Gemeinsames	Unterschiede	chem./phys. Eigenschaften	Lösen von Bindungen
Konstitutionsisomere		Summenformel	Struktur	verschieden	ja
	Diastereomere		räumliche Anordnung	verschieden	ja
Stereoisomere	Enantiomere	Struktur	wie Bild und Spiegelbild	optisch aktiv	ja
	Konformationsisomere		räumliche Anordnung	identisch	nein

Die Tabelle gibt eine kurze Übersicht über wichtige Formen der Isomerie.

Obwohl die Enole seit langem bekannt sind, bedeutet ihre Entdeckung in Flammen eine Überraschung – in keinem der heute für das Design neuer, schadstoffarmer Motoren und Verbrennungsanlagen benutzten chemischen Modelle wird diese Verbindungsklasse berücksichtigt. Noch ist die Tragweite dieser Entdeckung für die Vorhersage von Verbrennungsprodukten und Schadstoffen nicht abzuschätzen; bisherige Verbrennungsmodelle müssen jedoch in jedem Fall überarbeitet und verfeinert werden. *MB*

Deiche und Deponien dauerhaft durchdringen Forschergruppe „Feuchtemesstechnik“

Hält der Deich oder hält er nicht? Diese Frage müssen Verantwortliche immer in sehr angespannten Situationen beantworten – dann nämlich, wenn das Hochwasser immer weiter steigt. Eine Entscheidungshilfe wären exakte Angaben über den Feuchtigkeitsgehalt des Deichs. Doch wer jetzt an ein Messinstrument denkt, das man einem Thermometer gleich in den Deich schieben und die Feuchtigkeit ablesen kann, irrt, denn: Die Messung der Feuchtigkeit ist im Gegensatz zur Temperatur stets von der Beschaffenheit des Mediums, in dem gemessen werden soll, abhängig.

Die Details der Feuchtemesstechnik untersuchen Wissenschaftler einer neu gegründeten Forschergruppe „Feuchtemesstechnik“ (Soil Moisture Group), die sich zum ersten Mal offiziell während der Tagung „Innovative Feuchtemessung in Forschung und Praxis“ Anfang Juni in Karlsruhe präsentiert hat. Die Forschergruppe ist ein Zusammenschluss von Wissenschaftlern der Universität Karlsruhe, des Forschungszentrums Karlsruhe und den Fachhochschulen Karlsruhe und Mannheim.

Metallband im Deich

Derzeit gibt es in Deutschland noch keinen Deich, der mit einer Technik zur Feuchtemessung ausgestattet ist. Eine mögliche Lösung präsentierte Dr. Alexander Scheuermann vom Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik der Universität Karlsruhe während der Tagung. Zusammen mit dem Forschungszentrum Karlsruhe haben Wissenschaftler der Fridericiana ein Flachbandkabel entwickelt mit dessen Hilfe sie die Feuchte in einem bestimmten Medium messen können. Scheuermann: „Legt man an das Kabel eine Spannung an, entsteht ein elektromagnetisches Feld. Grob gesagt, verändert sich dieses Feld in Abhängigkeit von der umgebenden Feuchtigkeit.“ Nach Installation dieses Messsystems könnten die Deich-Betreiber also dessen Feuchtigkeit entlang des Kabels ablesen. Im Frühjahr kommenden Jahres möchten die Wissenschaftler einen ersten Deich mit dieser Technik probeweise ausstatten.

Sensoren in der Deponie

Ein Projekt unter Leitung von Dr. Rainer Schuhmann vom Forschungszentrum Karlsruhe beschäf-

tigt sich mit der Überwachung von geschlossenen Mülldeponien. Folien Systeme dichten alte Müllberge ab, sodass keine Feuchtigkeit mehr eindringt. Für die Überwachung der Abdichtungselemente hat die Arbeitsgruppe um Schuhmann ein Sensorsystem entwickelt, das anzeigt, ob durch die Abdichtung Feuchtigkeit eindringt. Testfelder haben die Wissenschaftler bereits in Bochum und Magdeburg eingerichtet, in Rastatt wird derzeit eine weitere Deponie mit dem Dichtungskontrollsystem ausgestattet. „Seit 1997 haben wir auch auf der Mülldeponie im Karlsruher Rheinhafen ein Testfeld mit unseren Sensoren ausgestattet.“ Er ist optimistisch, was die Zukunft des Systems betrifft, denn es hat neben der reinen Anzeige von Feuchtigkeit noch einen weiteren Vorteil: „Der Betreiber kann aus der Schadensmeldung entnehmen, wie groß das Leck ist und dann entscheiden, ob eine Sanierung notwendig ist“. Schuhmann hofft, dass ein Großteil der Deponiebetreiber in den nächsten Jahren auf dieses Sensorsystem zurückgreifen wird, wenn die Deponie abgedichtet wird. Weitere Informationen sind unter www.smg.uni-karlsruhe.de zu finden.

Nanotechnologie – Angebot zur Mitnutzung Einführung für Studenten

An der Fachhochschule Darmstadt gibt es für Studierende der Chemischen Technologie eine Vorlesung „Anwendungstechnik“, in der neben klassischen Themen wie beispielsweise Korrosionsschutz, Lacke und Fasern auch innovative Anwendungsfelder wie Flüssigkristalle und Nanotechnologie im Überblick vorgestellt werden [1]. Eine 90minütige Unterrichtseinheit zum letztgenannten Thema, inkl. Power-Point-Präsentation und einem Kurzfilm über molekulare Elektronik wurde im Rahmen einer Diplomarbeit [2] erstellt und sei Interessenten zur Mitnutzung angeboten [3].

Nach einer Definition des Begriffs Nanotechnologie werden besondere Eigenschaften nanoteiliger Materialien (Mechanik, Superplastizität, Oberflächenaktivität, Rheologie, Optik) begründet, Methoden zur Herstellung nanoskaliger Schichten (Abscheidung aus der Gasphase, Ionenimplantation, galvanische Beschichtung, Sol-Gel-Verfahren, Lithographie) und von

Nanoröhren erläutert und Anwendungsgebiete wie selbstreinigende Oberflächen (Lotus-Effekt), Filterkeramiken, Sonnenschutzmittel, Effektpigmente oder in Medizin und Elektronik vorgestellt.

Die Studierenden sollen durch diese kurze Einführung dazu motiviert werden, sich intensiver mit der Nanotechnologie zu beschäftigen und beispielsweise eine Spezialvorlesung darüber zu besuchen.

Literatur

- [1] <http://www.fbc.fh-darmstadt.de/homepages/Wiskamp/lehrveranstaltungen/anwendungstechnik/index.html>
- [2] Witte, C.: Nanotechnologie – Einführung für fortgeschrittene Chemie-Studierende. Diplomarbeit, Fachhochschule Darmstadt, 2004
- [3] wie [1]: Links „Nanotechnologie – Einführung für fortgeschrittene Chemie-Studierende“, „Powerpoint-Präsentation“ und „Kurzfilm über molekulare Elektronik“

Kontakt

Prof. Dr. V. Wiskamp, Fachhochschule Darmstadt, Fb. Chemie- und Biotechnologie, Hochschulstr. 2, D-64289 Darmstadt, wiskamp@fh-darmstadt.de

„Studiengebühren nach dem Urteil“

Arbeitsbericht und Datenbank

Der Arbeitsbericht des Instituts für Hochschulforschung (HoF) Wittenberg und eine hierfür entwickelte Datenbank präsentieren die Modellvorschläge der politischen und gesellschaftlichen Akteure nach dem Urteil des Bundesverfassungsgerichts vom Januar.

Das Bundesverfassungsgericht hat am 26.1.2005 entschieden, dass der Bundesgesetzgeber mit der Regelung eines allgemeinen Studiengebührenverbotes über die Rahmengesetzgebungskompetenz, die ihm zu den allgemeinen Grundsätzen des Hochschulwesens zukommt, hinausgegangen sei. Im Gefolge dieser Entscheidung beginnt

zunehmend ein konkurrenzföderalistischer Feldversuch: In diesem kann sich erweisen, welche Erwartungen und Befürchtungen, die sich mit der Einführung von Studiengebühren seit langem verbinden, tatsächlich eintreten. Die seit dem Urteil beobachtbaren politischen Aktivitäten sind uneinheitlich, unkoordiniert überraschend unvorbereitet. Das Urteil hat die Positionsvielfalt in der Studiengebührendebatte nicht nennenswert eingeschränkt. Arbeitsbericht und Datenbank strukturieren diese Debatte, indem eine systematisierte Zusammenstellung der diversen Positionierungen geliefert wird. Weitere Informationen unter www.hof.uni-halle.de.

Aus der Bildungslandschaft

- Im Wintersemester 2005/06 startet an der Technischen Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg der **Elitestudiengang „Advanced Materials and Processes“**. Die Institute für Chemie- und Bioingenieurwesen sowie Werkstoffwissenschaften wollen besonders leistungsstarke Studierende für Führungspositionen in Materialentwicklung und Prozesstechnik vorbereiten. Der zweijährige Masterstudiengang gehört zu den fünf Projekten, mit denen die Universität Erlangen-Nürnberg in diesem Jahr in das Elitenetzwerk Bayern aufgenommen wurde. Der Studiengang mit internationaler Ausrichtung und fächerübergreifenden Inhalten ist deutschlandweit der erste seiner Art.

- Die Hochschule Bremerhaven richtet zum kommenden Wintersemester 2005/06 den **Master-Studiengang Bio-Analytik** ein. Kern-Inhalt ist die Diagnostik auf genetischer Ebene mit Methoden der Molekularbiologie. Die Hochschule setzt auf die enge Zusammenarbeit mit dem Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, dem Technologie-Transfer-Zentrum sowie dem BioNord in Bremerhaven.

- Weiterhin bietet die Hochschule Bremen den dreisemestrigen **Studiengang Umwelttechnik M.Sc.** an, für den keine Gebühren anfallen. Er wendet sich an Bachelor- oder Diplom-Absolventen von Fachhochschulen oder Universitäten, die ihr Studium der Ingenieur- oder Naturwissenschaften mit 2,5 oder besser absolviert haben.

- Ab dem Wintersemester 2005/2006 wird der weiterbildende **Fernstudiengang Umweltschutz** an der Universität Rostock erstmalig als Masterstudiengang angeboten. In vier Semestern werden interdisziplinäre Kenntnisse auf dem Gebiet des Umweltschutzes vermittelt. Das Studium bietet eine Weiterbildung wahlweise im Ökosystemaren Umweltschutz oder im Technischen und Integrativen Umweltschutz an.

- Die Fakultät für Informatik und Automatisierung der TU Ilmenau bietet zum Wintersemester 2005/2006 den **BA-/MA-Studiengang Biomedizinische Technik (BMT)** an. Die BMT erforscht und entwickelt technikorienteerte Methoden und Systeme zur Früherkennung, Diagnose, Therapie und Rehabilitation von Krankheiten.

- Ma Lian, promovierte Chemikerin und Führungskraft der BASF in Asien, beschreibt das **Ausbildungssystem Chinas**, die Möglichkeiten für chinesische Schulabgänger sowie die Top-Universitäten ihres Heimatlandes in der aktuellen Ausgabe der „Nachrichten aus der Chemie“. Interessierte erhalten das Heft kostenlos bei nachrichten@gdch.de.

- ScanBalt Campus ist ein internationales **Modellprojekt** zur gemeinsamen Nutzung universitärer Strukturen. Projektpartner sind 31 Universitäten, regionale Netzwerke, Technologietransfer-Einrichtungen und Firmen aus elf Ländern an der Ostsee, der Scanbalt Bio-Region.

Gen, Nukleotid und Protein

Es kann mehr als eine Antwort richtig sein

1 Welche der Angaben zur Proteinbiosynthese sind richtig?

A Ein Triplet ist die Aufeinanderfolge von drei Basen.

B Unter Transkription versteht man die Übersetzung der Information der mRNA in eine Aminosäuresequenz.

C Primärstruktur heißt die Basenfolge des codogenen Strangs.

D Die tRNA bildet den Nukleinsäureanteil der Ribosomen.

E Restriktionsenzyme verknüpfen Aminosäuren über Peptidbrücken.

2 Was verstehen Sie unter einer Restriktionsendonuklease? Ein Enzym, das ...

A Polynukleotide an palindromen Stellen schneidet.

B bei der DNA-Replikation die Öffnung der Doppelhelix katalysiert.

C bei der Übertragung der Information von der DNA auf die mRNA mitwirkt.

D bei der Proteinbiosynthese die Kopplung der Aminosäuren katalysiert.

E an den Ribosomen r-RNA synthetisiert.

3 Welche Angabe zur Elektrophorese von Nucleinsäuren ist richtig?

A Nucleinsäurebanden in PAA-Gelen werden mit Coomassie-blue angefärbt.

B Zur Sichtbarmachung von DNA-Banden in Agarosegelen wird Ethidiumbromid angewendet.

C Nucleinsäuren liegen im Trennpuffer als Anionen vor.

D Es besteht eine lineare Korrelation zwischen den Logarithmen der Laufstrecken der Nucleinsäuren und den molaren Massen derselben.

E Zur Sichtbarmachung von DNA-Banden in Trenngelen wird Bromphenolblau angewendet.

4 Welche Aussage zur Struktur von Proteinen ist richtig?

A Die Primärstruktur der Proteine beruht auf Peptidbrücken

zwischen den beteiligten Aminosäuren.

B Bei der Primärstruktur spielen im Wesentlichen Disulfidbrücken eine Rolle.

C α -Helices bestehen immer aus zwei parallelen Polypeptid-Ketten.

D Disulfid-Gruppen können sich nur zwischen Methioninresten ausbilden.

E Polypeptidketten sind immer verzweigte Ketten.

5 Welche Aussage über den IEP von Aminosäuren beziehungsweise Proteinen ist richtig?

A Am IEP ist die Nettoladung eines Proteinmoleküls gleich Null.

B Einen IEP gibt es nur bei Monoaminomonocarbonsäuren.

C Am IEP bewegen sich die Proteinmoleküle bei der Elektrophorese im alkalischen Puffer zur Kathode.

D Am IEP kann ein Protein nur Säuren abpuffern.

E Am IEP haben Proteine ihre beste Löslichkeit.

6 Welche Aussage zur semikonservativen Replikation der DNA ist richtig?

A Semikonservativ bedeutet hier, dass alle Purinbasen der neuen Doppelhelix aus dem alten Strang stammen, während alle Pyrimidinbasen aus neu angekoppeltem dNTP stammen.

B dNTP wird immer an das 3'-Ende einer Polynukleotidkette angekoppelt.

C dNTP wird immer an das 5'-Ende einer Polynukleotidkette angekoppelt.

D Das Enzym, welches die Doppelhelix zur Bildung der Replikationsgabel entwindet, nennt man Okazaki-Fragment.

E Das Enzym, welches dNTP an die Polynukleotidkette koppelt, ist die Topoisomerase.

7 Welche Aussage zur Struktur und Funktion von der Nucleinsäuren ist richtig?

A Die DNA enthält die Basen Adenin, Thymin, Guanin und Cytosin.

B RNA enthält die Basen Adenin, Thymin, Uracil und Guanin.

C An die mRNA-Moleküle sind die zur Proteinsynthese benötigten Aminosäuren gekoppelt.

D tRNA enthält statt Cytosin Uracil.

E cDNA ist das Produkt einer reversen Transkription.

8 Welche Aussage zur Arbeit mit DNA ist zutreffend?

A Nucleinsäuren sind in vivo immer mit Lipiden assoziiert, von denen sie vor einer Restriktionsanalyse getrennt werden müssen.

B Alle Restriktionsendonucleasen schneiden dsDNA palindromisch.

C Das Aufbrechen der Zellwände zur Isolierung von DNA kann sowohl osmotisch als auch mit Hilfe von EDTA erreicht werden.

D Beim klassischen Verfahren zur DNA-Isolierung werden Proteine mit Phenol/Chloroform denaturiert.

E DNA-Moleküle sind aufgrund ihrer Doppel-Helixstruktur äußerst widerstandsfähig gegenüber Scherkräften, die bei mechanischen Verfahren zum Zellaufschluss auftreten.

9 Welcher Begriff aus der Genetik ist richtig umschrieben?

A Substitution ist ein Mutationstyp, der keine Auswirkung auf den Leserahmen hat.

B Der Leserahmen einer DNA wird durch eine Insertion verschoben.

C Bei einer Deletion wird Thymin durch Uracil ersetzt.

D Das Turner-Syndrom ist durch Wegfall des männlichen Geschlechtschromosoms gekennzeichnet.

E Unter Trisomie 21 versteht man eine Mutation, bei der das männliche Geschlechtschromosom dreimal im Chromosomensatz vorhanden ist.

2.2.2. Vergleich der Synthese von n-BuLi mit und ohne Polarisation

Es wurde in der Apparatur (Abbildung 2b) eine Stück Lithium (0,35 g, geformt zu einer Platte) mit einem Platin-Draht in Kontakt gebracht.

Als Gegenelektrode diente ein Aluminiumstab, der durch eine Filterpapierfritte von der Synthesezelle getrennt war, um eine elektrolytische Abscheidung von Lithium, die die Ausbeute verringert, zu vermeiden. Der Anoden- und Katodenraum wurde mit einem Thermostaten auf 25°C temperiert. Die Zelle wurde mit Stickstoff als Schutzgas gespült. Durch einen gebogenen Glasstab (Übertragungsmedium für die Schallwellen), der sich in einem Ultraschallbad befand, sollte zusätzlich eine Passivierung der Oberfläche verhindert werden. Der Ansatz der Lösung bestand aus 20 mL THF, worin 480 mg Lithiumtetrafluorborat als Leitsalz und 0,05 mol Chlorbutan gelöst wurden. Mit eingeschaltetem Ultraschallbad erfolgte dann eine Reaktion von je 90 Minuten. In einem zweiten Fall bei sonst gleichen Bedingungen wurde eine Spannung an die Elektroden angelegt. Diese betrug bis zu 600 V, um den sehr hohen ohmschen Widerstand der Fritte und der Lösung zu überwinden.

Die Bestimmung der Konzentration an BuLi erfolgte cyclovoltammetrisch über die Randles-Sévcik-Beziehung [25]. Dazu wurde zusätzlich noch eine kleine (Kap. 3.3.1) Elektrodenanordnung in die Zelle eingeführt. Alle 10 Minuten erfolgte die Aufnahme eines CVs bei abgeschaltetem Polarisationsstrom. Dann wurde jeweils mit Kenntnis des Diffusionskoeffizienten (aus Kap. 2.2.1) die Konzentration berechnet. Die beiden Graphen sind in Abbildung 8 dargestellt.

Es zeigte sich, dass sich unter Polarisation nach 6000 s eine 1,6 molare BuLi-Lösung bildete. Unter gleichen Bedingungen ohne Polarisation betrug die BuLi-Konzentration nur 0,9 mol/L. Der Nachweis, dass es sich tatsächlich um BuLi handelte, wurde mit Hilfe der Hydrolyse und einem gaschromatographischen Vergleich mit Butan erbracht. Im kleinen Diagramm ist der Verlauf der Stromstärke aufgetragen (im Durchschnitt 45 mA) und die aus dem Strom berechnete Ausbeute für den Vorgang der Lithiumauflösung (Einelektronenübertragung). Es zeigt sich deutlich, dass sich nach der Berechnung mit Hilfe des Faraday-Gesetzes theoretisch eine Stromausbeute von 0,083 mol/L ergeben müsste. Dieser Wert ist geringer als die Differenz der Ausbeuten aus den Versuchen mit und ohne Polarisation. Will man das Ergebnis erklären, wäre der Einfluss eines elektrostatischen Effektes denkbar, welcher nicht durch den Stromfluss bewirkt wird, sondern nur durch das Anlegen einer Spannung (ein gewisser Stromfluss ist dennoch notwendig). Würde die Stromausbeute genau der Differenz entsprechen, wäre nur ein Auflösungseffekt auf Grund der elektrochemischen Auflösung von Lithium vorhanden, was nicht der Fall ist.

2.3. Synthese von Ethylmagnesiumbromid

Magnesiumorganische Verbindungen werden nur im Labor in der Synthese eingesetzt, ein industrieller Einsatz wird in der durchsuchten Literatur nicht genannt. Dies ist darin begründet, dass die Erzeugung durch Direktsynthese zwar einfacher zu starten ist als bei Lithium, aber dafür auch schwerer zu kontrollieren ist. Neben der Direktsynthese mit Magnesiummetall (Aktivierung analog den Lithiumverbindungen) ist auch die Freisetzung von Magnesium aus Magnesiumchlorid mit Kalium als Rieke-Magnesium [3] möglich.

Zur Untersuchung elektrostatischer Effekte wird die Standardverbindung EtMgBr herangezogen, die durch die einfache Synthese aus Magnesium und Bromethan zugänglich ist. Andere Grignard-Verbindungen, wie beispielsweise aus Alkenylhalogeniden sind weitaus schwerer zugänglich. Im Anschluss erfolgt wieder der Vergleich der Synthese mit und ohne Polarisation, sowie die Elektroanalytik zur Auflösung.

2.3.1. Elektroanalytik von Ethylmagnesiumbromid

Analog dem BuLi soll hier das EtMgBr elektrochemisch charakterisiert werden, um den für die Konzentrationsbestimmung notwendigen Diffusionskoeffizienten zu bestimmen. Es wird wieder mit der Apparatur aus Kapitel 3.3.1 gearbeitet.

EtMgBr wurde hergestellt nach [27], indem 1,22 g Magnesiumspäne (nach Grignard, 0,05 mol) in 5 mL THF vorgelegt wurden. Dann wurde mit etwas Iod angeätzt und 3,5 mL 1-Bromethan in 12,5 mL THF zugegeben. Durch Beschallen mit Ultraschall (1 h) sprang

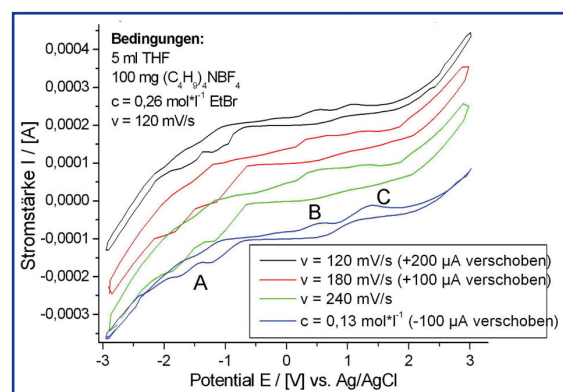


Abbildung 11: CV: Mg in EtBr.

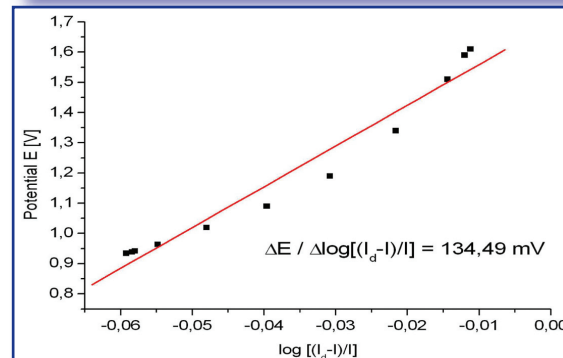


Abbildung 12: Log-Plot zum CV.

Abbildung 13: CA und Cottrell-Plot: Mg in EtBr.

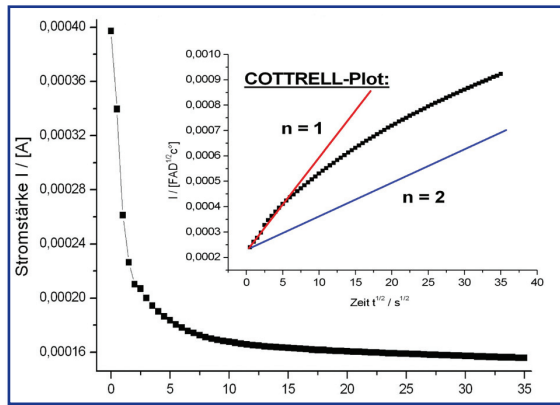


Abbildung 14: NPV: Mg in EtBr.

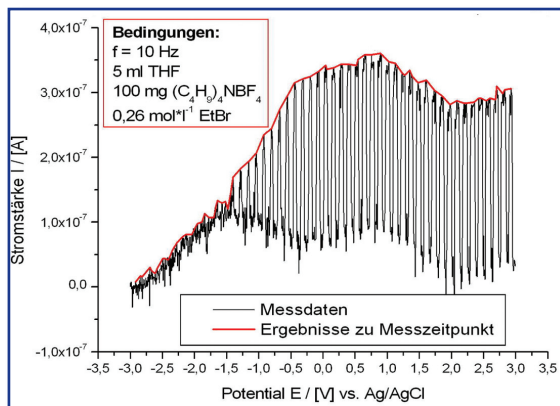


Abbildung 15: RPV: Mg in EtBr.

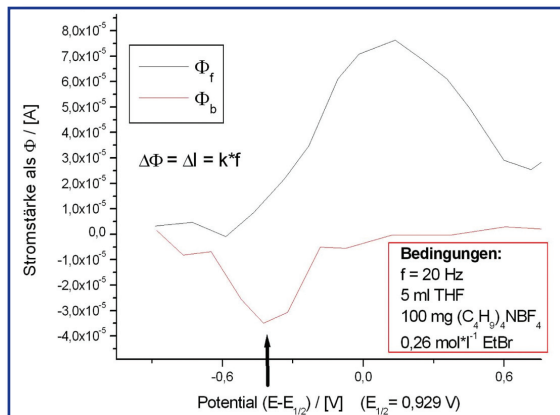
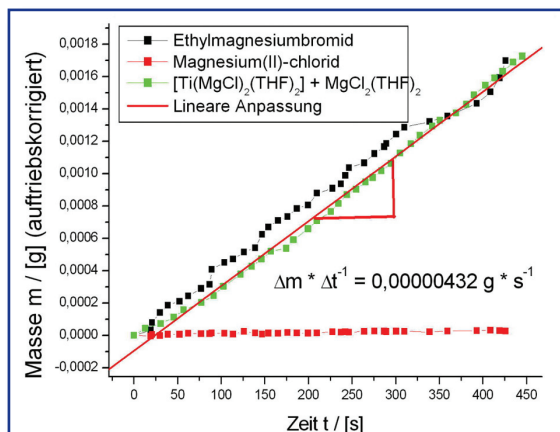


Abbildung 16: Elektrogravimetrie.



die Reaktion an und es musste sofort gekühlt werden, um die Reaktion kontrollieren zu können. Nach 30 Minuten am Rückfluss war das Magnesium aufgelöst worden. Diese Lösung wurde zur CV (Abbildungen 9 und 11) und Normalpulsvoltammetrie (NPV) (Abbildung 10) verwendet.

Bei der Magnesiumabscheidung handelte es sich wahrscheinlich wieder um eine reversible Elektronenübertragung [25], auf Grund der erfüllten Bedingungen, analog dem Butyllithium. Zusätzlich ließ sich noch eine Abnahme von E_{pc} ausmachen, eventuell begründet in einer irreversiblen [28] chemische Folgereaktion. Die Normalpulsvoltammetrie (siehe www.chemiealshobby.de) als „steady-state“-Methode erlaubt eine einfache Bestimmung des Diffusionskoeffizienten ($D = 4,76 \cdot 10^{-15} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$) und schließlich der Konzentration. Hinweise für analoge Ergebnisse wurden an Methyl-, Propyl- und Octylmagnesiumbromid beobachtet.

2.3.2. Vergleich der Synthese von EtMgBr mit und ohne Polarisation

Es wurde wieder in der Apparatur wie bei der BuLi-Synthese (Abbildung 2b) gearbeitet. Das Magnesium wurde in Form von Magnesiumspänen (1,22 g; 0,05 mol) eingesetzt und eine Platinelektrode wurde in die Späne am Boden des Reaktors eingetaucht (Abbildung 2b). Der Ansatz bestand wieder aus THF (20 mL), worin 480 mg Tetrabutylammoniumtetrafluoroborat und 3,73 mL Bromethan gelöst waren. Es erfolgte die gleiche Arbeitsweise wie bei dem BuLi. Es zeigte sich bei dem Versuch mit Polarisation, dass die Reaktion schon nach 5 Minuten beendet und das Magnesium vollständig gelöst war. Deshalb wurden die Versuche nach 4 Minuten jeweils abgebrochen, und wieder mit Hilfe der 3-Elektrodenanordnung (Kap. 3.3.1) Konzentrationsanalytik mit der Normalpulsvoltammetrie betrieben.

Im Fall ohne Polarisation wurden $0,989 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ EtMgBr und unter anodischer Polarisation wurden $1,89 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ EtMgBr gefunden. Die Auswertung der Stromkurve ergibt nur 5,303 C, was unter Annahme des Prozesses $\text{Mg} \cdot 2e^- \rightarrow \text{Mg}^{2+}$ einer Stromausbeute von nur $2,75 \cdot 10^{-5}$ mol entspricht. Somit zeigt sich in diesem Fall, dass die erhöhte Ausbeute im Fall der Polarisation nicht auf den Ladungsdurchsatz zurückzuführen ist. Das ist ein weiterer Hinweis dafür, dass die Reaktion durch die anliegende Polarisationsspannung unterstützt wird. Der dennoch hohe Umsatz im Versuch ohne Polarisation ist auf die Wirkung des Ultraschalls zurückzuführen.

2.3.3. Elektroanalytik zur Magnesiumauflösung

Die elektroanalytischen Untersuchungen an einer Magnesiumelektrode in Bromethan sollen einen Beitrag zum Mechanismus bei Grignard-Synthesen liefern sowie den elektrostatischen Einfluss erhellen.

Die Herstellung der Magnesium-Elektrode erfolgte durch die elektrochemische Magnesiumabscheidung

auf einer platinieren Elektrode in einer „Chip-Zelle“ (siehe Kap. 3.3.2). Dazu wurde eine Lösung von unverdünnte Lösung EtMgBr (Syntheseansatzes Kap. 2.3.2.) mit 100 mg Tetrabutylammoniumtetrafluoroborat mit einer Platin-Gegenelektrode verwendet. Es wurde dabei galvanostatisch bei 45 mA gearbeitet und bei 18,6 C abgebrochen, was 2,34 mg Magnesium entsprach.

Mit der so präparierten Elektrode wurden cyclische Voltammogramme (Abbildung 11), ein Chronoamperogramm (Abbildung 13), ein Normalpulsvoltammogramm (Abbildung 14) und ein Square-Wave-Voltammogramm (Abbildung 15) aufgenommen. Es wurden immer neu beschichtete Elektroden eingesetzt.

Cyclische Voltammetrie/Chronoamperometrie (CV):

Es wurden CVs bei verschiedenen Spannungsvorschubgeschwindigkeiten und Konzentrationen im Bereich von -3 bis 3 V aufgenommen. Im reduktiven Bereich A (Abbildung 11) zeigt sich ein Peak-Paar, welches auf einer Metallabscheidung beruht. Dies ist ein Zeichen dafür, dass sich EtMgBr gebildet haben musste. Dieser Bereich (A), soll aber nicht weiter analysiert werden. Bedeutend sind die oxidativen Peaks B und C, wo es zu zwei Prozessen kam, denen man die Metallaufösung zuordnen kann. Da der Peak C bei positiverem Potenzial liegt, befindet sich hier die anodische Oxidation: $\text{Mg} \cdot 2e^- \rightarrow \text{Mg}^{2+}$ zu Grunde (Dieser Peak ist in der Lage identisch mit dem Peak in der Grundstrommessung ohne EtBr). Der erste Peak ist also der gesuchte Peak der elektrochemischen Reaktion, bei der ein Elektron des Magnesiums zum EtBr übertragen wurde (siehe Mechanismus Abbildung 3). Um dies zu beweisen, wurde ein CA (Abbildung 14) aufgenommen und gemäß Standard-Methode [25] der Cottrell-Plot erzeugt, woraus ersichtlich ist, dass erst ein Einelektronen- und dann ein Zweielektronenvorgang abläuft. Dies wird an Hand der beiden simulierten Geraden sichtbar.

Durch den Vergleich des Verhaltens der CVs bei verschiedenen Spannungsvorschubgeschwindigkeiten lässt sich ein $E_{\text{rev}} C_{\text{rev}}$ -Mechanismus [28] favorisieren, weil der untere B-Peak mit der Spannungsvorschubgeschwindigkeit abnimmt. Der elektrochemische Schritt muss dabei der Einelektronenübertragung entsprechen. Der chemische Schritt, nach These 1 (Kap. 2.1), ist der Zusammenritt mit dem anionischen Radikal 7, oder, nach These 2, die parallel zur Elektronenübertragung ablaufende Verdrängung des Ethylrestes in Bromethan. Durch Erzeugung des Log-Plots (Abbildung 12) [25] (aus dem blauen CV in Abbildung 11, wegen besserer Peakform) konnte eine Steigung der Tafelgeraden von 134 mV gefunden werden, ein wesentlich höherer Wert als der, der für einen reversiblen Elektronentransfer erwartet würde.

Normalpulsvoltammetrie (NPV):

Da ein direkter Zusammenhang zwischen der NPV und der CV besteht (siehe www.chemiealshobby.de),

soll hier nur die Empfindlichkeit der Methode auf Absorptionseffekte auf der Oberfläche genutzt werden.

In der Abbildung 14 ist das NPV dargestellt, wobei die schwarze Linie den direkten Stromverlauf zum Messzeitpunkt (kapazitive Ströme sind dort schon abgeklungen) anzeigt. Die rote Linie stellt das eigentliche NPV dar. Man kann dort einen Peak bei dem gleichen Wert wie im CV finden. Im NPV entstehen aber nur Peaks bei Absorption von Edukten oder Produkten an der Oberfläche. Da dies genau bei dem Potenzial stattfindet, wo auch die Einelektronenübertragung abläuft, ist das ein Hinweis dafür, dass das Produkt dieses Elektronentransfers absorbiert wird. Dieses Ergebnis würde These 1 stützen, weil dort nacheinander die Elektronenübertragung und dann die Abreaktion beschrieben werden. Die absorbierte Spezies ist wahrscheinlich das Magnesiumradikalkation 8 (Abbildung 3).

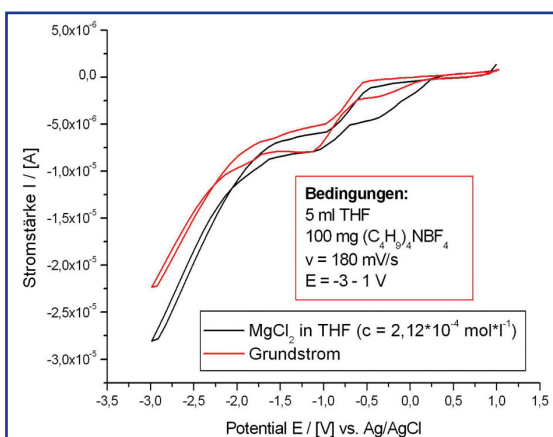
Square-Wave-Voltammetrie (SWV):

Bei der SWV handelt es sich um eine Technik, die bei hohen Frequenzen (20 Hz) abläuft, wodurch besonders gut Absorptionseffekte an der Oberfläche untersucht werden können. Das Ergebnis einer solchen Messung ist in Abbildung 15 dargestellt (siehe Anhang B). Durch Vergleich mit Simulationsdaten [28] zeigt sich, dass die Reaktion dem folgenden Schema entspricht: $\text{Ox} \rightleftharpoons (\text{Ox})_{\text{ads}} + ne^-$. Darin entspricht Ox dem Magnesium und die absorbierte Spezies entspricht dem Magnesiumradikalkation (siehe Mechanismus Abbildung 3). Durch die Differenz der beiden Peakströme lässt sich nach Literatur [29] (siehe Anhang B) die Geschwindigkeitskonstante des Absorptionsprozesses zu $4,131 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ berechnen. Dies kann als weiterer Hinweis für das Existieren der Zwischenstufe eines Magnesiumkationen-Radikals angesehen werden.

Als Fazit der reinen elektrochemischen Untersuchungen lässt sich sagen, dass der in Kap. 2.1 diskutierte Mechanismus der EtMgBr-Bildung weiter



Abbildung 17: CV: Grundströme mit MgCl_2 .



bestätigt wird und deutlich wird, dass der gleiche Mechanismus auch bei der elektrochemischen Synthese abläuft. Die absorptionsempfindlichen Methoden geben Hinweise für Prozesse unter Beteiligung von absorbierten Spezies. Da CV und CA nur über den faradayschen Strom arbeiten, ergeben diese Methoden keine Hinweise für den Mechanismus unter stromloser Polarisation. Die Methoden NPV und SWV zeigen das Vorhandensein von Oberflächenprozessen der elektrochemischen Reaktion, die sowohl von der Synthese unter Stromfluss, als auch durch das Vorhandensein einer elektrostatischen Polarisation verursacht werden können. Die Effekte ohne Stromfluss werden zur Zeit noch untersucht.

2.4. Katalysierte Magnesiumabscheidung aus anorganischen Verbindungen

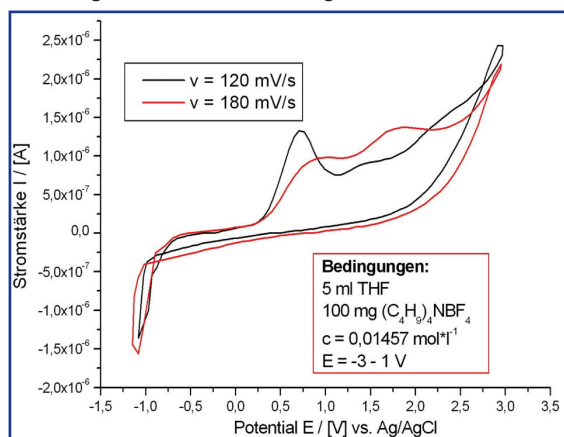
Bei den Versuchen zur Herstellung von Elektroden mit Magnesiumschichten zeigte sich das Problem, dass Magnesiumsalze, auch in Lösungsmitteln, die ein Potential von $-2,372$ V erlauben (zum Beispiel THF), nicht elektrochemisch abscheidbar sind. Bei Versuchen zur elektrochemischen Synthese von anorganischen Titangrignard-Verbindungen [4] zeigte sich ein erstaunlicher Effekt, dass eine elektrolytische Magnesiumabscheidung möglich war.

In diesem Kapitel wird deshalb untersucht, warum diese Abscheidung möglich ist, vor dem Hintergrund einer Anwendung in der Galvanik.

2.4.1. Elektrochemische Abscheidung von Magnesium

Die elektrolytische Abscheidung von Magnesium erfolgt (siehe Kapitel 2.3.1) meist aus Grignard-Verbindungen, weil die Abscheidung aus anorganischen Magnesiumsalzen nicht möglich ist [30] und [31]. Es wurden dort vor allem Systeme aus Diethylether mit Magnesium(II)-bromid untersucht. Der Grund für die Bedeutung der Magnesiumabscheidung aus anorganischen Salzen folgt aus der Anwendung von Magnesiumbeschichtungen in der Mikrostruktur-

Abbildung 18: CV-Charakterisierung.



technik, wo sich Magnesium wegen seiner leichten Auflösbarkeit (Vermeidung von reaktiven Ätzmitteln) hervorragend eignen würde.

Als erstes wurde deshalb versucht Magnesium im System aus THF und Magnesium(II)-chlorid abzuscheiden. Dazu wurden CVs (Abbildung 17) aufgenommen in MgCl_2 -gesättigtem THF. Dieses CV entspricht dem Grundstrom-CV, was für fehlende Abscheidungsprozesse spricht. Des Weiteren wurde eine Apparatur zur galvanostatischen Abscheidung unter Verfolgung der Elektrodenmasse entwickelt: Die Apparatur (Abbildung 2b) besteht aus einem galvanostatisch arbeitenden Netzgerät mit Multimeter zur Stromerfassung und einer Analysenwaage mit Elektrodenystem.

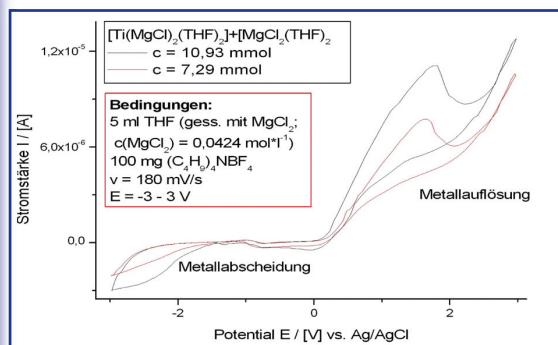
Die Elektrolysezelle besteht aus einem Halbmikroreaktionsgefäß mit Seitenansatz und Platin-Anode. Die Katode ist ein Edelstahlrad, an den ein Platin-Blech geklemmt ist, das über einen Alu-Fuß mit dem Metallaufbau der Waage verbunden ist. Um im Bereich von $0,01$ mg zu messen, wurde der Strom für die Katode über den Masseanschluss der Waage geführt. Die Elektrolysezelle, welche sich im Windschutz befindet, wird nun mit EtMgBr -Lösung (bei der Synthese erhaltene Lösung mit 100 mg Tetrabutylammoniumtetrafluoroborat) gefüllt und ein Strom von 10 mA angelegt. Die Massenänderung (auftriebskorrigiert per Waagensoftware) wird in Abständen von 10 s gemessen.

Bei der Messung mit MgCl_2 -gesättigtem THF zeigt sich keine signifikante Messzunahme im Gegensatz zum EtMgBr , wo sich eine Gerade ergibt, deren Steigung (Abbildung 16) mit dem Stromumsatz zu 95% bezogen auf Magnesium übereinstimmt. Somit entspricht dies den Literaturstellen [30] und [31]. Der Grund für diese Untersuchung ist die im nächsten Kapitel entdeckte Möglichkeit, doch aus MgCl_2 Magnesium abzuscheiden.

2.4.2. Einsatz des Katalysators $[\text{Ti}(\text{MgCl})_2(\text{THF})_2]$ $[\text{MgCl}_2(\text{THF})_2]$

Bei dem Versuch die anorganische Grignard-Verbindung (so bezeichnet, weil das Titan in anorg. Synthese wie der Alkylrest in org. Grignard-Verbindungen reagiert) $[\text{Ti}(\text{MgCl})_2(\text{THF})_2]$ $[\text{MgCl}_2(\text{THF})_2]$ 13 elek-

Abbildung 19: CV in MgCl_2 -Gegenwart.



trochemisch zu synthetisieren, dessen Synthese ebenfalls nur mit Ultraschall und sehr langen Reaktionszeiten [4] möglich ist, bin ich auf eine Magnesiumabscheidung gestoßen, die über die Menge an Mg in der Verbindung hinausgeht. Der Grund lag in dem in THF gelösten $MgCl_2$, was erstaunlicherweise auch teilweise abgeschieden wurde. Um dieses Phänomen zu untersuchen, wurde diese Verbindung nun auf klassischem Wege [4] hergestellt und in $MgCl_2$ -Lösungen untersucht.

Die Synthese [4] (Abbildung 2a) begann mit der Herstellung von in THF komplexierten Titan-Komplex 13 aus Titan(IV)-chlorid und THF. Diese gelbe Verbindung bildete sich beim langsamen Lösen von 0,2 mL $TiCl_4$ in 10 mL THF. Dabei wurde mit der Schlenk-Technik in Halbmikroapparaturen unter Argon gearbeitet. Die gelbe Lösung von Titan-Komplex 13 wurde dann mit 124 mg Magnesium (zerkleinerte Späne) 180 h unter Argon gerührt. Dabei kam es zur Bildung von Magnesium(II)-chlorid in komplexierter Form, wobei dem Titan-Komplex 13 zwei Chlorliganden entzogen und ein Magnesiumatom eingebaut wurde (Verbindung 14). In der nächsten Stufe wurde der Zielkomplex 15 gebildet, indem in die verbleibende koordinative Bindung Ti-Cl noch ein Magnesiumatom eingebaut wurde. Die Charakterisierung des Produktes erfolgte durch Hydrolyse und photometrische Titanbestimmung mit Morin [32], wobei 0,178 mol/L gefunden wurden (0,182 mol/L berechnet). Die Magnesiumbestimmung durch die einfache Titration mit der Titrplex-III-Lösung gegen eine Indikatorpuffertablette [33] ergab 0,49 mol/L Magnesium (0,55 mol/L berechnet).

Durch die gravimetrische Messung sollte die Randbeobachtung der Magnesiumabscheidung quantifiziert werden. Dazu wurden in der Apparatur aus Kap. 2.4.1 10 mL $MgCl_2$ - gesättigte Lösung (mit Leitsalz) mit der anorg. Grignard-Verbindung 15 ($c = 1,457$ mmol/L) versetzt. Die Abscheidungskurve bei 10 mA (Abbildung 16) zeigt erstaunlicherweise eine Magnesiumabscheidung, ähnlich der organischen Grignard-Verbindung. Nach 440 s wurden dabei $74,05 \mu\text{mol}$ Magnesium abgeschieden, wobei nur $14,57 \mu\text{mol}$ der anorg. Grignard-Verbindung 15 in Lösung waren. Dadurch liegt nahe anzunehmen, dass eine Magnesiumabscheidung aus dem $MgCl_2$ erfolgt sein muss, weil die anorg. Grignard-Verbindung gar nicht soviel Magnesium enthielt wie abgeschieden wurde (der Anteil an Titan in der abgeschiedenen Menge mit 4 %, durch Lösen und Bestimmen im Katodenbelag wurden abgerechnet). Das Titan lag in der schwarzen Lösung formal als $Ti(0)$ vor.

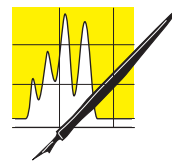
Die Vermessung der anorg. Verbindung 15 mit der CV (Abbildung 18) zeigt sich das bekannte Bild einer Metallabscheidung ab etwa -1V , welche nicht genauer aufgeschlüsselt werden kann, höchstwahrscheinlich aber von einer kombinierten Titan- ($E^\circ = -1,63\text{V}$) und später Magnesiumabscheidung herrühren kann. Im anodischen Bereich zeigen sich zwei

Auflösungsvorgänge der abgeschiedenen Metalle. Die katodische Ladungsmenge beträgt $2,5 \mu\text{C}$.

Die Untersuchung durch CV in einem mit $MgCl_2$ -gesättigten Medium (Abbildung 19) diente zum Vergleich. Besonders auffällig in diesem CV ist die vergrößerte katodischen Peakfläche, obwohl die Konzentration der anorg. Grignard-Verbindung 15 identisch zum vorigen CV war. Eine weitere Auffälligkeit ist das Vorhandensein von nur einem dominierenden Auflösungsprozess. Im Zusammenhang betrachtet bedeutet die größere Abscheidungspeakfläche ($27,6 \mu\text{C}$) mehr Metallabscheidung und der dominierende Auflösungspeak deutet auf die Abscheidung nur eines Metalls hin, das dann wieder aufgelöst wird. Durch die elektrogravimetrische Untersuchung lässt sich feststellen, dass es sich dabei um Magnesium handeln muss. Damit scheint der katalytische Effekt der Titan-Verbindung 15 auch elektroanalytisch nachgewiesen. Eine mögliche Erklärung lässt sich über das Schlenk- Gleichgewicht finden. Im Schlenk-Gleichgewicht steht beispielsweise EtMgBr mit Et_2Mg und MgBr_2 im Gleichgewicht, wobei noch weitere Dimerlösemittelkomplexe hinzukommen. Wenn solch ein Gleichgewicht auch bei den anorganischen Grignard-Verbindungen vorliegt, könnte der Mechanismus so ablaufen: Die Magnesiumabscheidung erfolgt aus der anorganischen Grignard- Verbindung 15. Diese sollte mit einer Dititan-Verbindung (vergleiche Abbildung 2a der in Lösung gefundenen Struktur) und $MgCl_2$ im Gleichgewicht stehen. Entsteht nun ein Defizit an der anorg. Grignard-Verbindung, so wird $MgCl_2$ verbraucht, um das Gleichgewicht wieder herzustellen. Dadurch wäre es möglich, dass indirekt Magnesium über die Titan-Verbindung 15 aus Magnesiumchlorid abgeschieden wird. Beweise zu dieser Hypothese werden im Moment noch gesucht.

Abschließend lässt sich festhalten, dass es mit anorg. Titan-Grignard-Verbindungen möglich ist Magnesium aus anorganischen Verbindungen abzuscheiden. Dadurch wird das bisherige Problem der Handhabung und Kosten durch Grignardverbindungen zur Magnesiumabscheidung in der Mikrostrukturtechnik durch den Einsatz eines Magnesiumsalzes mit einer katalytische Menge der Verbindung 15 statt der Grignard-Verbindung gelöst. Besonders viel versprechend scheint die Möglichkeit auch um Magnesiumelektroden auf lab on the chip Anordnungen zu erzeugen, wozu die „Hardware“ im nächsten Teil erzeugt wird.

Teil 2 dieses Artikels in der nächsten CLB beginnt mit der praktischen Umsetzung der oben diskutierten Möglichkeiten.



Chemische Elemente im Alltag, Teil 4: Silicium

In Werkstoffen, Mikrochips, Kosmetika und Lebensmitteln

Georg Schwedt

Kristallisiertes Siliciumdioxid wie Quarz oder die Spielarten Quarzit und Feuerstein gehören zu den ältesten, vom Menschen genutzten mineralischen Werkstoffen. Das darin vermutete Element Silicium wurde aber erst 1811 durch die Reduktion von Siliciumtetrafluorid (1771 entdeckt) mit Kalium in unreiner und 1824 durch den Schweden Berzelius nach dem Auswaschen der Nebenprodukte Natriumfluorid und Kaliumhexafluorosilicat in reiner Form gewonnen.

Vorkommen

Der Namen Silicium stammt von Berzelius (1779-1848) – nach dem lateinischen Wort *silex* für Kiesel. Der Anteil des Siliciums an der Erdkruste beträgt 25,8 %; es ist damit nach dem Sauerstoff das zweithäufigste Element. Auf die gesamte Erde bezogen steht Silicium nach Eisen und Sauerstoff auf dem dritten Rang. Fast alle Gesteine – wenige Ausnahmen bilden Carbonate – bestehen aus Silicaten. Der 3000 Kilometer mächtige Erdmantel ist aus Eisen-Magnesiumsilicaten aufgebaut. Kometen, Meteorite und die vom Mond zurückgebrachten Gesteinsproben bestehen ebenfalls zum größten Teil aus Silicaten. Zu den Schmucksteinen auf der Basis von Silicaten gehören Bergkristalle und die gefärbten Varietäten vom Achat und Amethyst über Jaspis, Onyx und Opal bis zum Tigerauge und Topas.

Silicate und Siliciumdioxid als Werkstoffe

Silicate beziehungsweise das Siliciumdioxid haben eine große technische Bedeutung als Baustoffe und Hochtemperaturwerkstoffe – als Zement, Keramik, Glas sowie in Form von Schleifmitteln, Hart- und Füllstoffen. Silicatische Naturzemente in Form vulkanischer Tuffe (vulkanische Sedimente; als Kiesel-tuff oder Bimstuff auch Trass genannt) von Pozzuoli wurden bereits in der Antike als Bau- und Zuschlagstoffe für Mörtel verwendet. William Aspdin baute 1843 einen Hochtemperatur-Zementofen und wurde damit zum Begründer der Portland-Zement-Industrie. Portland-Zement (Kalk-Ton-Zement) wurde nach der gleichnamigen britischen Halbinsel (am Ärmelkanal, mit Kalkvorkommen) genannt. Keramiken beziehungsweise keramische Werkstoffe werden aus silicatischen Rohstoffen (Tonmineralen, auch Phyllosilicate genannt) wie Kaolin, Illite und Montmorillonite ge-

brannt und eventuell gesintert. Die ältesten Funde von Feinkeramik in Form von Tongefäßen stammen aus Mesopotamien und wurden im Neolithikum, 6. Jahrtausend v. Chr., hergestellt. Man unterscheidet die Keramiken nach den Brenntemperaturen in Töpferware oder Irdengut (poröser Scherben, Brenntemperatur 850-950°C), unglasiert als Terracotta, schmelzglasiert als Majolica und Fayence, Steingut (1000-1100°C, poröser Scherben, schmelzglasiert) und Steinzeug (1100-1300°C, meist salzglasiert, dicht gesintert Scherben). Porzellan (nach dem ital. Wort *porcellana* für weiße Meeresmuschel) wird aus einer Mischung von reinstem (weißen) Kaolin, Feldspat und Quarzsand bei 1250-1450°C als undurchlässiger, durchscheinender Scherben gebrannt. Das chinesische Weichporzellan mit einem überwiegenden Anteil aus Feldspat und Quarz wurde wahrscheinlich im 7. Jahrhundert erfunden. Die Erfinder des europäischen Porzellans sind Tschirnhaus (1651-1708; entwickelte Brennspiegel zur Erzeugung hoher Temperaturen bis 2000°C) und Böttger (1682-1719, brannte erstmals 1708 weißes Porzellan, zuvor 1706 braunes Böttgersteinzeug).

Die überwiegende Zahl der heute verwendeten, technisch und wirtschaftlich bedeutenden Gläser sind Silicatgläser. Ebenso wie für die genannten Tongefäße gilt Mesopotamien als das wichtigste Ursprungsland für Glas in Form von Gefäßen aus der Mitte des 2. Jahrtausends v. Chr. Als Ausgangsstoffe wurden Siliciumdioxid als reiner Wüstensand, Calciumoxid als Begleiter dieses Sandes, natürlich vorkommende Soda (aus Ägypten, als Gemisch aus Natriumcarbonat, Natriumhydrogencarbonat, Natriumchlorid und Natriumsulfat) oder Pottasche (Kaliumcarbonat in Mesopotamien) verwendet. In den Schmelzöfen wurden Temperaturen um 1100°C erreicht. Bis in das 19. Jahrhundert war Glas ein Luxusartikel; erst durch die technische Gewinnung von Soda wurde Glas zu einem Massenartikel.

Als Wasserglas wird eine stark alkalisch reagierende viskose Flüssigkeit von Alkalisilicaten bezeichnet, die schon vor über 150 Jahren eine vielfältige Verwendung fand. So berichtet eine Warenkunde von 1870 nicht nur ausführlich über die Gewinnung (durch Schmelzen von Quarz und Soda oder Pottasche, Lösen in Wasser und Eindampfen bis zur Sirupdicke), sondern auch über die erstmalige Verwendung: Der als Chemiker bekannte Oberberggrat Fuchs (Johann Nepomuk F., 1774-1856) in München habe erstmalig 1818 eine

„Composition“ für praktische Zwecke zur Verfügung gestellt. Als Anwendungsbeispiele werden genannt: Anstriche auf Stein und Mauerwerk (zur Verfestigung verwitternder Steinmetzarbeiten), Anstriche auf Holz (gegen Verwitterung und leichte Entzündlichkeit), als Kitt und Klebemittel, als Bindemittel für Farben. In der neuesten Brockhaus-Ausgabe Naturwissenschaft und Technik (2003) ist über Wasserglas nachzulesen: Flüssiges Wasserglas wird als Imprägnierungs-, Binde- und Korrosionsschutzmittel, als Kleb- und Füllstoff, Natronwasserglas (enthält vor allem Na_2SiO_3 und $\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_7$) auch als Konservierungsmittel und zur Gewinnung säurefester Kitte, Kaliwasserglas auch als Flammenschutzmittel verwendet.

Silicium elementar in den Mikroelektronik

Silicium (Schmelzpunkt 1414°C) ist heute, nachdem es in den fünfziger Jahren das Germanium für die ersten Transistoren abgelöst hatte, zum Grundwerkstoff der Mikroelektronik geworden. Extrem reines Silicium wird für die Herstellung von Chips benötigt. Technisches Silicium wird durch Reduktion von Quarz mit Kohle in Lichtbogenöfen bei 2000°C erzeugt. Ultrareines Halbleitersilicium gewinnt man nach der Destillation von Trichlorsilan (Siedepunkt 32°C ; durch Umsetzung von gemahlenem Rohsilicium im Wirbelschichtreaktor mit HCl) und anschließender Zersetzung in einer Wasserstoffatmosphäre an glühenden Stäben. In einem Silan-Zersetzungsreaktor lässt sich polykristallines Reinstsilicium erzeugen, das nun zum Einkristall umgeordnet werden muss. Heute lassen sich in großen Tiegel bis zu 55 kg schwere Kristalle ziehen. Die physikalischen Eigenschaften lassen sich durch die Dotierung mit Fremdatomen gezielt verändern, eine Oberfläche aus Siliciumdioxidmolekülen schützt die Halbleitereigenschaften (sogenannte p/n-Übergänge) der darunter liegenden Siliciumatome. 10 % der weltweiten Jahresproduktion an Silicium wird für Solarzellen verwendet. Der Energieverbrauch für die Gewinnung von Reinstsilicium aus Rohsilicium beträgt etwa 100 kWh/kg.

Vom SiC zu den Siliconen

Siliciumcarbid zählt zu den Hartstoffen, wird technisch bei $2000\text{-}2500^\circ\text{C}$ beim direkten Stromdurchgang durch ein Gemisch aus Quarzsand, Koks, Tonerde und Natriumchlorid erzeugt. Als Carborundum wird es vor allem als sehr hartes Schleifmittel, auch als feuerfestes Material eingesetzt. In reiner Form hat es auch die Eigenschaften eines Halbleiters. Siliconen sind synthetische siliciumorganische Polymere, die Siliciumatome sind über Sauerstoffbrücken verknüpft und tragen organische Gruppen wie Methyl-, Phenyl- oder auch Polyether- sowie funktionelle Gruppen. Als Öle (zum Beispiel als Hydraulikflüssigkeit), vernetzt als Kautschuk und Harz, finden sie Anwendungen vom Klebstoff über Entschäumer und Schmierstoffe, als



Siliciumdioxid (Quarz) prägt auch unsere Standardvorstellung eines Kristalls, und zwar als Bergkristall. Der abgebildete Bergkristall enthält Rutilnadeln (Titandioxid); angelagert ist Hämatit (Eisen(III)oxid; Foto: RK).

Abdichtpaste und Dichtungsmasse, in Autopolituren, und auch für Prothesen.

Silicium physiologisch – und in Zusatzstoffen sowie Kosmetika

Auch in der Biosphäre spielt Silicium eine wichtige Rolle. Pflanzen nehmen Silicium in Form wasserlöslicher Silicate auf und benutzen dieses Element (wie andere das Calcium als Calciumcarbonat) als Baustein, so die Kieselalgen, Farne, Schachtelhalm und Gräser. Besonders siliciumreich sind auch Reishüllen. Der Körper eines erwachsenen Menschen weist knapp 1,5 g Silicium auf, mit 0,3 % im Haar und bis zu 0,5 % in den Nägeln. Speziell ist Silicium für die Quervernetzung von Protein-Polysaccharid-Komplexen im Knorpel verantwortlich. Wegen seiner inerten Eigenschaften sind Siliciumdioxid (E 551) und einige Silicate (Calciumsilicat E 552, Magnesiumsilicat, Magnesiumtrisilicat E 553a, Talkum (Phyllosilicat) E 553b, Natrium-/Kalium-/Calciumaluminiumsilicat E 554/555/556, Bentonit (Aluminiumsilicat; Montmorillonit) E 558 sowie Aluminiumsilicat/Kaolin E 559) als Trennmittel in Lebensmitteln (zum Beispiel Würzmittel, Iodsalze mit Kräutern) zugelassen. Kieselsäure („hydrated silica“) ist ein Bestandteil von „Zahnweiß“ und von Gesichtspudern (als Talk und Kaolin). Siliconöle werden auch für Kosmetika verwendet. Aluminiumsilicate als Zeolithe sind als Ionenaustauscher vor allem in Waschmitteln (zur Wasserenthärtung) und Fleckensalzen enthalten. Und schließlich werden Trisilicate in Magentabletten (zur Bindung überschüssiger Magensäure) sowie Kieselerde in Kapseln (mit Calciumsalzen) zur Unterstützung des Feuchtigkeitbindungsvermögens des menschlichen Gewebes“ (zur Hautstraffung) verwendet.

Neue Methoden in der Fluoreszenz-Technik erleichtern die Forschung Leuchtende Proteine – Signale aus der Zelle

Moderne Bild gebende Verfahren erlauben Echtzeit-Beobachtungen von Virus-Zellinteraktionen. Viele dieser Untersuchungsmethoden erfordern die Markierung des jeweiligen Gegenstands des Interesses, etwa mit dem „grün fluoreszierenden Protein“ (GFP), dessen genetischer Code in die Erbinformation eingeschleust wird. Dort wird das Markerprotein von der zelleigenen Maschinerie produziert und an die gewünschte Stelle angehängt. So ist es Heidelbergn Wissenschaftlern jetzt gelungen, erstmals HI-Viren für visuelle Untersuchungen zu markieren, ohne die funktionellen Eigenschaften des Erregers zu hemmen.

Bei bisherigen Markierungsversuchen beeinträchtigten die genetischen Modifikationen die Bildung von Viruspartikeln oder deren Fä-

higkeit, Zellen zu infizieren. Die Heidelberger Wissenschaftler des DKFZ und des Universitätsklinikums haben nun in einem Strukturmodell der Viruskapsel einen Bereich entdeckt, der die gravierende Verlängerung durch das GFP toleriert. Der Einbau des GFP-Moleküls vergrößert das HIV-Strukturprotein um etwa die Hälfte und trotzdem werden noch infektiöse Viren gebildet. Die Gruppe konnte mittels Elektronenmikroskopie nachweisen, dass Aussehen und Gestalt der so kreierte Viruspartikel vom normalen HIV nicht zu unterscheiden sind. Damit ist ein wesentlicher Schritt getan, um die Dynamik der HI-Virusinfektion besser verstehen zu können.

Nach der vollständigen Entschlüsselung des menschlichen Genoms verlagerte sich der Schwerpunkt der lebenswissenschaftlichen Forschung von der Analyse der Gene wieder auf die Untersuchung der Genprodukte, der Proteine. Dabei kommt im Zeitalter der „Proteomics“ bildgebenden Verfahren zur Untersuchung von biomolekularen Funktionsprozessen eine wachsende Bedeutung zu. Traditionelle Methoden der Proteinanalyse im zellulären Kontext bedienen sich der Anfärbung der Zielproteine durch fluoreszenzmarkierte Antikörper. Allerdings müssen dazu die Zellen zunächst abgetötet werden und die Proteine in einem aufwändigen Verfahren angefärbt werden. Diese Methode ermöglicht leider nur Momentaufnahmen, dynamische Prozesse sind nicht oder nur schwer zu erfassen.

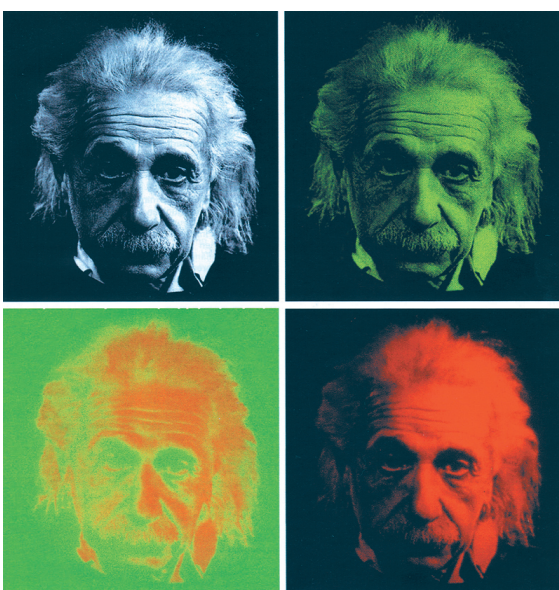
Proteine aus der Qualle

Vor wenigen Jahren haben licht-emittierende Proteine das Interesse der biomolekularen Forschung auf sich gezogen. Das grün fluoreszierende Protein aus der im Pazifik vorkommenden Qualle *Aequorea victoria* hat dabei eine Pionierrolle gespielt. Das fluores-

zierende Farbstoffmolekül bildet sich im Inneren dieses Proteins in einer autokatalytischen Reaktion aus drei Aminosäuren; mit Ausnahme von molekularem Sauerstoff werden dafür keine weiteren Enzyme oder Kofaktoren benötigt. Da die Fluoreszenz des Farbstoffes somit genetisch verschlüsselt ist, kann die kodierende DNA in beliebige Zellen eingebracht werden. Diese stellen dann das Genprodukt GFP her, so dass die Zellen bei Bestrahlung mit blauem Licht grün aufleuchten. Für Studien der intrazellulären Proteinlokalisierung können durch geeignete biotechnologische Manipulationen auch Fusionen von GFP und einem Protein von Interesse hergestellt werden. Hierzu werden die Gene beider Proteine kombiniert. Erfolgt nun die Expression dieses künstlichen Gens, so wird an das zu untersuchende Protein automatisch eine GFP-Domäne angehängt. Dieses leuchtende Tandem kann unter dem Fluoreszenzmikroskop in der lebenden Zelle zeitaufgelöst verfolgt werden.

Ein weiteres Beispiel für GFP-Anwendung sind Studien der Genaktivität. Gene besitzen regulierende Einheiten, die die Expression der vom Gen kodierten Proteine steuern. Will man wissen, unter welchen Bedingungen ein Gen aktiv ist, wird wiederum ein künstliches Gen in eine Zelle eingeschleust, bei dem die regulierende Einheit von Interesse mit der GFP-kodierenden DNA gekoppelt ist. Wenn in der Zelle Bedingungen herrschen, die das zu untersuchende Gen anschalten, wird das GFP hergestellt, und die Aktivität des Gens kann direkt an der gesteigerten Fluoreszenz der Zelle abgelesen werden. Wichtige Anwendungen finden sich auch in der klinischen Forschung in den Bereichen Medikamentenentwicklung und -erprobung, in der Krebsforschung sowie der Gentherapie. GFP ist in vielen Organismen erfolgreich

Abbildung 1: Das Protein „EosFP“ aus der Steinkoralle *Lobophyllia hemprichii* wechselt bei Bestrahlung mit kurzwelligem Licht seine Fluoreszenzfarbe von grün nach rot. Das Bild zeigt eine Anwendung als photolithographischer Bildspeicher. Das Portrait von Albert Einstein (oben links) diente als Maske für die UV-Belichtung einer Nitrocellulose-Membran, auf der EosFP immobilisiert wurde (oben rechts). Die untere Reihe zeigt Fluoreszenzbilder im roten und grünen (links) und roten (rechts) Spektralbereich (Alle Abbildungen außer Abb. 4: Universität Ulm).



exprimiert worden. Die Herstellung grün fluoreszierender Mäuse hat zu großem Aufsehen in den Medien geführt. Probleme verbinden sich damit, dass GFP aus *Aequorea victoria* in gewissem Grade zelltoxisch ist und die Genregulation beeinflussen kann.

Durch gentechnische Modifikation wurden blau und gelb fluoreszierende Varianten von GFP erzeugt, so dass bei Detektion des Lichts in verschiedenen Farbkanälen mehrere Prozesse gleichzeitig verfolgt werden können.

Optimierung der Fluoreszenz-Eigenschaften

Um eine breite Palette von Anwendungen zu erschließen, sind in den letzten Jahren weltweit große Anstrengungen unternommen worden, die Fluoreszenzeigenschaften von GFP durch protein engineering weiter zu optimieren. Insbesondere wurde versucht, die Lichtabsorption und -emission in den langwelligeren, roten Spektralbereich zu verschieben, da

die grüne Lichtemission aus physikalischer Sicht in verschiedener Hinsicht nicht optimal ist: Grün fluoreszierende Proteine müssen mit energiereichem, ultraviolettem oder blauem Licht angeregt werden, was zu Zellschädigungen führen kann. Dies stellt einen entscheidenden Nachteil für einen *in vivo*-Marker dar. Rot emittierende Varianten könnten hingegen durch energieärmeres, grünes oder orangefarbenes Licht angeregt werden. Die unspezifische Eigenfluoreszenz von Zellen, die bei der mikroskopischen Beobachtung der Zellen einen Untergrund hervorruft, ist im roten Spektralbereich deutlich niedriger als im blau-grünen. Die Streuung nimmt in Geweben mit steigender Wellenlänge ab; damit zusammenhängend erhöht sich die Nachweisbarkeit der Marker-substanz. Ferner steigt die Empfindlichkeit halbleiterbasierter optischer Nachweissysteme im roten Spektralbereich stark an.

Alle Versuche, durch gentechnische Modifikationen am *Aequorea*-

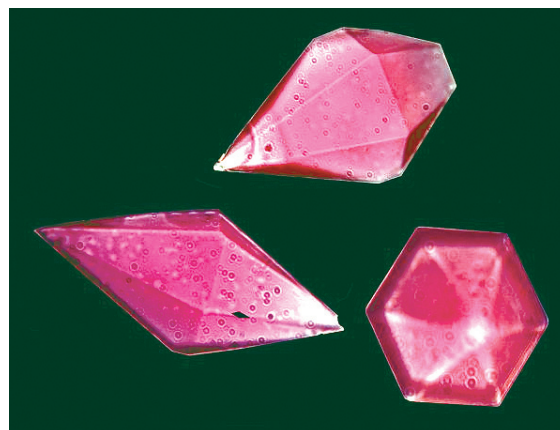
GFP dauerhaft rot fluoreszierende Proteine zu gewinnen, sind bisher fehlgeschlagen. Dann hat die Natur gezeigt, dass es trotzdem möglich ist: im Jahr 1996 wurden fluoreszierende, zur GFP-Familie gehörende Proteine entdeckt, die mit unterschiedlichen spektralen Eigenschaften in nicht-biolumineszenten Nesseltieren vorkommen. Überraschenderweise wurden darunter auch Spezies mit roter Färbung gefunden. Unabhängig davon wurden einschlägige Arbeiten von Wissenschaftlern der Russischen Akademie der Wissenschaften durchgeführt und von einer amerikanischen Firma zügig kommerziell umgesetzt.

Bei diesen natürlich vorkommenden rot fluoreszierenden Proteinen wirken sich allerdings die langsame Reifung des Fluorophors, die Tendenz zur Oligomerisierung und die teilweise Bildung von Aggregaten für viele Anwendungen negativ aus. Die langsame Reifung ist in Experimenten zur Untersuchung der Genaktivität von Nachteil, da die Aktivität des Gens erst mit der entsprechenden Verzögerung nachgewiesen werden kann. Im Falle einer Oligomerisierung lagern sich in der Regel vier oder mehr einzelne Moleküle des Markerproteins aneinander. Bei Studien der Proteinlokalisierung ist jedes dieser

Abbildung 2: Die Seeanemone *Entacmaea quadricolor* ist intensiv orange gefärbt. Die Färbung wird durch GFP-ähnliche Proteine hervorgerufen. Aus diesem Nesseltier wurde das neuartige rot fluoreszierende Protein eqFP611 isoliert.



Abbildung 3 : Kristalle des fluoreszierenden Proteins eqFP611 aus Nesseltierchen. Bei Bestrahlung mit blauem Licht leuchten die Kristalle rot auf. Aus hochreinen Lösungen des Farbstoffes eqFP611 wurden diese Proteinkristalle gezüchtet. An solchen Kristallen kann mit Hilfe der Röntgen-Analyse die dreidimensionale Struktur des Proteins ermittelt werden.



Moleküle zusätzlich mit dem zu untersuchenden Protein verknüpft. Auf diese Weise entstehen hochmolekulare Komplexe, die häufig nicht mehr die natürliche Lokalisation des Fusionspartners anzeigen. Darüber hinaus kann auf diese Weise auch die Funktionalität des Fusionsproteins verlorengehen.

In einer Kooperation zwischen den Fächern Biologie und Physik der Universität Ulm sollten deshalb fluoreszierende Proteine mit verbesserten Eigenschaften entwickelt werden. In diesem Projekt wurden natürlich vorkommende GFP-Varianten isoliert und eingehend charakterisiert. Hierzu wurden zunächst Nesseltiere bei Tauchgängen im Meer gesammelt (Abbildung 2). Daneben konnte auch der Beifang von Fischkuttern im Mittelmeer interessante Objekte liefern. Im Rahmen einer Zusammenarbeit mit der Universität Sydney wurden in Australien farbige Korallen des Great-Barrier-Riffs auf das Vorhandensein geeigneter Proteine untersucht.

Vielversprechende Kandidaten wurden für weitere Untersuchungen in der Aquarienanlage der Abteilung Allgemeine Zoologie und Endokrinologie der Universität Ulm gehalten, um GFP-Varianten mit photophysikalisch optimalen Eigenschaften zu identifizieren und die zugehörigen Gene zu isolieren. Die strukturellen Eigenschaften der Proteine wurden durch Kristall-

strukturanalyse an der European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) in Grenoble aufgeklärt. Hierbei arbeitete die Abteilung Biophysik der Universität Ulm mit der Universität Rom (La Sapienza) zusammen. Ziel dieser Arbeiten war ein besseres Verständnis der Struktur-Funktions-Beziehungen in dieser Proteinfamilie, um optimale Proteindesigns für potenzielle Anwendungen entwickeln zu können.

Der Ulmer Gruppe gelang die Isolierung und Charakterisierung des rot fluoreszierenden Proteins eqFP611 (Abbildung 3 und 5), das die bislang langwelligste Emission und größte Stokes-Verschiebung aller natürlich vorkommenden GFP-Varianten aufweist. Die Stokes-Verschiebung gibt den Abstand zwischen der Wellenlänge an, bei der das Leuchten des Farbstoffs am besten angeregt wird, und der Wellenlänge, bei der das meiste Licht abgestrahlt wird. Eine große Stokes-Verschiebung ist vorteilhaft für die optimale Ausnutzung der Leuchtkraft des Farbstoffs beim Nachweis des Markerproteins in einer Zelle unter dem Fluoreszenzmikroskop. Das Protein zeichnet sich noch durch eine Reihe weiterer positiver Eigenschaften aus, insbesondere die schnelle Reifungsgeschwindigkeit und die geringe Oligomerisierungstendenz. Nach der weiteren photophysikalischen Charakterisierung konnte

das neue Markerprotein gentechnisch optimiert werden.

Die Abteilungen Allgemeine Zoologie & Endokrinologie und Biophysik der Universität Ulm arbeiten an der Entwicklung solcher Farbstoffe. Ferner besteht eine Zusammenarbeit mit Boehringer Ingelheim Pharma GmbH & Co KG zur Entwicklung neuer fluoreszenzbasierter Assays für das „high-content screening“ im Bereich der Wirkstofffindung. Die Anwendbarkeit der neuen Farbstoffe in der klinischen Forschung werden getestet (Abbildung 4).

Steuerbare Farbkonversion

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurde ein neues fluoreszenztes Protein vorgestellt, das aus der Steinkoralle *Lobophyllia hemprichii* isoliert wurde. Wenn das Protein von der Zelle hergestellt wird, fluoresziert es grün, ähnlich wie GFP. Nach kurzer Bestrahlung mit (ultra-)violetttem Licht (390 +/- 30 nm) schaltet das Emissionsmaximum von 516 nm (grün) nach 581 nm (rot) um (Abbildung 1). Aufgrund dieser Eigenschaft wurde das Protein auf den Namen „EosFP“ getauft, nach Eos, der griechischen Göttin der Morgenröte, die auch den Beinamen „Die Rosenfingrige“ trägt. Bei EosFP geht die Umwandlung des grünen Fluorophors in die rote Form mit einer Photodissoziation des Peptidrückgrats des Proteins einher und ist daher irre-

Abbildung 4: Aufgrund der Markierung mit eqFP611 aus *E. quadricolor* zeigen diese menschlichen Tumorzellen unter dem Fluoreszenzmikroskop ein rotes Leuchten (Abbildung: Andreas Girod, EMBL Heidelberg).

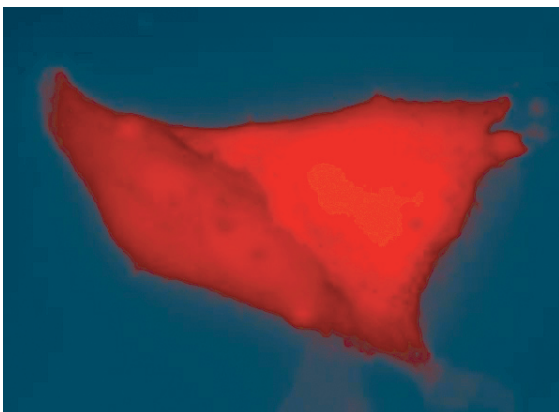
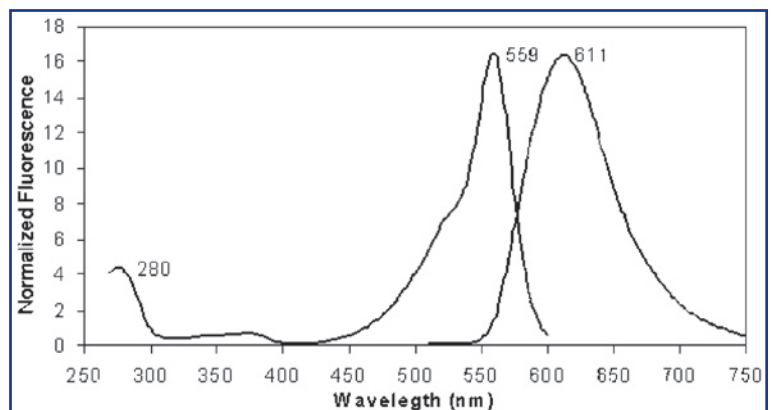


Abbildung 5: Das Fluoreszenzspektrum von eqFP611 aus *Entacmaea quadricolor*. Das Anregungsspektrum (linke Kurve) macht deutlich, dass die rotverschobene Emission des Proteins mit einem Maximum bei 611 nm (rechte Kurve) am besten durch grünes und gelbes Licht (Maximum: 559 nm) hervorgerufen wird.



versibel. Das Protein liegt in seiner natürlichen Form als Tetramer aus vier identischen Untereinheiten vor. Dies kann in zellulären Anwendungen von Nachteil sein, da sich Fusionsproteine mit EosFP ebenfalls zu Tetrameren zusammenlagern, wodurch deren Funktionalität beeinträchtigt werden kann. Durch die gentechnische Modifikation der Kontaktflächen wurden die Wechselwirkungen zwischen den Untereinheiten so geschwächt, dass das mutierte Protein als funktionelles Dimer beziehungsweise Monomer vorliegt. An Beispielen wurde gezeigt, dass mit EosFP fusionierte Proteine ihre biologische Aktivität beibehalten. Die Fusionskonstrukte waren in der Zelle korrekt lokalisiert und konnten entsprechend ihrer normalen Funktion, über Interaktionen mit weiteren Proteinen die Expression eines Genes modulieren.

Die steuerbare Farbkonversion des neuartigen Markers ist vor allem in Untersuchungen der zellulären Proteinbewegung von großem Nutzen. Mit ausschließlich grün oder rot fluoreszierenden Farbstoffen können nur Proteinwanderungen verfolgt werden, die mit Konzentrationsvariationen zwischen subzellulären Kompartimenten einhergehen, zum Beispiel die Translokation eines Proteins aus dem Zellplasma in den Kern. Mit EosFP ist es möglich, dynamische Prozesse auch bei einer gleichmäßigen Verteilung der Proteine zu beobachten. Hierzu wird innerhalb der Zelle mit einer stark fokussierten Lichtquelle ein kleiner Anteil des Markers von der grünen in die rot fluoreszierende Form umgewandelt. Anhand der Rotfluoreszenz können die lokal markierten Proteine von der grün fluoreszierenden Restpopulation unterschieden werden. Auch ist es möglich, das Schicksal einer einzelnen Zelle oder einer kleinen Zellgruppe im Rahmen der embryonalen Differenzierung zu verfolgen.

Dr. Jörg Wiedenmann, Dr. Franz Oswald, Prof. Dr. Gerd Ulrich Nienhaus (Universität Ulm), Dr. Angelika Michel (DKFZ)

Trendbarometer Förderungen

- Die Technische Universität Hamburg-Harburg (TUHH) ist für ihren neuen Studiengang „**Joint European Masters Programme in Materials Science**“ (EMMS) von der EU ausgezeichnet worden. Im Wettbewerb um Fördergelder entschied sich die EU unter 200 europäischen Bewerbungen für EMMS. Das Studium findet an der TUHH, der Universidade de Aveiro in Portugal und der Aalborg Universität in Dänemark statt. Es beginnt ab 18. Oktober 2004 und umfasst alle Teildisziplinen der Materialwissenschaften.
- Im Rahmen des Programms LIFE-Umwelt fördert die EU das Demonstrationsprojekt der Kompetenzzentrum Wasser gGmbH zur weitgehenden Nährstoffentfernung in Membranbelebungsanlagen „**ENREM**“ (**Enhanced Nutrients Removal in Membrane Bioreactor**) mit 3,4 Millionen Euro für drei Jahre. Durch einen neuartigen Prozess wird durch die Kombination von vermehrter biologischer Phosphor- und Stickstoffentfernung in einer Membranbelebungsanlage eine Abwasserdesinfektion und eine weitgehende Nährstoffentfernung gewährleistet.
- Anlässlich des 11. Internationalen Produktionstechnischen Kolloquiums 2004 in Berlin kündigte Bundesforschungsministerin Edelgard Bulmahn an, das **BMBF werde einen neuen Forschungsschwerpunkt zum Montagestandort Deutschland und den Anwendungen neuester Technologien** mit bis zu 20 Millionen Euro fördern. Deutschland müsse als Montage- und Produktionsstandort international wieder an Bedeutung gewinnen.
- Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unterstützt **umweltschonende Industrieprozesse mit Hilfe moderner Biotechnologie**. Zwölf Forschungsprojekte zum Thema „Nachhaltige Bioproduktion“ fördert das BMBF in den kommenden drei Jahren mit 20 Millionen Euro. Damit soll die Entwicklung umweltverträglicher Industrieprozesse entscheidend vorangetrieben und beispielsweise die Produktion von Biokatalysatoren für den Einsatz in Waschmitteln verbessert werden. Das BMBF fördert diese Forschungs- und Entwicklungsvorhaben bis 2007 mit insgesamt 14 Millionen Euro, weitere sechs Millionen Euro kommen von der Wirtschaft hinzu.
- Die DFG fördert ein Grundlagenforschungsprojekt einer Nachwuchswissenschaftlerin der Universität Jena zur **Elektrokatalyse in Brennstoffzellen**. Sowohl die Stelle für weitere zwei Jahre als auch Sachmittel in Höhe von 12 000 Euro wurden bewilligt. Im weitesten Sinne geht es bei dem neuen Projekt um die Optimierung eines Teilprozesses in Brennstoffzellen. Es soll ein Mikrosystem entwickelt werden, in dem eine effiziente elektrokatalytische Sauerstoffreduktion an speziell dafür vorbereiteten Titandioxidschichten erfolgt.
- Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert mit 722 000 Euro eine neue Methode zur **Diagnostik von Alzheimer-Krankheit, Schizophrenie und andere neuropsychiatrische Erkrankungen**. Die Firma Mosaiques Diagnostics & Therapeutics AG in Hannover kann durch Kopplung zweier Messmethoden, der Kapillar-Elektrophorese und der Massenspektrometrie, charakteristische Polypeptide aus Liquor identifizieren.
- Die Forschergruppe „**Membranunterstützte Reaktionsführung**“ der Fakultät für Verfahrens- und Systemtechnik der Universität Magdeburg wird für weitere drei Jahre von der DFG mit 1,5 Millionen Euro gefördert. Ziel des Projektes ist es, hochmoderne Produktionsverfahren für organische Zwischenprodukte auf der Basis von Keramik-Membranen zu entwickeln und allgemeingültige Kriterien zur Bewertung von Membranreaktoren zu erarbeiten.
- FIZ Karlsruhe und die Max-Planck-Gesellschaft bauen gemeinsam eine integrierte **Informations-, Kommunikations- und Publikationsplattform** für netzbasiertes wissenschaftliches Arbeiten auf. Das Bundesforschungsministerium (BMBF) hat für das auf fünf Jahre angelegte Pilotprojekt mit dem Arbeitstitel „eSciDoc“ Fördermittel in Höhe von 6,1 Millionen Euro bewilligt.

12. Anwendertreffen Röntgenfluoreszenz- und Funkenemissionsspektrometrie Neuigkeiten für 200 Spektrometrie-Experten

Regen Zuspruch fand das 12. Anwendertreffen Röntgenfluoreszenz- und Funkenemissionsspektrometrie des Deutschen Arbeitskreises für Angewandte Spektroskopie (DASp), das am 14. und 15. März 2005 in Dortmund stattfand. Fast 200 Teilnehmer/-innen aus den Bereichen Forschung, Industrie und Gerätetechnik nutzten die Gelegenheit zum intensiven Erfahrungsaustausch über Anwendungen und Neuentwicklungen dieser spektrometrischen Methoden.

Das Spektrum der insgesamt 32 Vorträge reichte dabei von der Präsentation gerätetechnischer Neuentwicklungen bis zur Darstellung neuerer Anwendungen dieser spektroskopischen Methoden im industriellen Umfeld.

Prof. Dr. Broekaert, Vorsitzender des DASp, nutzte die Eröffnungssitzung, um Prof. Dr. Ohls die Ehrenmitgliedschaft des DASp zu verleihen. Prof. Dr. Ohls hat im Rahmen seiner langjährigen, beruflichen Tätigkeit wesentlich die Entwicklung spektrometrischer Methoden, insbesondere RFA und ICP-OES, vorangetrieben und aktiv als Vorstandsmitglied im DASp mitgewirkt.

Die erste Vortragssitzung begann K. Niemax, Dortmund, mit der Frage: „Feststoffanalyse mit gepulsten Lasern – Was können wir erwarten nach 40 Jahren Forschung und Anwendung?“ Seine Antwort war, dass wohl dem Femtosekunden-Laser die Zukunft gehören würde. J. Makowe, Aachen, berichtete über „Schnelle Identifikationen von Leichtmetall-Legierungen mit LIBS fürs werkstoffliche Recycling“, wobei Schrott in Stückform auf einem Förderband durch Laserbeschuss erkannt und sortiert wurde. Frau v.d. Bosch, Duisburg, stellte anschließend die moderne „Werkstoffanalytik in der Stahlindustrie

– Prozessanalytik und mehr“ vor und betonte, dass es ganz ohne Personal nicht funktionieren wird. H.G. Josten, Kleve, berichtete über die „Moderne Bogenanalytik: präzise und genau“ und danach sprach der diesjährige Bunsen-Kirchhoff-Preisträger N. Bings, Hamburg, über die „Analysen von SiC-Pulvern mittels Funkenablations-CCD ICP-OES“. Es folgten E. Müller, Ecublens, der neue Möglichkeiten der Spurenanalytik mit Hilfe der Funkenspektrometrie im VUV-Bereich aufzeigte, und A. Kunz, Kleve, mit „Charakteristika der analytischen Leistungsfähigkeit eines Funkenspektrometers der Workbench-Klasse mit Channel-Photomultipliern“. Die Nachmittagsveranstaltung begann H. Falk, Kleve, mit der Diskussion der möglichen Fehler und „Vorschläge(n) zur Verbesserung der analytischen Zuverlässigkeit der Funken-OES“. Frau M. Hamester, Bremen, erklärte „Prinzip und Anwendungen eines neuartigen Glimmentladungsmassenspektrometers für die Analyse hochreiner Metalle“, gefolgt von B. Struijvenberg, Kleve, der über die Leistungsfähigkeit moderner CCD-Funkenspektrometer referierte und damit das Themengebiet Emissionsspektrometrie beendete.

In den weiteren Vorträgen der Nachmittagsveranstaltung stand bereits die Röntgenfluoreszenzspektrometrie in allen Anwendungsformen im Mittelpunkt. A. Janßen, Steinfurt, begann den zweiten Teil mit einem Vortrag über die Anwendbarkeit der wellenlängendispersiven RFA bei der Bestimmung von Schwermetallen im Abfall des DSD. D. Roth, Lünen, beschrieb eindrucksvoll die „On-line Element-Analyse an Braunkohle mittels RFA“ und D. Bovin, Ecublens, stellte in seinem Beitrag die analytischen Möglichkeiten kombinierter XRF-XRD-Systems

vor. Nachdem B. Crone, Duisburg, die „Direkte Analyse von Hochofenschlacken mittels RFA“ erläuterte, folgten am ersten Tag noch zwei Beiträge über die Erweiterung der röntgenspektrometrischen Untersuchungsmöglichkeiten durch Nutzung von Synchrotronstrahlung zur Anregung. A. v. Bohlen, Dortmund, diskutierte in seinem Beitrag „Neue Perspektiven der Synchrotron-Röntgenfluoreszenz“ die Möglichkeiten der neuen ISAS-Beamline. Besonderer Erwähnung bedarf hierbei der Beitrag „Synchrotronstrahlung: Heller als die Sonne“ von Herrn Prof. Dr. Tolan in dem die Erzeugung von Synchrotronstrahlung und deren einmalige Eigenschaften für die Materialanalyse diskutiert wurden. Nach Ende des ersten Veranstaltungstages hatten die Teilnehmer die Gelegenheit, das Dortmunder Synchrotron DELTA zu besichtigen.

Den zweiten Tag begann K. Ohls, Dortmund, mit einem Vortrag zum Thema „Nomenklatur, Definitionen und Richtigkeit“, einer Aufforderung zu einer gemeinsamen Sprache der Analytiker und der Erinnerung an alte Maßstäbe und Werte in der Chemischen Analytik. Dann führte uns R. Klockenkämper, Dortmund, mit „Antike Silberlinge im Licht moderner Analysemethoden“ anhand römischer Münzen zurück zu den Kaisern der ersten 300 Jahre nach der Zeitrechnung. Frau A. Walther, Mainz, schaffte es dann mit ihrem Vortrag „Untersuchung der Zuverlässigkeit von Bor-Bestimmungen in Glas mittels RFA“, uns wieder direkt zur analytischen Problematik zurück zu führen. Frau St. Hanning, Steinfurt, beschäftigte sich mit der „Leistungsfähigkeit der WD-RFA bei der Bestimmung ausgewählter Elemente aus Kunststoffen“ und anschließend bestätigte M. Heck, Babenhausen, die vielseitige Anwendung der „Röntgenfluoreszenz-



Prof. Ohls (links) erhält aus der Hand des DASp-Vorsitzenden Prof. Broekaert die Urkunde der Ehrenmitgliedschaft (Foto: Flock).

analyse in einem Qualitätslabor der Automobilzulieferindustrie“. Der Vormittag wurde mit zwei Vorträgen über Referenzproben abgeschlossen: M. Michaelis, Berlin, sprach über den „Einsatz der RFA bei der Zertifizierung von Referenzmaterialien“ und R. Schramm, Bedburg-Hau, über „PVC: Ein neues Referenzmaterial für die RFA“. Die Nachmittagssitzung eröffnete R. Wedell, Berlin, wieder mit aktuellen Beispielen zur Erweiterung eines Rasterelektronenmikroskops zur universellen Analytikstation. Anschließend diskutierte R. Gehrlein, Wiesbaden, das Potenzial neuartiger Low Background Proportional Zähler in Verbindung mit der energiedispersiven RFA. In einem sehr interessanten Vortrag führte J. Wiesmann, Geesthacht, in die hochtechnische Herstellung der „Multilayer als Analysatorkristalle zur Detektion leichter Elemente in der RFA“ ein. Über Anwendungsbeispiele tragbarer RF-Analysatoren stellte J. Giannikos, Königstein, vor und anschließend berichtete M. Dirken, Almelo, über das analytische Potenzial neuer Entwicklungen für XRF. Es folgten weitere Herstellerberichte: O. Genkel, Kleve, stellte mit „Höhere Präzision

mit weniger Leistung – eine neue RFA-Benchtopgeneration“ vor, W. Köck, Taunusstein, zeigte neue „Applikationsfelder der Mikro-Röntgenfluoreszenz-Analytik“ auf, während D. Porta, Karlsruhe, an Hand verschiedener Applikationen eines Geräteherstellers und Flexibilität dieser Geräte belegte. Den Abschluss gestaltete Frau B. Gade, Lausanne, die die Vielzahl der Einsatzmöglichkeiten eines energiedispersiven RF-Gerätes in einem Zentrallabor präsentierte.

Auch am diesjährigen Anwendertreffen nahmen wieder alle bekannten Herstellerfirmen teil, so dass alle Möglichkeiten gegeben waren, Fragen zu stellen. Hiervon wurde in der Diskussion nach den Vorträgen und in den zahlreichen Pausen rege Gebrauch gemacht. Das 13. Anwendertreffen „Röntgenfluoreszenz- und Emissionsspektrometrie“ wird am 6. und 7. März 2006 in der Fachhochschule Münster, Steinfurt, stattfinden. Vortragsanmeldungen werden erbeten an Prof. Dr. A. Janßen, Fachhochschule Münster, Stegerwaldstr. 39, 48565 Steinfurt-Burgsteinfurt, Fax 02551-962711, E-Mail JanssenA@fh-muenster.de. K. Ohls, J. Flock

Trendbarometer Förderungen

- **Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)** hat der TU Dresden einen Sonderforschungsbereich (SFB) zur **Erforschung von Stammzellen** genehmigt. Insgesamt 17 Arbeitsgruppen und eine Nachwuchsforscherguppe untersuchen, wie sich aus Stammzellen und Vorläuferzellen Gewebe bildet. Der SFB soll von der DFG für zwölf Jahre mit bis zu 20 Millionen Euro gefördert werden.

- **Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)** hat den TS **„Grundlagen komplexer Plasmen“** für die Erforschung astrophysikalischer Vorgänge und der Entwicklung innovativer Plasmatechnologien bewilligt. Das auf 12 Jahre angelegte Forschungskonzept wird im Rahmen von 15 Teilprojekten gemeinsam von Physikern der Universitäten Greifswald und Kiel sowie von Forschern des Instituts für Niedertemperatur-Plasmaphysik e. V. Greifswald und des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik, Teilinstitut Greifswald, getragen.

- Der Sonderforschungsbereich (SFB) 616 **der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) „Energiedissipation an Oberflächen“** wird für weitere vier Jahre mit insgesamt 5 Millionen Euro gefördert. Die Physik-Arbeitsgruppen der Universität Duisburg-Essen beschäftigen sich mit Prozessen der Energieumwandlung, Dissipation, an Oberflächen, wie sie zum Beispiel bei chemischen Reaktionen im Autokatalysator, beim Durchbrennen feinsten Drähte in Mikroprozessoren oder bei der modernen Materialbearbeitung durch Laserstrahlen eine wesentliche Rolle spielen.

- **Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)** hat ein gemeinsam vom Leibniz-Institut für Organische Katalyse (IFOK) und den Instituten für Chemie und für Automatisierungstechnik der Universität Rostock beantragtes Graduiertenkolleg mit dem Titel **„Neue Methoden für Nachhaltigkeit in Katalyse und Technik“** genehmigt. Insgesamt fließen damit in den nächsten 4 Jahren mehr als 2,7 Millionen an Forschungsgeldern nach Rostock.

- Der 2002 in Jena gegründete Sonderforschungsbereich (SFB) 604 **„Multifunktionelle Signalproteine“** wird für weitere drei Jahre von der **Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG)** gefördert. Mit etwa 1 Millionen Euro pro Jahr werden daher bis Ende 2008 die insgesamt 13 Teilprojekte des Jenaer SFBs unterstützt. Gesucht und analysiert werden Proteine, die in verschiedenen Organen des Organismus unterschiedliche Funktionen ausüben.

- Im Wintersemester 2006/2007 startet für 35 Teilnehmer der neue Studiengang **Pharmazeutische Biotechnologie** an der Hochschule Biberach. Mit der Grundsteinlegung für das **Lehrgebäude** (Kosten: 9,5 Millionen Euro) wurde eine **Privat-Public-Partnership** von Bund, Land, Landkreis und Stadt Biberach, Kreissparkasse Biberach sowie den Pharmaherstellern Rentschler (Laupheim) und Boehringer-Ingelheim (Biberach) umgesetzt.

Forscher in Wien untersuchen Gehirnentwicklung bei Fruchtfliegen

Ein einzelnes Gen steuert komplexes Verhalten

Eine einzelne Erbanlage kann ein komplexes Verhaltensmuster bei Tieren steuern. Dies berichten die Wissenschaftler um Barry Dickson vom Institut für molekulare Biotechnologie der österreichischen Akademie der Wissenschaften in Wien.

Das Gen startet bei den Männchen der Fruchtfliege *Drosophila melanogaster* das aufwendige Programm zum Buhlen um das Weibchen. Involviert sind dabei sensorische Auswertungen wie solche auf die Pheromone (Botenstoffe) der Weibchen wie Nervenimpulse für die Muskeln.

Der Einfluss der Erbanlage ist offensichtlich sehr weit reichend: Als die Wissenschaftler die männ-

liche Form des Gens auf weibliche Fliegen übertrugen, benahmten sich diese plötzlich fast exakt wie Männchen. Sie tippelten vor anderen Weibchen, schwangen die Flügel und unternahmten auch sonst alles, um auf sich aufmerksam zu machen. Männchen mit der weiblichen Form des Gens hingegen warben kaum noch um eine Partnerin. Durch verschiedene Manipulationen an dem Gen erzeugten die Forscher auch männliche Exemplare, die sich an männliche Fliegen heran machten.

Die Forscher untersuchten das „fruitless“-Gen. Es führt bei Fliegenmännchen zu anderen Proteinprodukten als den Weibchen. Dies hat auch Auswirkungen auf die

Gehirnentwicklung. Die Forscher stellen jedoch fest, dass es keine bemerkenswerten Unterschiede in der Gehirnanatomie männlicher bzw. weiblicher Fruchtfliegen gibt. Solche Unterschiede findet man durchaus bei anderen Tieren, zum Beispiel bei Singvögeln. Allein die kleinräumige Verschaltung von Neuronen, ihre subtile Funktion ist entscheidend für das unterschiedliche Sexualverhalten. Diese neuronalen Details wollen die Forscher jetzt untersuchen.

(Siehe Comic auf Umschlagseite 3).



Ein Gen für das Langzeit-Gedächtnis

Die positive Wirkung des Prion-Gens

Gedächtnismoleküle wurden in der Beschreibung zum CLB-Comic 02-2005 noch als Science Fiction bzw. als Wissenschaftsirrtrum abgetan. Jetzt konnten Wissenschaftler der Universität Zürich nachweisen, dass das Langzeit-Gedächtnis beim Menschen mit dem Prion-Gen zusammenhängt.

Der amerikanische Nobelpreisträger Eric Kandel hat vor zwei Jahren anhand von Tierexperimenten vermutet, dass Proteine mit der Eigenschaft, eine Prion-ähnliche Struktur anzunehmen, für die Bildung des Langzeitgedächtnisses mitverantwortlich sind.

„Das Prion-Gen ist durch seine Rolle beim Rinderwahn und bei der Jakob-Creutzfeldt Krankheit bekannt geworden. Bisher wusste man allerdings nichts über seine normale Funktion beim Men-

schen. Die Ergebnisse unserer Studie liefern nun erste Hinweise dafür, dass dieses Gen bei normalen Gedächtnisprozessen eine Rolle spielt“, sagt Professor Andreas Papassotiropoulos, Leiter der Forschergruppe „Klinische Genetik“ der Abteilung für Psychiatrische Forschung der Uni Zürich.

Dieses Gen kommt beim gesunden Menschen in zwei Varianten (129-Met und 129-Val) vor. Die Forscher haben jetzt nachgewiesen, dass Träger der 129-Met Variante im Vergleich zu Trägern der 129-Val Variante bessere Langzeit-Gedächtnisleistungen haben.

„Damit Informationen vom Kurzzeitgedächtnis in den Langzeitspeicher gelangen können, müssen stabile Verbindungen zwischen den Nervenzellen gebildet werden. Genau diesen Prozess könnten Proteine, die Prion-ähnliche Struktur annehmen können,

unterstützen. Hierzu haben wir weitere Studien geplant“, sagt Professor Dominique de Quervain, Leiter der Forschergruppe „Gedächtnis“ der Abteilung für Psychiatrische Forschung.

Mit dieser Studie ist es den Zürcher Forschern gelungen, erstmals ein Gen für das Langzeitgedächtnis beim Menschen zu identifizieren. Die Wissenschaftler hoffen, dass die Entdeckung dieses und anderer Gene zum Verständnis der Funktionsweise des menschlichen Gedächtnisses beitragen wird und dass dadurch neue Wege zur Behandlung von Gedächtnis-Störungen ermöglicht werden.

Gedächtnismoleküle für die Verschlüsselung einzelner Erinnerungen – der Wunschvorstellung von Forschern der 60er Jahre – bleiben aber wahrscheinlich Science Fiction...

Software zur Identifizierung von RNA-Genen

„Dunkle Materie“ der Biologie

Wissenschaftler der Universität Leipzig und des österreichischen Bioinformatik-Integrations Netzwerkes entwickelten eine Software, mit der RNA-Gene in Genomen identifiziert werden können. Sie sehen das als einen Schritt auf dem Wege der Entschlüsselung der „dunklen Materie der Biologie“.

Als „dunkle Materie der Biologie“ bezeichnete man lange Zeit jene Bestandteile des Genoms, die das Ablesen von Proteinen aus Genen „nur“ unterstützen. Zu diesen Bestandteilen gehören Ribonukleinsäuren (RNAs), die sich durch ein Sauerstoff- und ein Wasserstoffatom (also eine Hydroxylgruppe) von der Desoxyribonukleinsäuren (DNAs) unterscheiden.

Erst in jüngster Zeit erkannte man die eigenständige Rolle der RNA zum Beispiel bei der Regulation der Gene. Desto dringlicher stellte sich die Aufgabe, neben den relativ leicht zu entschlüsselnden Genen, von denen Proteine abge-

lesen werden, auch die RNA-Gene zu identifizierenden. Genau das ist jetzt den Wissenschaftlern um den Bioinformatiker Peter Stadler vom Institut für Informatik der Universität Leipzig und Stefan Washietl und Ivo Hofacker vom Bioinformatik-Integrations Netzwerk des österreichischen Genomforschungsprogramms GEN-AU gelungen. Dazu koppelten die Wissenschaftler eine vergleichende Sequenzanalyse mit einer Strukturvorhersage. Letztere beruht darauf, dass besonders stabile Strukturen ein Indiz für RNA-Gene sind. Das Programm der Bioinformatiker modelliert gleichsam unzählige molekulare Verbindungen und isoliert die stabil erscheinenden. Auf dieser Grundlage durchforstet man dann die Genome verschiedener Organismen nach jenen stabilen Molekülen, die etwa beim Menschen ebenso vorkommen wie bei der Maus oder beim Zebrafisch. Auf das Programm kann unter <http://www.tbi.univie.ac.at/~wash/RNAz> weltweit frei zurückgegriffen werden.

„Dunkle Materie“ im Universum: Neues Ergebnis Masse ihrer Elementarteilchen

Jetzt bestimmten Würzburger Astrophysiker um Dominik Elsässer die Masse der Teilchen, aus denen die dunkle Materie des Universums bestehen soll.

Sterne und Gaswolken machen nur rund fünf Prozent der Masse des Universums aus. Viel mehr, nämlich etwa 25 Prozent, fallen auf die „dunkle Materie“. Die o.g. Masse soll sie sich auf etwa das Doppelte der Masse eines Goldatoms belaufen. Diese Bestimmung gelang den Forschern durch Anwendung von Einsteins berühmter Formel zur Verknüpfung von Energie und Masse auf Daten, die der Nasa-Satellit „Compton Gamma Ray Observatory“ von 1991 bis 2000 gesammelt hat. Die jüngste

Aufarbeitung dieser Messwerte wurde 2004 freigegeben. Darin fanden die Wissenschaftler einen deutlichen Überschuss von kosmischer Gammastrahlung bei Energien, die etwa eine Milliarde Mal größer sind als die des sichtbaren Lichts.

Das Ergebnis stimme gut mit den Vorhersagen der Supersymmetrie-Theorie überein, sagen die Forscher. Dieser Theorie zufolge soll die Dunkelmaterie aus einer neuen Art von Elementarteilchen bestehen, den Neutralinos, die bislang experimentell noch nicht nachgewiesen wurden. Der Supersymmetrie-Theorie gemäß würde ein solches Gammastrahl-Signal entstehen, wenn sich Neutralinos gegenseitig vernichten.

Proteine, Gene und Hormone

Stress im Körper entsteht durch die Befüllung kleiner zellulärer Transportbläschen mit Stresshormonen. Dieser Vorgang wird durch ein Protein gesteuert. Eine Gruppe von Neurowissenschaftlern des Göttinger Max-Planck-Instituts für experimentelle Medizin entdeckte, wie die Speicherung und Freisetzung der Stresshormone Adrenalin und Noradrenalin reguliert werden.

Ein neu entdecktes Enzym aus Mikroorganismen einer Bodenkultur ist in der Lage, die Aminosäure Tryptophan an einer bestimmten Stelle zu bromieren und zu chlorieren. Dieser Vorgang ist durch chemische Synthese nicht möglich. Forscher des Instituts für Biochemie an der TU Dresden setzen das Enzym zur Veränderung von medizinischen Stoffen für die Medikamentenproduktion ein.

Ein Protein namens ADMA („Asymmetrisches Dimethylarginin“) unterbindet Reparaturen in den Blutgefäßen von Patienten mit koronarer Herzerkrankung. Es eignet sich darum als Angriffspunkt für Medikamente, wie Mediziner von der Universität Würzburg meinen. Je höher ADMA im Blut der Patienten konzentriert ist, desto stärker ist die Funktion der Blutgefäß-Stammzellen gestört. Dadurch wird das natürliche Reparatursystem des Körpers behindert.

Ein Enzym, das die Zusammensetzung der Zucker im Nektar von Pflanzen maßgeblich beeinflusst, haben Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für chemische Ökologie in Jena entdeckt. Dieses Enzym spaltet Zucker, die im Nektar nicht benötigt werden. Einige Pflanzenarten können so ihren Nektar in einer Rezeptur anbieten, die bestimmte Ameisenarten anlockt, die von den Pflanzen als Helfer gegen Schadinsekten genutzt werden.

Die Struktur und die Funktion von Ribosomen sind durch Wissenschaftler am Max-Planck-Institut für molekulare Genetik in Berlin weiter erhellt worden. Mittels Kryo-Elektronenmikroskopie stellten die Forscher eine Bindungsstelle des Ribosoms für ein weit verbreitetes Protein, die hochkonservierte GTPase Era dar, die erste direkte Visualisierung einer für den Assemblierungsprozess bedeutsamen Bindungsstelle.

Die vollständige Erbinformation von Corynebacterium jeikeium K411, das aus der Achselhöhle eines immungeschwächten Intensivpatienten isoliert wurde, entschlüsselten Wissenschaftler des Instituts für Genomforschung der Universität Bielefeld. Das Genom besteht aus einem ringförmigen Chromosom mit nur 2 462 499 Basenbausteinen, die insgesamt 2104 Gene kodieren. Die Entschlüsselung der Erbinformation von Corynebacterium jeikeium zeigte, dass die meisten Gene, die zur Unempfindlichkeit gegen nahezu alle Antibiotika beitragen, bereits aus anderen hautbewohnenden Bakterien bekannt waren. Das heißt, Bakterien sind in der Lage, untereinander „wichtige“ Informationen auszutauschen. Corynebacterium jeikeium hat diese Informationen geradezu gesammelt.

Hochleistungsteilchen für die Biomagnetische Trenntechnologie

Polymer Laboratories freut sich, eine neue Reihe von wirtschaftlichen Hochleistungs-Teilchen für biomagnetische Trennungen zu Anwendungsbereichen in den

Bio-Wissenschaften auf den Markt bringen zu können.

LodeStars sind superparamagnetische Beads höchster Qualität, speziell konzipiert als magnetische Plattform für Applikationen in der Diagnostik und den Bio-wissenschaften. PLs' patentierte Technologie und geschützte Herstellungsmethoden haben copolymer Mikroteilchen mit einer mikrokristallinen, gleichmäßig innerhalb der Perlen verteilten Eisenoxid-Komponente geschaffen. In einem angelegten Magnetfeld bewegen sich die Perlen schnell, aber da kein permanenter Magnetismus induziert wird, dispergieren die LodeStars, sobald das Feld entfernt wird.

LodeStars sind ausgelegt als Festphase bei manuellen und automatisierten Bio-Proben, für die Isolation und Bearbeitung von Targets bei biologischen Proben, zum

Beispiel Zellen, Proteinen, Nucleinsäuren und bei anderen Molekülen. Spezielle Bio-Moleküle wie Antikörper, Streptavidin, Lektine, DNA-bindende Proteine werden an die Perlenoberfläche gekoppelt. Bei Bio-Proben wird dadurch bestimmt, welcher Analyt gemessen, und bei Separationen, welche Komponente eines komplexen biologischen Gemisches abgetrennt wird.

LodeStars-Produkte verfügen über Applikationspotential in weiten Bereichen der Forschung, Diagnostik und Therapeutik, ebenso wie zur Entwicklung neuer Produkte in der Molekular-Medizin.

Polymer Laboratories GmbH
64293 Darmstadt
Tel 06151 860690
Fax 06151 860670
www.polymerlabs.com



Siebstandards von Whitehouse Scientific: Distributionsunternehmen für spanische und lateinamerikanische Länder beauftragt

Zunehmend strenge Qualitätssicherungsstandards bei Siebanalysetechniken, wie sie von den International Standards Organisation gefordert werden, heizen die Nachfrage nach Partikelgrößen-

standards zur Siebkalibrierung von Whitehouse Scientific an.

Die besonders hohe Nachfrage aus dem spanischen und lateinamerikanischen Raum hat zur Beauftragung eines speziell für die Region tätigen Vertriebsunternehmens für Produkte zur Siebkalibrierung geführt. CISA Cedacería Industrial (Barcelona, Spanien) wird den Vertrieb der Whitehouse Siebstandards übernehmen, mit ausführlichen Anweisungen und Testzertifikaten in spanischer Sprache.

Die Siebkalibrierungstechnik von Whitehouse ist das einzige Verfahren, bei dem Siebe vor Ort kalibriert werden können. Sie haben den Vorteil, dass Siebnutzer ihre Siebe nicht erst an Drittunternehmen zum Testen senden müssen.

Seit 20 Jahren produziert Whitehouse Scientific Präzisionsmikrokugeln aus Glas für Kalibrie-

rungszwecke. Das Unternehmen ist das höchstrangige europäische Zertifizierungslabor für Primärmethoden zur Partikelgrößenanalyse. Mittels eines einzigartigen, 100-stufigen Rotations-Probenteilers hat das Unternehmen mehr als eine Million Flaschen gefüllt und ist heute weltweit führend in der Herstellung von Partikelgrößenstandards für single-shot Glasmikrokugeln.

Graham Rideal
Whitehouse Scientific
Whitchurch Road
Waverton
Chester CH3 7PB, UK
Tel: +44 (0) 1244 33 26 26
Fax: +44 (0) 1244 33 50 98
E-Mail: rideal@whitehousescientific.com
www.whitehousescientific.com



Baukastenprinzip für individuelle Lösungen

Das kontrollierte Dosieren von Flüssigchemikalien gehört in der chemischen und der Verfahrenindustrie, der Lebensmittel- und Pharmaherstellung oder in der Wasseraufbereitung zu den wichtigsten Aufgaben. Für typische Aufgaben beispielsweise beim Einbringen von Desinfektions-, Neutralisations-, Fällungs- oder Reinigungsmitteln haben sich modulare, auf Platte vormontierte Dosiersysteme von ProMinent bewährt. Der Anwender erhält damit eine individuell angepasste Komplettlösung, profitiert aber gleichzeitig von den Vorteilen der Standardisierung. Der Nutzer erhält die volle Funktions- und Qualitätsgarantie des Systems, nutzt das Know-how des Technologieführers und vermeidet Schnittstellenprobleme. Die einfache Plug & Play-Installation spart Planungs- und Montageaufwand.

ProMinent bietet zwei Basismodelle zur Auswahl, entweder mit einer oder mit zwei Dosierpumpen. Beide sind mit einer Reihe von Optionen lieferbar, zum

Beispiel „pulsationsarme Dosierung“, „Ansaughilfe mit Ausliterfunktion“, Werkstoffvarianten für Verrohrung und Dichtungen, Klemmenkasten, Leckagesonde oder saug- beziehungsweise druckseitigen Anschlüsse. Die Grundplatte mit integrierter Auffangwanne bildet eine kompakte und robuste Baueinheit. Ein Überströmventil schützt die Rohrleitungen vor unzulässig hohen Leitungsdrücken. Zwei Spülanschlüsse erlauben ein Durchspülen der Pumpe nach der Dosierung.

Das ganze System ist kurzfristig lieferbar und problemlos anzuschließen. Der Identcode ist der Schlüssel im Bestellsystem, der die Bedarfsstruktur zu ermitteln und den Lösungsansatz erschließen hilft.

Die Experten von ProMinent lassen sich an dem Anspruch messen, die vollständige Bandbreite des Bedarfs rund um das Transferieren und Lagern, Dosieren, Messen und Regeln bis hin zur Abwasseraufbereitung abzudecken.



ProMinent
69123 Heidelberg,
Tel 06221 842 209
Fax 06221 842 432
www.prominent.de

Massenspektrometer für die Identifizierung von neuen Krankheits-Markern

Die Firma Biocrates Life Sciences aus Innsbruck benutzt die 4000



Q TRAP and QSTAR XL Hybrid LC/MS/MS Systeme von Applied Biosystems für die Analyse und Quantifizierung von mehreren Hundert Stoffwechselprodukten aus kleinsten Mengen klinischer oder experimenteller Proben.

Dr. Klaus Weinberger von Biocrates sagt: „Wir haben diese Geräte aufgrund der hohen Sensitivität, der Geschwindigkeit und der Robustheit ausgewählt. Diese Eigenschaften brauchen wir bei mehreren Hundert Proben pro Tag, die wir analysieren. Wir sind mit Applied Biosystems übereingekommen, zusammen weitere Methoden, Instrumente und Applikationen im Bereich des Körper-Stoffwechsels zu erarbeiten.“

Die Instrumente erlauben uns die simultane Quantifizierung zahlreicher Marker-Metaboliten und geben uns wertvolle Informationen über deren Funktion in physiologischen und pathophysiologischen Prozessen. Routinemäßig detektieren wir abnormale Konzentrationen von Stoffwechselprodukten aus Patienten-Proben, die uns Hinweise auf die zugrundeliegende Erkrankung geben.“

Applied Biosystems
Warrington, WA3 7QH, UK
Tel +44 (0) 1925 825650
Fax +44 (0) 1925 282502
<http://europe.appliedbiosystems.com>

Neuartige „Chemical Inkjet Printer“-Technologie

Shimadzu, weltweit eines der führenden Unternehmen der Instrumentellen Analytik, stellt den neuen Chemical InkJet Printer (ChIP-1000) auf dem deutschen Markt vor. Er wurde gemeinsam entwickelt von dem Geschäfts-

bereich Shimadzu Biotech sowie Proteome Systems, und finanziell durch das australische Regierungsprogramm START unterstützt. Der ChIP-1000 wurde als eines der 100 technologisch bedeutendsten Produkte 2004 ausgezeichnet.

Der Chemical Inkjet Printer benutzt eine piezoelektrische „drop-on-demand“ Tintenstrahl-Technologie für die gezielte Auftragung von Reagentienlösungen im Mikromaßstab. Er dosiert kleinste Volumina auf definierte Oberflächenbereiche, etwa für die Protein-Identifizierung auf PVDF-Membranen oder für die Arbeit mit auf Membranen immobilisierten Antigenen (nano-western blots). Dabei sind mehrere Analysen auf einem archivierten Proteinspot

möglich, was für klinische Proben einen Vorteil darstellt. Der ChIP-1000 ist das erste Produkt, das auf einem erteilten US-Patent von Proteome Systems beruht(1).

Der angesehene R&D 100 Award wird jährlich seit 1963 verliehen. Der Gewinn des Preises ist eine Auszeichnung für hervorragende Leistungen, die in Industrie, Verwaltung und Wissenschaft als Beweis für eines der innovativsten Produkte des Jahres anerkannt ist.

(1) No. 6,701,254, „Method for analyzing samples of biomolecules in an array“

Shimadzu Deutschland GmbH

47269 Duisburg

Tel 0203 7687 0

Fax 0203 766625

www.shimadzu.de



Der Chemical Inkjet Printer ChIP-1000.

Zwei neue state-of-the-art Massenspektrometer

Applied Biosystems/MDS Sciex bringt zwei neue Massenspektrometer auf den Markt, das API 3200

und das 3200 Q TRAP LC/MS/MS System mit Turbo V Source. Diese neuen Instrumente bieten mehr Sensitivität, höhere Durchlaufzahlen und Robustheit speziell bei Lebensmitteln und Getränken, Umwelt, Forensik, klinische Forschung und pharmazeutischer Analyse.

Durch größere Flexibilität sowie kostengünstiges und einfaches Handling, verdichten die neuen Instrumente die bewährte Applied Biosystems/MDS Sciex Turbo V source, API 4000 LC/MS/MS System-Serie in kleinere Plattformen.

Das API 3200 LC/MS/MS System mit Turbo V source erlaubt den einfachen Methodentransfer von LC/UV zu LC/MS/MS Arbeitsgängen, und bietet dabei eine höhere Geschwindigkeit bei schnellerer Probenvorbereitung. Das 3200 Q TRAP System ist eine Mischung

aus triple quadrupole und linearem Ionen-Fänger Instrument für die Identifikation, Charakterisierung und Quantifizierung kleiner Moleküle. Im linearen ion trap-Modus ist es mehr als doppelt so sensitiv wie das Vorgängermodell. Im traditionellen triple quadrupole-Modus bietet es einen fünf-fachen signal-to-noise Anstieg. Das 3200 Q TRAP System wird Teil des neuen BIOiTRAQ Systems für Proteom- und Biomarker Studien und wird auch eine NanoSpray Quelle und nanoflow interface einschließen.

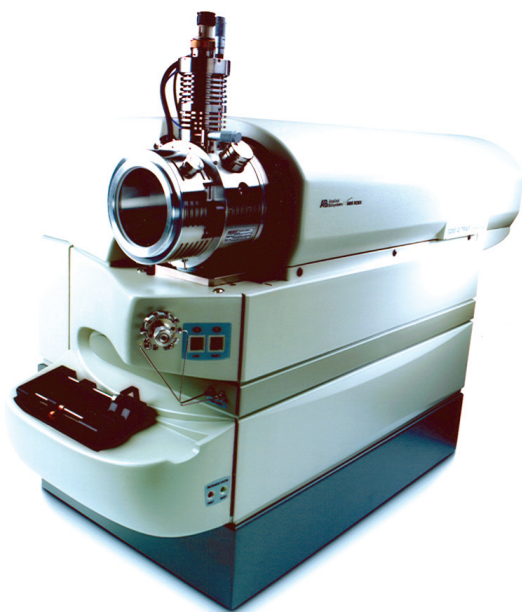
Applied Biosystems

Warrington, WA3 7QH, UK

Tel +44 (0) 1925 825650

Fax +44 (0) 1925 282502

<http://europe.appliedbiosystems.com>



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 1104, D-96301 Kronach
Industriestr. 10, D-96317 Kronach
Tel. 09261 2426, Fax 09261 92376

ARBEITSSCHUTZARTIKEL



Carl Roth GmbH + Co.
Postfach 21 11 62
D-76161 Karlsruhe
Tel. 0721 56060

BSB-BESTIMMUNG

WTW, Weilheim

Tel. 0881 183-0 Fax 0881 62539

CHEMIKALIEN



Carl Roth GmbH + Co.
Postfach 21 11 62
D-76161 Karlsruhe
Tel. 0721 56060

GERBU

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

DEUTERIUMLAMPEN



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

DICHTUNGSSCHEIBEN AUS GUMMI MIT AUFVULKANISierter PTFE-FOLIE

GUMMI WÖHLEKE GmbH

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

FTIR-SPEKTROMETER-ZUBEHÖR



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

GEFRIERTROCKNER

Zirbus technology

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

GEFRIERTROCKNUNGSANLAGEN



Martin Christ GmbH

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



Steris GmbH

Kalscheurer Str. 92
D-50354 Hürth/Germany
Tel. 02233 6999-0
Fax 02233 6999-10

HOHLKATHODENLAMPEN



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

KÜHL- UND TIEFKÜHLGERÄTE



Gartenstr 100
D-78532 Tuttlingen
Tel. 07461 705-0, Fax 07461 705-125
www.hettichlab.com
info@hettichlab.com



Quality Products – Lifetime Care

Kendro Laboratory Products GmbH
Herausstr. 12-14, D-63450 Hanau
Tel. 01805 536376 Fax 01805 112114
www.kendro.de, info@kendro.de

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



Carl Roth GmbH + Co.
Postfach 21 11 62
D-76161 Karlsruhe
Tel. 0721 56060

LABOREINRICHTUNGEN

Köttermann GmbH & Co KG

Industriestr. 2-10
D-31311 Uetze/Hänigsen
Tel. 05147 976-0 Fax 05146 976-844
www.koettermann.com, info@koettermann.de

Wesemann GmbH & Co. KG

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

LABORHILFSMITTEL



Carl Roth GmbH + Co.

Postfach 21 11 62
D-76161 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



Gartenstr 100
D-78532 Tuttlingen
Tel. 07461 705-0, Fax 07461 705-125
www.hettichlab.com
info@hettichlab.com



Quality Products – Lifetime Care

Kendro Laboratory Products GmbH
Herausstr. 12-14, D-63450 Hanau
Tel. 01805 536376 Fax 01805 112114
info@kendro.de, www.kendro.de



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

LEITFÄHIGKEITSMESSUNG

WTW, Weilheim

Tel. 0881 183-0, Fax 0881 62539

Große
Anzeigen zu
teuer? Hier
kostet ein
Eintrag nur
4,50 Euro
pro Zeile,
ein Milli-
meter pro
Spalte 2,25
Euro!

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

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/REDOX-ISE-MESSUNG

WTW, Weilheim
Tel. 0881 183-0, Fax 0881 62539

PH-MESSGERÄTE

WTW, Weilheim
Tel. 0881 183-0, Fax 0881 62539




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

PHOTOMETR. WASSERANALYSE GERÄTE UND TESTSÄTZE

WTW, Weilheim
Tel. 0881 183-0, Fax 0881 62539

REINIGUNGSMITTEL FÜR LABORGLAS



Carl Roth GmbH + Co.
Postfach 21 11 62
D-76161 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

WTW, Weilheim
Tel. 0881 183-0, Fax 0881 62539

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



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

WTW, Weilheim
Tel. 0881 183-0, Fax 0881 62539

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>

SEX AUF GENBEFEHL

FuturePhaseLab forscht auch auf dem Gebiet der Gentechnik. Forschungen aus Wien, nach denen ein einzelnes Gen komplexe Verhaltensmuster steuern kann (siehe Seite 204), erweckten die Aufmerksamkeit von Forschungschefin Fiona Schrödinger. Sie beauftragte Alice Wonderland mit Detailuntersuchungen. Dabei soll der Einsatz fluoreszierender Proteine funktionelle Abläufe in Zellen aufklären helfen (siehe Artikel ab Seite 198). Als Modellorganismus wählte Alice Wonderland die sich ungeschlechtlich, durch Zweiteilung vermehrenden Amöben.

Das Sexverhalten steuernde Fliegengen in den Amöben führte jedoch zu einer fluoreszierenden Botschaft, die Alice Wonderland im Mikroskop entgegen leuchtete.

Ein kollektives Bewusstsein ist in diesem Zusammenhang nur der Witz des Comic. Tatsächlich jedoch gibt es viele Forscher, die sich mit Schwarmintelligenz befassen. Sie untersuchen dabei sowohl durch Beobachtung – Vogel- und Fischschwärme – wie insbesondere auch durch Simulationen in Computern, wie eine Vielzahl von Individuen ein abgestimmtes Verhalten aufweisen können. Schwarmverhalten lässt sich oft durch relativ einfache Algorithmen simulieren. Komplexer wird es bei kollektiver Intelligenz; Modellbeispiel dafür ist der Ameisenstaat. Aber auch über kollektives Bewusstsein denken Forscher und Philosophen – und Filmemacher, siehe die „Borg“ bei „Star Trek“ – nach. Ist es nicht möglich, dass die Vernetzung von Milliarden Menschen über das Internet zu einem kollektiven Bewusstsein im Cyberspace führt?

Wir wären uns dessen ja kaum bewusst; eine einzelne Nervenzelle unseres Gehirns weiß nichts von dem Bewusstsein, an dessen Entstehung sie beteiligt ist. Allerdings können wir als Individuum globale Effekte beobachten...

Große Anzeigen zu teuer? Hier kostet ein Eintrag nur 4,50 Euro pro Zeile, ein Millimeter pro Spalte 2,25 Euro!

FUTUREPHASELAB

WIR UNTERSUCHEN DIE WIRKUNG
EINES EINZELNEN GENS
AUF DAS SEXUAL-
VERHALTEN



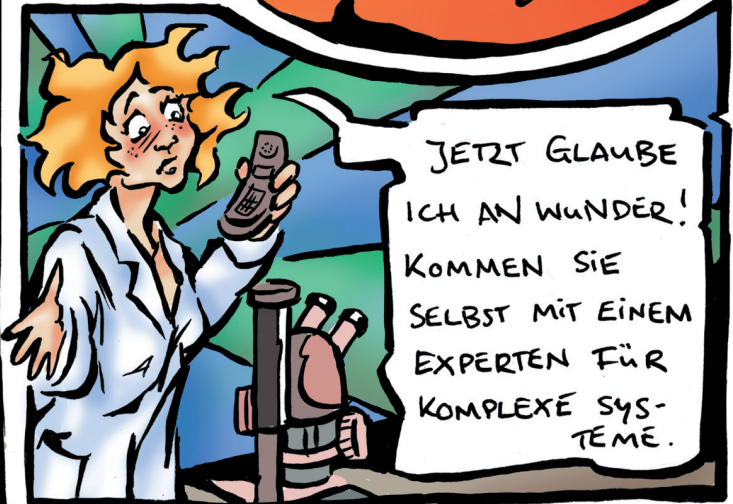
DAS GEN STAMMT AUS
FRUCHTFLIEGEN UND KANN
SIE HOMOSEXUELL MACHEN.



DAS GEN SETZTEN WIR IN
FLUORESCENZ-MARKIERTE
AMÖBEN



JETZT GLAUBE
ICH AN WUNDER!
KOMMEN SIE
SELBST MIT EINEM
EXPERTEN FÜR
KOMPLEXE SYS-
TEME.



HIER HABEN WIR
DEN BEWEIS



FÜR DIE ENTWICKLUNG
EINES KOLLEKTIVEN BEWUSST-
SEINS.



© 2005 Rolf Kickuth / Ans de Brün

CLB

Chemie in Labor und Biotechnik

FAX-Hotline: 06223-9707-41

Für nur 87 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???**

Die beliebten Fragen aus dem CLB-Memory gibt es bald auch als Buch. Hier stehen Antworten und ausführliche Erläuterungen dazu. Die Themen werden zudem durch einen geschichtlichen Rückblick und Randinformationen in einen Gesamtzusammenhang eingeordnet. Karikaturen von Ans de Bruin lockern die harte Arbeit beim Lösen der Fragen auf.

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

Umsonst gibt es das Buch, wenn Sie unser Preisausschreiben auf Seite 185 richtig lösen und mit etwas Glück an der Verlosung von zehn Büchern teilnehmen!

Ein CLB-Abo und das CLB-Buch sind auch ideale Geschenke für den Nachwuchs in Ausbildung als Biologie- oder Chemielaborant/in bzw. als Teilnehmer/in eines naturwissenschaftlichen Bachelor-Studiengangs!

Abo-Bestellcoupon

- JA, ich möchte die CLB abonnieren. Ich erhalte als persönlicher Abonnent die CLB zunächst für ein Jahr (=12 Ausgaben) zum Preis von 87 Euro zzgl. Versandkosten (Inland: 12,80 Euro, Ausland: 23,20 Euro). Das Abonnement verlängert sich automatisch um ein weiteres Jahr, wenn es nicht bis acht Wochen vor Ende des Bezugsjahres gekündigt wird.

Datum / 1. Unterschrift

Name / Vorname

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

Straße / Postfach

Land / PLZ / Ort

Datum / 2. Unterschrift

Telefon oder e-Mail

CLB

Alles Repetito – oder was???

fragt der Bachelor den Laboranten



Maren Bulmahn • Rolf Kickuth