

spektrum

2003 - DAS JAHR DER CHEMIE



Jahr der
Chemie
2003

Editorial



Prof. Dr. Georg
Krausch,
Sprecher der
Fachgruppe Chemie

Chemie - keine andere Naturwissenschaft nimmt mit ihren Forschungsergebnissen derart unmittelbar Einfluss auf unser tägliches Leben: Was uns im Zusammenhang mit modernen Medikamenten wohl vertraut ist, gilt in gleicher Weise für die Nahrungsmittelproduktion, vom Pflanzenschutz bis hin zu Fragen der Haltbarkeit, dem Geschmack und dem Aussehen unserer Lebensmittel. Es gilt für Fragen der Hygiene und Reinigung in gleicher Weise wie für die Entwicklung neuer funktionaler Textilien. Es gilt für die Entwicklung umweltgerechter Baustoffe genauso wie für die Entwicklung neuer Materialien für die Automobilproduktion, die den stetig steigenden Ansprüchen in puncto Sicherheit, Ressourcenschonung und Wiederverwertbarkeit Rechnung tragen. Die Liste könnte fortgesetzt werden. Und dennoch: Keine andere Naturwissenschaft trifft in gleicher Weise auf öffentliche Skepsis und Kritik, keine andere Naturwissenschaft hat in gleichem Umfang mit alten Ressentiments zu kämpfen, mit Konnotationen wie gefährlich, stinkend, giftig.

Im Jahr 2003 begehen wir das **Jahr der Chemie**. Für Chemikerinnen und Chemiker Chance und Herausforderung, den Dialog mit der Öffentlichkeit zu suchen, Vorurtei-

le abzubauen und Begeisterung zu wecken für eine moderne und im Wortsinne lebenswichtige Wissenschaft. Die vorliegende Ausgabe des SPEKTRUM ist ein Schritt in diese Richtung. Sie gibt einen Überblick über die Arbeit, die von der Fachgruppe Chemie an der Universität Bayreuth geleistet wird. In der **Lehre** werden neben dem Diplomstudiengang *Chemie* mit den Fächern *Biochemie* und *Polymer- und Kolloidchemie* zwei Diplomstudiengänge in modernen Spezialgebieten der Chemie angeboten. Hinzu kommen die Lehramtsstudiengänge für das Fach Chemie. Darüber hinaus wird das chemische Grundwissen für sechs andere Studiengänge im Rahmen der Nebenfachausbildung zur Verfügung gestellt.

In der **Forschung** weiß sich die Fachgruppe Chemie eng eingebunden in drei der Schwerpunkte der Universität Bayreuth, die sie teilweise wesentlich mit gestaltet: *Makromolekül- und Kolloidforschung*, *Molekulare Biowissenschaften* und *Materialforschung*. Diese Fokussierung in der Forschung ist nicht nur die Grundlage für eine langfristige Forschungsförderung (z.B. SFB 481, SFB 466) und die erfolgreiche Arbeit in fakultätsübergreifenden Forschungszentren (BIMF, BZMB,

BZKG). Sie ist zudem eine wichtige Grundlage für internationale Spitzenforschung.

Die personelle Zusammensetzung der Fachgruppe Chemie hat sich in den vergangenen Jahren stark verändert. Die erste Generation von Professoren, die mit ihrer Arbeit die Grundlage für die Erfolge des Faches gelegt haben, darf nun in zunehmender Zahl den wohlverdienten Ruhestand genießen. Ihnen gilt unsere Anerkennung und unser Dank. Eine wachsende Zahl neuer Kollegen steht heute in der Verantwortung, die Geschicke des Faches den Anforderungen der Zeit entsprechend weiter zu führen. Sie werden dabei unterstützt von Nachwuchswissenschaftlern, die früher als bisher üblich wissenschaftliche und organisatorische Selbständigkeit erreichen. Gemeinsam mit ihnen, mit allen anderen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern und nicht zuletzt mit einer stetig wachsenden Zahl an Studierenden in den chemischen Fachrichtungen ist die Fachgruppe Chemie gut gerüstet, sich den Herausforderungen der kommenden Jahre zu stellen.

Titelbild



Titelbild und alle Fotos
zum Jahr der Chemie:
Media-Consulta, Berlin

Impressum

Redaktion:

Pressestelle der Universität Bayreuth
Jürgen Abel, M.A. (ViSdP)
Anschrift: 95440 Bayreuth
Telefon (09 21) 55-53 23/4
Telefax (09 21) 55-53 25
pressestelle@uni-bayreuth.de
<http://www.uni-bayreuth.de>

Kürzungen und Bearbeitung eingesandter Manuskripte behält sich die Redaktion vor.
Alle Beiträge sind bei Quellenangaben frei zur Veröffentlichung. Belegexemplare sind erwünscht.

Herausgeber:

Der Präsident der Universität Bayreuth

Satz und Layout: Andreas Gaube, Bayreuth
PR- und Werbeagentur A-G-SYSTEMS
Telefon (09 21) 5 07 14 41
spektrum-bayreuth@a-g-systems.de

Auflage: 5000 / dreimal jährlich
Druck: Heinz Neubert GmbH, Bayreuth
Telefon (09 21) 6 47 21

Inhalt

Das Heft zum Jahr der Chemie 2003

Das Jahr der Chemie

| | |
|--|---|
| Gesellschaft deutscher Chemiker - Der Ortsverband Bayreuth | 4 |
| JdC - Chemie-Truck "Justus" on tour | 5 |

Fachbereich Chemie

| | |
|---|----|
| Die Organische Chemie | 6 |
| Anorganische Chemie | 10 |
| Physikalische Chemie | 14 |
| Makromolekulare Chemie | 18 |
| Biopolymere | 22 |
| Biochemie | 24 |
| Didaktik der Chemie | 26 |
| Sonderforschungsbereich 481 | 28 |
| Sonderforschungsbereich 466 | 30 |
| BIMF - Bayreuther Institut für Makromolekülforschung | 32 |
| BZKG - Bayreuther Zentrum für Kolloide und Grenzflächen | 34 |
| BioMedTech-Projekte an der Universität Bayreuth | 36 |
| Der Allrounder - Studiengang Chemie/Diplom | 38 |
| Der Anwendungsspezialist - Studiengang Polymer- und Kolloidchemie/Diplom | 39 |
| Der Molekularbiologe - Studiengang Biochemie/Diplom | 40 |
| Der Vermittler - Studiengang Chemie/Lehramt | 31 |
| Chemie für Schüler - Das Outreach-Programm | 42 |

Aktuelles vom Campus

| | |
|--|----|
| Portrait - Prof. Dr. Heiko Hausendorf | 44 |
| Prinz Albert und das universitäre Studium in Cambridge | 45 |
| Opfer und Erlösung | 48 |
| Große Exkursion der Geographen - Singapur und Kuala Lumpur | 52 |



Fotos: Chemie-Truck "Justus", Quelle: Media Consulta, Berlin (von oben nach unten):

- Information und Dialog: Neben Schautafeln und Experimenten bieten auf Info-Terminals den Besuchern Gelegenheit zu Information und Dialog.
- Mitmachen erwünscht: Die anwesenden Wissenschaftler und Experten laden die Besucher der Ausstellung ein, mit ihnen zu experimentieren.
- Der Multimedia-Tunnel: Die Besucher erleben auf einer Länge von zwölf Metern und auf sechs Flachbildschirmen, welche chemischen Prozesse beim Küssen im Körper ablaufen.



Gesellschaft Deutscher Chemiker - Der Ortsverband Bayreuth



Von Kiel bis Konstanz, von Aachen bis in die Lausitz - in allen Regionen Deutschlands haben Chemiker "ihren" GDCh-Ortsverband. An diesen Standorten chemischer Forschung - meist an Hochschulorten oder größeren Industriezentren beheimatet - finden sich die GDCh-Mitglieder regelmäßig zu Kolloquien zusammen. Wissenschaftler aus dem In- und Ausland berichten über aktuelle Forschungsergebnisse, neue Methoden, Techniken und Produktionsverfahren, aber auch über modernes Management und zukunftsweisende Konzepte wie "Sustainable Development" oder "Responsible Care". Über 1.000 wissenschaftliche Vorträge werden den Chemikern jährlich auf diese Weise bundesweit angeboten.

Die Gesellschaft Deutscher Chemiker bündelt die Interessen und Aktivitäten der Chemiker in Deutschland. Eine ihrer Aufgaben ist es, das Wissen, das ihre Mitglieder während des Studiums erworben haben, ein Berufsleben lang zu erweitern und den neuen Erkenntnissen anzupassen. Hierzu organisiert sie Tagungen und Fortbildungsveranstaltungen. Sie vermittelt aber auch Arbeitsstellen und gibt Fachzeitschriften heraus. Die GDCh ist heute weltweit eine der größten chemiewissenschaftlichen Gesellschaften. Die fast 30.000 Mitglieder (davon ca. 5000 Studenten) kommen aus den unterschiedlichsten naturwissenschaftlichen Fachrichtungen und

Gruppen: Lebensmittelchemiker oder Biochemiker sind ebenso dabei wie Chemieingenieure, Mediziner, Physiker, und Chemielehrer.

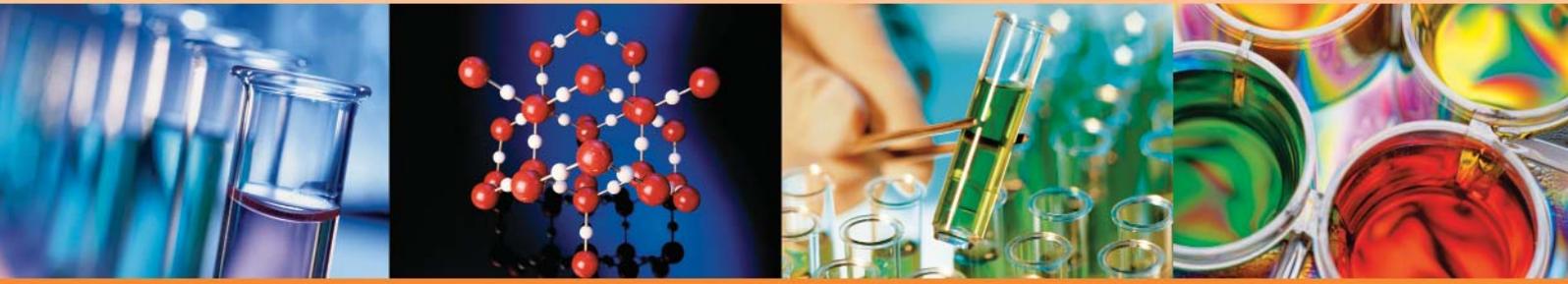
Um einen optimalen Gedankenaustausch und Wissenstransfer im engeren Spezialgebiet zu erreichen, haben sich die GDCh-Mitglieder der jeweiligen Teildisziplinen in 28 Fachgruppen organisiert. Sie decken den gesamten Bereich der modernen Chemie ab: von der Analytischen Chemie bis zur Wasserchemie finden hier alle ihre wissenschaftliche Heimat. Durch Fachtagungen, Symposien und eigene Publikation bieten sie Plattformen für den wissenschaftlichen Gedankenaustausch.



Der Vorsitzende des Ortsverbands Bayreuth ist zur Zeit Prof. Dr. Axel Müller.

Im Ortsverband Bayreuth finden diese Vorträge donnerstags um 17 Uhr im Hörsaal H11 statt, im Wechsel mit der "Ringvorlesung der Fachgruppe Chemie", bei der die Hochschullehrer der Chemie über ihre aktuellen Forschungsergebnisse berichten. Beide Veranstaltungen werden von Studenten und Professoren sehr gut besucht.

Eine besondere Herausforderung an den Ortsverband stellt in diesem Jahr die Organisation der lokalen Veranstaltungen zum Jahr der Chemie dar, die im folgenden dargestellt ist. ■



Nach den Jahren der Physik 2000, der Lebenswissenschaften 2001 und der Geowissenschaften 2002 begeben wir in diesem Jahr das Jahr der Chemie - passend zum 200. Geburtstag von Justus Liebig. In ganz Deutschland finden Hunderte von Veranstaltungen statt, die die Öffentlichkeit für das Thema Chemie sensibilisieren sollen. Ein Veranstaltungskalender findet sich unter <http://www.jahr-der-chemie.de>.

Jahr der Chemie 2003

Der Chemie-Truck "Justus" on tour

Am 17. Januar 2003 startete in Berlin der Chemie-Truck "Justus" seine bundesweite Tour. In 60 Städten wird der Truck an 107 Veranstaltungstagen im Laufe des Jahres Halt machen, in Bayreuth wird er am 29. Juli 2003 im Hof des Alten Schlosses. Auf seiner Fahrt durch Deutschland bildet er eine ideale Plattform, um als rollendes Chemielabor den Dialog zwischen Wissenschaft und interessierter Öffentlichkeit zu fördern. Er bietet mit



knapp 60 m² Präsentationsfläche ausreichend Platz für die vorgesehenen Aktionen rund um die Chemie. Herzstück des Trucks ist ein Chemie-Labor, mit dem zum einen auf der Bühne Experimentvorführungen gezeigt und zum anderen unter wissenschaftlicher Anleitung Experimente durchgeführt werden können.



Der Chemie-Truck ist eine von vielen Aktionen zum Jahr der Chemie, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung, der Initiative "Wissenschaft im Dialog" sowie den Chemieorganisationen in Deutschland initiiert wird. Infos zur Trucktour und zum Jahr der Chemie gibt es im Internet unter www.jahr-der-chemie.de oder über die kostenfreie Info-Hotline unter 0800 8 CHEMIE (oder 0800 824 36 43; Montag bis Freitag von 8.00 bis 20.00 Uhr) ■

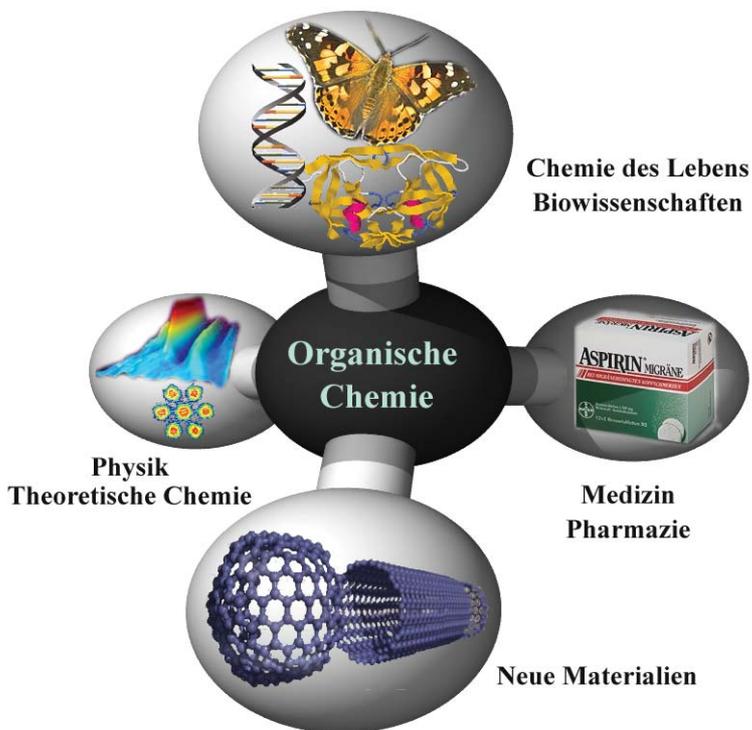
Darüber hinaus plant die Fachgruppe Chemie aber auch populärwissenschaftliche Vorträge, die im Oktober/November Samstagvormittags in der Universität stattfinden sollen. Als besonderes Highlight wird sich die Chemie vom 9.-11. Oktober mit Aktionen im Bayreuther Rotmain-Center vorstellen.



Mehr als 45 Experimente laden zum Mitmachen auf dem Chemie-Truck ein

Die Organische Chemie

im Brennpunkt der Naturwissenschaften



Nahezu alle Bereiche des täglichen Lebens haben mit der Organischen Chemie zu tun. Dies trifft auch zu für die benachbarten Wissenschaftsdisziplinen, die von den nahezu grenzenlosen Möglichkeiten der Organischen Synthesekunst bei der Gewinnung neuer Substanzen mit gewünschten Eigenschaften profitieren.

Ähnlich wie mit einem Baukasten kann der Organische Chemiker mit dem Kohlenstoff nach seinen Vorstellungen Moleküle konstruieren. Organische Moleküle bilden die Grundlage der belebten Welt, sind in modernen Arzneimitteln oder helfen in Form einer Plastiktüte beim täglichen Einkauf. Kleine organische Moleküle werden nach der Polymerisation zu großen Ketten oder Netzwerken, die in modernen Kunststoffen und Fasern vielfältige Anwendungen finden. Durch die Verwendung natürlicher, nachwachsender Grundbausteine wie etwa Stärke, kann der Organische Chemiker z.B. neuartige Kunststoffe herstellen, die biologisch leicht abbaubar sind und so die Umwelt entlasten.

Quasi am Reißbrett kann der Organische Chemiker neue Materialien und Werkstoffe konstruieren, die ihre speziellen Eigenschaften aus der Kombinationsvielfalt organischer Kohlenstoffverbindungen schöpfen. So

können Moleküle, die wie Stäbchen, Röhren und Kugeln geformt sind, aufgebaut werden. Durch die gezielte Anordnung dieser Bausteine, die nur wenig größer sind als Atome, sollen Moleküle zum Aufbau der mechanischen und elektronischen Bauteile der Zukunft genutzt werden. Solche Strukturen, aber auch Einzelmoleküle, werden zunehmend auch Studienobjekte für Physiker und Theoretische Chemiker.

Damit ahmen wir die Natur als Lehrmeisterin nach, die vorzugsweise organische Moleküle als Baumaterial des Lebens verwendet, um funktionale Strukturen aufzubauen, Informationen zu speichern und zu übertragen. Daher wundert es nicht, daß selbst die Evolution belebter Systeme nur über die Variation bei der organischen Synthese von Biomolekülen vorwärts gebracht wird. Die jüngsten Ergebnisse der verschiede-

nen Genomprojekte zeigen uns eindrucksvoll, wie die komplexe Biosphäre ihren Ursprung in relativ wenigen "Synthsevorschriften (Genen)" hat. Durch die Entschlüsselung dieser Gene hat die moderne Arzneimittelsynthese einen An Schub erfahren. Man stellt gezielt in Parallelverfahren sogenannte Bibliotheken vieler geringfügig unterschiedlicher Testkandidaten her, deren biologische Aktivität leicht gemessen und durch Variationen weiter verbessert werden kann.

Der Organische Chemiker hat es aber auch gelernt, sich nicht nur aus dem Vorrat natürlicher Substanzen zu bedienen, um sein Leben bunter (Farbstoffe) und erträglicher (Arzneimittel, Materialien, Energie) zu machen, sondern selbst solche Stoffe neu zu schaffen. Dies ist möglich, weil inzwischen ein immer besseres Verständnis der Zusammenhänge zwischen der Struktur organischer Moleküle und ihren Eigenschaften erreicht wurde. ■

web-sites:

www.uni-bayreuth.de/departments/boc/
www.uni-bayreuth.de/departments/oc1/index_ns.htm
<http://132.180.68.71/~homepage/index.html>

Lehrstuhl Bioorganische Chemie - Carlo Unverzagt



Dieses Forschungsgebiet arbeitet mit den Molekülen des Lebens und ist angesiedelt in den dynamischen Grenzgebieten zwischen Chemie, Biochemie, Pharmazie, Medizin und Biologie.

Welche Ziele hat die Bioorganische Chemie? Am einfachsten läßt sich dies z.B. an biomedizinischen Fragestellungen zeigen. Angefangen von der beschleunigten Entwicklung neuer Medikamente zur Eindämmung der immer wieder aufflammenden Infektionskrankheiten, dem möglichst schonenden Kampf gegen Krebs, der Empfindlichkeitsverbesserung diagnostischer Verfahren, der Wirksamkeitsverbesserung körpereigener Wirkstoffe bis hin zu einem sicheren Weg bei der Gentherapie. Diese Herausforderungen der Gegenwart und der Zukunft können nur über das Verständnis für die jeweiligen Wirkmechanismen gelöst werden. Für solche interdisziplinäre Aufgaben müssen Methoden aus unterschiedlichsten Fachgebieten kombiniert werden.

Ein Schwerpunkt unserer Arbeiten liegt in der Aufklärung der biologischen Wirkung von Kohlenhydraten (Zuckern). Diese dienen in der Natur nicht nur als Treibstoff oder Energiespeicher sondern werden auch auf der Zelloberfläche oder bei Blutbestandteilen präsentiert. So benötigt z.B. das Grippevirus ein spezielles Kohlenhydrat auf der Oberfläche einer Zelle, um diese zu infizieren. Die Erneuerung der Bestandteile des Blutplasmas wird von Kohlenhydraten reguliert und bei Transfusionen oder Transplantationen ist die Übereinstimmung der kohlenhydratabhängigen Blutgruppensubstanzen wesentlich für die Verträglichkeit der Spende verantwortlich. Ebenso werden herzaktive Digitalisverbindungen am

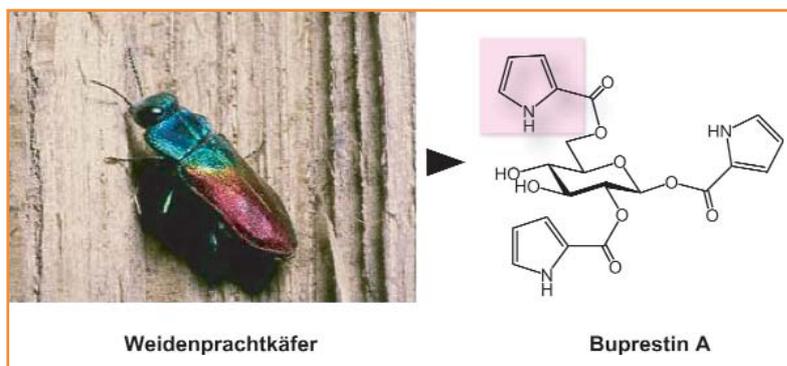
Kohlenhydratteil chemisch verändert, um die Wirksamkeit heraufzusetzen.

Glucose (Traubenzucker) wird z.B. von holzschädigenden Prachtkäfern verwendet, um daraus bitter schmeckende Substanzen (Buprestine) herzustellen, die Fraßfeinde halten sollen. Diese Substanzen haben wir durch Synthese erzeugt, um deren Wirkung in Ameisen als Tiermodell zu studieren.

Ungewöhnliche bakterielle Polysaccharide sind nicht nur für die Infektiosität vieler Keime verantwortlich, sondern auch für die Besiedlung von Oberflächen. Dieses Phänomen ist vom Zahnbelag bekannt und kann an anderer Stelle zur Einnistung eines sonst harmlosen Hautbakteriums auf medizinischen Kathedern oder Schläuchen führen. Das Bakterium benötigt dazu Polysaccharide, die wir im Labor durch chemische Synthese erzeugen können und in Zusammenarbeit mit Mikrobiologen dazu nutzen, die sogenannte

Biofilmentstehung zu verstehen und zu regulieren.

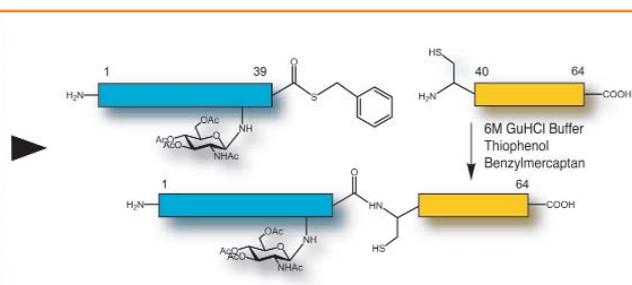
In unserem Blut kreist ständig eine Vielzahl von Proteinen, die Kohlenhydrate tragen (Glycoproteine) und für wichtige Aufgaben, wie z.B. die Erneuerung der roten Blutkörperchen verantwortlich sind. Das dazu notwendige Erythropoietin (EPO) kann gentechnologisch aus Säugerzellkulturen gewonnen werden, wird allerdings als Mischung mit unterschiedlichen Kohlenhydraten erhalten. Die Wirksamkeit dieser Verbindungen ist abhängig vom Kohlenhydratanteil. Daher entwickeln wir Synthesen von einheitlichen Glycoproteinen, bei denen eine genaue Einstellung der Wirksamkeit über einen maßgeschneiderten Zuckeranteil möglich ist. ■



Kontakt:
Tel. (0921) 55-2670
Carlo.unverzagt@uni-bayreuth.de



Zellkultur zur Proteinexpression

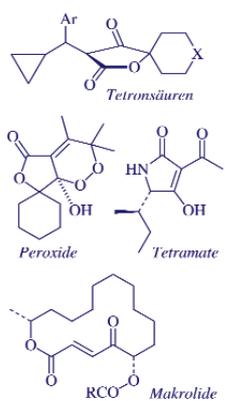


Synthese von Glycoproteinen



Lehrstuhl Organische Chemie - Arbeitskreis Rainer Schobert

Neben der kombinatorischen Chemie rücken Multikomponenten- und Dominoreaktionen immer mehr in den Blickpunkt moderner Wirkstoffsynthese. Dabei entstehen aus Mischungen mehrerer Ausgangsverbindungen oder aus Edukten mit mehreren funktionellen Gruppen über eine geordnete Abfolge spontan verlaufender Einzelreaktionen "in einem Schritt" komplexe Produkte. Wir nutzen dieses ökonomische und umweltfreundliche Konzept zum Aufbau von Arzneimitteln (gegen mikrobielle, virale und parasitäre Infektionen und Krebs), sowie von Insektenlockstoffen und selektiven Herbiziden für den Einsatz im modernen Pflanzenschutz. Das Augenmerk liegt dabei sowohl auf der Optimierung der Wirkung dieser Stoffe durch Variation ihrer Struktur, als auch auf der Feinabstimmung der verwendeten Synthesewerkzeuge.



▲ Heterocyclische Wirkstoffe

Dominosynthesen von Heterocyclen

Die Natur benutzt oft Heterocyclen zur Übertragung von Information und Wirkung. Wir bauen verschiedenste Typen solcher Ringsysteme über Dominoreaktionen zwischen Phosphoryliden, wie z.B. $\text{Ph}_3\text{P}=\text{C}=\text{C}=\text{O}$, und Carbonsäurederivaten, die zusätzliche Alkohol oder Amin-Gruppen tragen, auf. So entstehen etwa über eine neuartige 5-7-stufige Kaskade von Kondensations- (Wittig) und Umlagerungsreaktionen (Claisen-Conia) aus α -Hydroxyallylestern wahlweise anti-HIV-aktive Tetronsäuren oder Endoperoxide mit

Ein moderner Arbeitsplatz
in den organischen Labors



Aktivität gegen Malariaerreger. Über ganz ähnliche Kaskaden sind auch Makrolid- und Penam-Antibiotika sowie Cytostatika mit Tetransäurestruktur zugänglich. Kombinatorische Varianten dieser Methode liefern dann entsprechende Bibliotheken potentieller Wirkstoffkandidaten, deren Bioscreening und nachfolgende computergestützte Optimierung schließlich zum perfekten Wirkstoff führen soll.

Metallacyclen als Baugerüste für C-C-Verknüpfungen

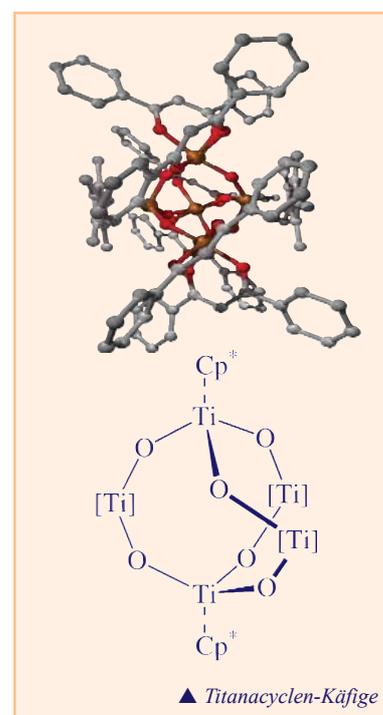
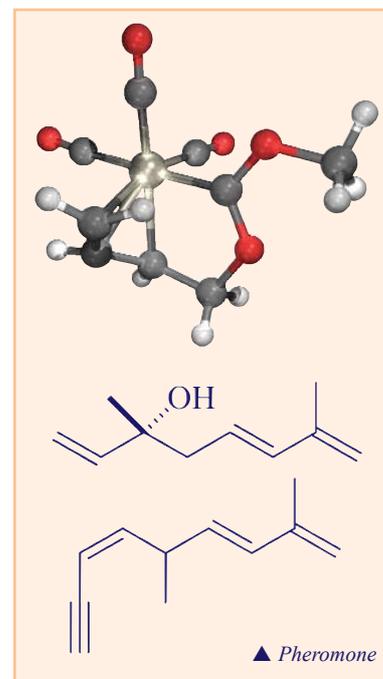
Die räumliche Fixierung und chemische Aktivierung von an Metalle gebundenen Gruppen macht Metallacyclen zu idealen Plattformen für selektive C-C-Verknüpfungen. Sequenzen von Insertionen und Additionen an Alkencarbon-Komplexen von Chrom, Eisen und Cobalt führen so zu Molekülen, wie sie als Pheromone von Algen und Insekten vorkommen.

C-C-Kupplungen mit Metallocenen

Titanocenderivate zeigen eine vielseitige stöchiometrische Chemie. So führt die Kupplung von α,β -ungesättigten Ketonen mit Titanocendicarbonyl zu neungliedrigen Titanadioxacyclen, die sich zu diversen metallfreien Carbo- und Heterocyclen umsetzen lassen. Reduktive Kupplung von Diazodiketonen mit Permethylyltitanocen liefert hybride Käfig- und Cluster-Composite.

Förderung:

DFG, EPSRC (UK),
Galen Pharma (UK),
Bayer Crop Sc. ■

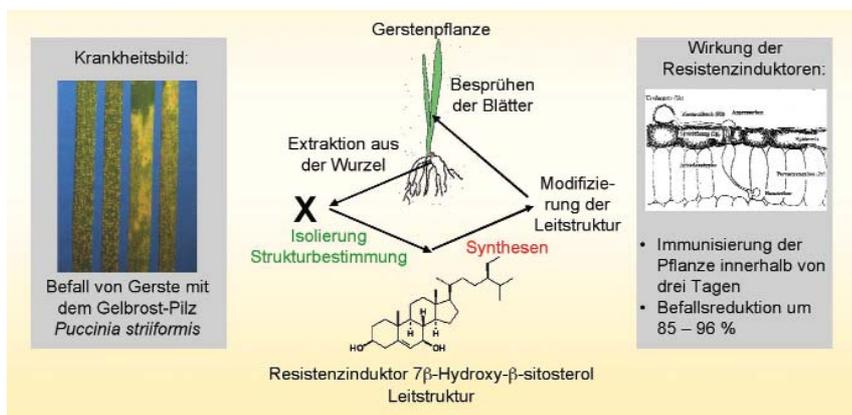


Kontakt:
Tel: +49 (0)921 55-2680
Fax: +49 (0)921 55-2671

Lehrstuhl Organische Chemie - Arbeitskreis Karlheinz Seifert



Lediglich 1% aller publizierten Strukturen sind Naturstoffe. Jedoch haben Naturstoffe und davon abgeleitete Verbindungen einen Marktanteil bei Wirkstoffen wie Arzneimitteln oder Pflanzenschutzmitteln von 35%. Daran kann man sehr gut erkennen, dass diese aus Pflanzen, Tieren oder Meeresorganismen isolierten Verbindungen für biologische Wirkungen geradezu prädestiniert sind.



Wir beschäftigen uns mit der Isolierung von Naturstoffen, die bei der pflanzlichen Abwehr gegenüber Pathogenen eine wichtige Rolle spielen. So kommt es beispielsweise beim Wirt/Parasit System Gerste/Gelbrost zur Induktion von Resistenzmechanismen in anfälligen Gerstenpflanzen nach deren Behandlung mit in 7-Stellung oxidierten Sitosterolen (z. B. 7β-Hydroxy-β-sitosterol), die sowohl gegen Gelbrost als auch gegen Braunrost bei Gerste und Weizen wirken.

Bei unseren naturstoffchemischen Untersuchungen verfolgen wir auch das Ziel, aus Pflanzen, die in der Volksmedizin verwendet werden, pharmakologisch interessante Verbindungen zu erhalten. Wir stießen dabei auf die Klasse der Triterpensaponine, die aus einem Aglycon und einer oder zwei Zuckerketten bestehen. Diese Verbindungen besitzen neben einer Vielzahl von Wirkungen auch immunstimulatorische und damit in Verbindung stehend antitumorale Eigenschaften.

Wir konnten erstmals Triterpensaponine isolieren, die an Milzzellen der Maus eine immunsuppressive Wirkung zeigen. Das aus der Königskerzenart *Verbascum son-*

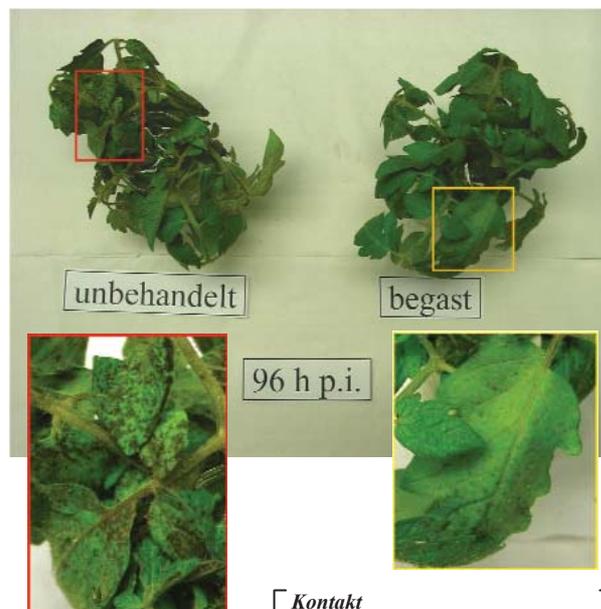
garicum isolierte Songarosaponin C besitzt mit Abstand die größte Aktivität, die die von Cyclosporin A bei vergleichbarer Konzentration noch übertrifft. Cyclosporin A wird nach Organtransplantationen verabreicht, weil es die Abstoßung des Fremdorgans durch das körpereigene Immunsystem verhindert.

Wenn bestimmte Pflanzen von Schmetterlingslarven oder von Pilzen befallen werden, geben sie neben Ethylen auch andere leicht flüchtige Verbindungen, sogenannte Duftstoffe, an ihre Umgebung ab. Ethylen ist ein Phytohormon, das eine Vielzahl von physiologischen Prozessen wie Blühinduktion oder Fruchtreifung und wahrscheinlich auch Resistenzinduktion reguliert. Wir gehen der Frage nach, ob beispielsweise eine von dem Pilz *Phytophthora infestans* befallene Tomatenpflanze in der Lage ist, durch Abgabe von Ethylen und spezifischen Duftstoffen in einer anderen Tomatenpflanze Abwehrmechanismen zu aktivieren. Begasung von Tomatenpflanzen mit Methylsalicylat führt zu einer deutlich erhöhten Resistenz gegenüber *Phytophthora infestans*.

Der Arbeitskreis beschäftigt sich auch mit der Synthese von Naturstoffen marinen und pflanz-

lichen Ursprungs. Dabei gilt unsere Aufmerksamkeit Substanzen, die biologische Wirkungen aufweisen. Besonders interessant sind z. B. cancerostatische und cytotoxische Eigenschaften, anti-HIV-Aktivität, antimikrobielle Aktivität und antivirale Wirkungen. Aus marinen Schwämmen isolierte und von uns synthetisierte Sesquiterpenchinone und Sesquiterpenhydrochinone zeigen hohe cytotoxische Aktivität. ■

*Unbehandelte und mit Methylsalicylat begaste Tomatenpflanzen 96 Stunden nach der Infektion mit *Phytophthora infestans**



Kontakt
Tel.: +49 (0) 921 55-3396
Fax: +49 (0) 921 55-5358
karlheinz.seifert@uni-bayreuth.de

Anorganische Chemie - Katalyse und Neue Materialien

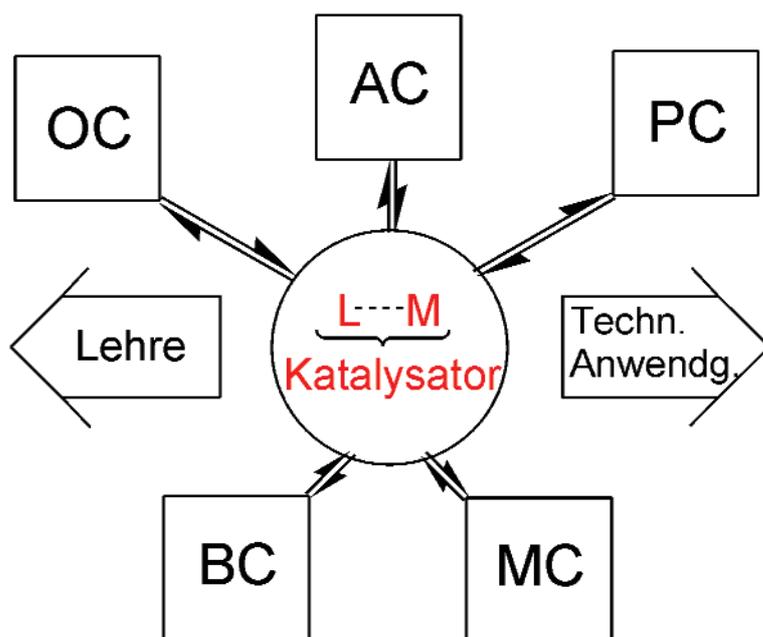
Rhett Kempe,
Bernd Wrackmeyer,
Helmut G. Alt,
Peter Morys,
Karin Weiss

Die molekulare Katalyse eröffnet den Weg zu alten und neuen Produkten unter milden Reaktionsbedingungen und nimmt sowohl in der Grundlagenforschung als auch in der industriellen Anwendung eine Schlüsselstellung ein. Ein einzelnes "maßgeschneidertes" Katalysator-Molekül kann z. B. 10000 Ethylen-Moleküle pro Sekunde nach einem bestimmten "Programm" so verknüpfen, dass ein Polymer mit völlig neuartigen Anwendungseigenschaften entsteht. Solche "intelligenten" Katalysator-Moleküle sind "Nanomaschinen", die komplexe Prozesse realisieren und damit den Zugang zu neuen Materialien, Pharmazeutika usw. ermöglichen.

An den Lehrstühlen für Anorganische Chemie sind zur Zeit fünf Arbeitsgruppen beheimatet, die breit angelegte Grundlagenforschung auf dem Gebiet der "Metallorganischen Chemie" betreiben. Verbindungen mit neuen Eigenschaften werden dargestellt, charakterisiert und auf ihre praktischen Anwendungsmöglichkeiten untersucht, wobei der Entwicklung neuer Katalysatoren eine Schlüsselrolle zukommt.

Ein Komplex-Katalysator besteht aus zwei Baueinheiten, dem Liganden L (Steuereinheit), und dem Metall M, an dem die jeweilige Prozessführung lokalisiert ist (Reaktionszentrum).

Der Prozess des Katalysator-designs, also die Herstellung eines Katalysators, involviert verschiedenste chemische Fachdisziplinen:



Elemente der

- Organischen Chemie: Ligandensynthese
- Anorganischen Chemie: Verknüpfung von Ligand und Metall zur Katalysator-Vorstufe sowie die Katalysator-Aktivierung
- Physikalischen Chemie: Strukturelle Charakterisierung von Ligand und Katalysator

Katalytische Prozesse spielen in der belebten Natur und bei der Synthese von Makromolekülen eine entscheidende Rolle, wodurch

es zu Überlappungen und gegenseitiger Durchdringung mit der Biochemie und der Makromolekularen Chemie kommt. ■

Arbeitsgruppe Kempe

1. Katalysatorsysteme mit N-Liganden

Gegenstand dieses Themenbereiches ist die Entwicklung neuartiger neutraler bzw. anionischer stickstoffhaltiger Liganden. Diese werden genutzt, um die katalytische Reaktivität von Übergangsmetallkomplexen gezielt zu beeinflussen. Zur Stabilisierung katalytisch aktiver Übergangsmetalle nutzt die belebte Natur beispielsweise N-Liganden und Multimetal-Systeme. Die dort stattfindenden Prozesse laufen unter optimalen Bedingungen ab, d.h. hochselektiv, energie- sowie atomökonomisch, und sollten deshalb als Vorbild beim Katalysatordesign fungieren.

2. "Kombinatorische" Katalysatorforschung

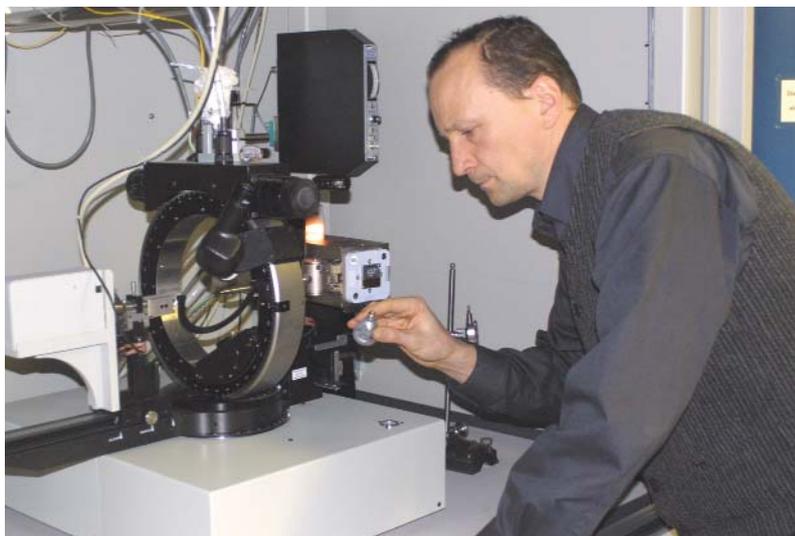
Im Mittelpunkt dieses Themenbereiches, der stark methodisch angelegt ist, steht die Frage: Wie kann man schneller bessere Katalysatoren entwickeln? Hierbei werden die Möglichkeiten der Miniaturisierung und Parallelisierung, des modularen Aufbaus von

Ligand- und Katalysatorbibliotheken sowie des parallelen und kombinatorischen Screenings nach katalytischer Selektivität und Aktivität erkundet.

3. Poröse Koordinationspolymere als Anorganische Funktionsmaterialien

Festkörper mit definierten Kanalstrukturen wie Zeolithe werden vielfältig z. B. als Molekularsiebe, Ionenaustauscher und Katalysatoren genutzt. Mikroporöse Ko-

ordinationspolymere - offene Gerüststrukturen aus organischen Liganden und Übergangsmetallzentren - ermöglichen das Einführen von Chiralität und zugänglichen Metallzentren, was zu einer immensen Erweiterung der Anwendungsmöglichkeiten führen kann. Gegenstand dieses Themenbereiches sind Synthese und Struktur von porösen Koordinationspolymeren sowie deren Verwendung in der Stofftrennung, Sensorik, als innovative Materialien und in der Katalyse. ■



*Prof. Dr. Rhett Kempe,
Lehrstuhlinhaber
des Lehrstuhls für
Anorganische
Chemie II*

Arbeitsgruppe Weiss

Die Arbeitsgruppe Weiss untersucht metallorganische Reaktionen z.B. Metathesereaktionen von Alkenen oder Alkinen bei denen Carben(=CR₂) bzw. Carbingruppen(≡CR) ausgetauscht werden. Ringöffnende Metathesereaktionen von Cycloalkinen liefern polymere Reaktionsprodukte.

Die von uns entwickelte acyclische Diin Metathese Kondensation (ADIMET) von Bispropinylbenzolen liefert Polyphenylenethinylene in

hoher Reinheit und guten Ausbeuten. Für Olefinpolymerisationen werden homogene und heterogene Katalysatoren entwickelt. Koordinativ gesättigte Aluminiumalkyle werden als aktive Cokatalysatoren in der Ziegler-Natta-Polymerisation von Ethylen mit TiCl₄ oder VCl₄ eingesetzt. Durch Einführung geeigneter Endgruppen, wie z.B. Perfluoralkylgruppen an Polyethylenen, entstanden Polymere, die wasserabstossen-

de Eigenschaften wie Teflon aufweisen. Zur Synthese von heterogenen Metallocenkatalysatoren werden einfache handelsübliche Ti- und Zr-Metallocene mit Triisobutylaluminium (TIBA) als Cokatalysatoren auf Schichtsilikate, wie Montmorillonit oder Kaolin, aufgezogen. Diese leicht herzustellenden heterogenen Metallocenkatalysatoren liefern hohe Ausbeuten an Polyethylen oder Polypropylen. ■





Arbeitsgruppe Wrackmeyer

1. Alkinylmetall-Verbindungen und Organoborane - selektive C-C Verknüpfungen

Die M-C- und die C-C-Bindung sind reaktive Zentren und gleichzeitig wichtige Bausteine zum Aufbau neuartiger, auf anderem Weg kaum zugänglicher Heterocyclen, wenn es gelingt, die Polarität der M-C-Bindung auszunutzen. Hierfür eignen sich Elektronenmangel-Verbindungen wie Triorganoborane $B-R_3$ besonders gut.

2. Carborane - Treffpunkt für die Elemente Bor und Kohlenstoff

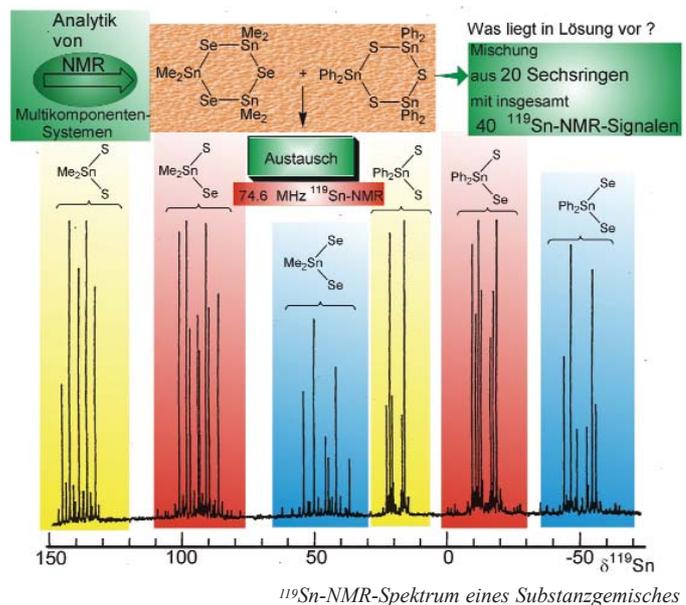
Vor etwa 40 Jahren wurde die Existenz von Carboranen erstmals glaubhaft belegt. In diesen polyedrischen Verbindungen bauen B- und C-Atome geschlossene (closo) oder offene (nido, arachno) Gerüste auf. Synthese und Umwandlung von Carboranen sind eine Herausforderung für den Chemiker im Hinblick auf experimentelles Geschick und dem Verständnis der Theorie der chemischen Bindung. Je nach Anzahl der

B- und C-Atome im Gerüst findet man die Konkurrenz "nicht-klassischer" und "klassischer" Wechselwirkungen.

3. Kernresonanz-Spektroskopie (NMR) - Methodik und Anwendungen

Als eine der wichtigsten analytischen Methoden in vielen Bereichen der Chemie spielt die NMR-Spektroskopie eine zentrale Rolle bei der Synthese, der Kontrolle von

Reaktionsabläufen, der Identifizierung reaktiver Zwischenstufen und der Produktanalyse in der Anorganischen und Organometallischen Chemie. Neben den "üblichen Kernen" (1H , ^{13}C , ^{19}F , ^{31}P) stehen geeignete Kerne aller Elemente im Mittelpunkt. In der Chemie von Metallen sind dies naturgemäß die Metallkerne, da in der unmittelbaren Nachbarschaft des Metalls die entscheidenden Prozesse der Synthese (katalytisch oder stöchiometrisch) ablaufen. ■



Arbeitsgruppe Morys

Optische Spektroskopie und Quantenchemie von Übergangsmetall-Komplexverbindungen

Das besondere Interesse gilt der Synthese und Untersuchung sogenannter Metall-Cluster-Verbindungen. Hierbei handelt es sich um "komplexe" Komplexverbindungen, deren Zentrum nicht aus einem einzelnen Metallatom, sondern aus einer Anordnung mehrerer, mitein-

ander verbundener Übergangsmetallatome sowie eine größeren Zahl koordinierender Nichtmetallatome besteht (mehrkernige Übergangsmetall-Komplexverbindungen). Verbindungen dieser Art wirken in der belebten Natur häufig als Katalysatoren biochemischer Prozesse. Um

zu einem besseren Verständnis der Funktion der dabei vorliegenden aktiven Zentren zu gelangen, ist eine experimentelle und theoretische Analyse ihrer "elektronischen Struktur" von großer Bedeutung. Ein vergleichbar großes Interesse gilt der geometrischen und elektronischen Struktur koordinativ ungesättigter Oberflächenverbindungen von Übergangsmetallen auf

Silicagel und anderen oxidischen Trägern, insbesondere dem technisch bedeutsamen System "Chrom(II) auf Silicagel", welches als "Phillips-Katalysator" in großem Umfang zur Herstellung von Polyethylen (z.B. für Plastikfolien) eingesetzt wird.

Die experimentellen Untersuchungen der interessierenden Verbindungen bestehen in der Aufnahme ihrer optischen Absorptions- und

Emissionsspektren im nahen infraroten sowie im sichtbaren und nahen ultravioletten Spektralbereich des Lichts, wobei diese Untersuchungen - sofern möglich - an mikroskopisch kleinen Einkristallen unter Verwendung polarisierten Lichts und bei extrem tiefen Temperaturen durchgeführt werden.

Zur Interpretation der gemessenen Spektren werden für die untersuchten Metallkomplexe modellartige

quantenchemische Rechnungen unterschiedlichen Näherungscharakters unter Verwendung von EDV-Anlagen durchgeführt. Für die mehrkernigen Übergangsmetall-Komplexverbindungen stellt die "verallgemeinerte Ligandenfeldtheorie" ein wichtiges Modell zur Beschreibung der Elektronenstruktur dieser Verbindungsklasse dar. ■

1. Katalysatoren für die Olefinoligomerisation und -polymerisation

Dieses Projekt wird als Gemeinschaftsprojekt mit einer saudi-arabischen Erdölfirma durchgeführt und hat das Ziel, unterschiedliche Übergangsmetallkomplexe darzustellen, zu charakterisieren und sie als Katalysatoren für die Oligomerisierung und Polymerisation von Olefinen einzusetzen. Das Zusammenspiel von Liganden und Metallzentren wird so optimiert, dass letztlich maßgeschneiderte, intelligente Katalysatoren resultieren, die z.B. aus dem Rohstoff Ethylen selektiv das begehrte 1-Octen entstehen lassen und nicht eine Mischung aller zu erwartenden 16 Isomere.

Mit anderen intelligenten Katalysatoren gelingt es, aus dem monomeren Ethylen gleichmäßig verzweigtes Linear Low Density Polyethylen (LLDPE) herzustellen, das dem konventionell dargestellten LLDPE (mit statistisch verzweigten Seitenketten) deutlich überlegen ist und hervorragende Materialeigenschaften zeigt (new materials). Aufschluss über den Fortgang der Katalysatoroptimierung liefert die "Struktur-Wirkungsbeziehung", die

auf empirische Art und Weise erkennen lässt, wie sich kleine Änderungen am Katalysatormolekül auf die Polymereigenschaften auswirken.

2. Katalytische CH-Aktivierung

Dieses Projekt wird mit einer großen amerikanischen Erdölfirma durchgeführt und verfolgt das Ziel, gesättigte Kohlenwasserstoffe (Alkane) unter milden Reaktionsbedingungen (Destillationstemperaturen in einer Raffinerie) katalytisch in ungesättigte Kohlenwasserstoffe (Alkene) und Wasserstoff umzuwandeln. Olefine eröffnen den Zugang zu attraktiven Folgeprodukten (Polymere, Oxosynthese, Metathese u.a.), Wasserstoff ist die Basis der sich entwickelnden Wasserstofftechnologie (Brennstoffzellen etc.). Im Idealfall soll Methan, das die Hauptkomponente

des Erdgases (> 90%) darstellt, aber auch in gewaltigen Mengen als Gashydrat am Boden der Ozeane vorkommt, katalytisch in Ethylen und Wasserstoff umgewandelt werden. Dazu werden gezielt Übergangsmetallkomplexe, aber auch Metallcluster in Kombination mit Trägermaterialien, auf ihr Katalysatorpotential getestet. ■



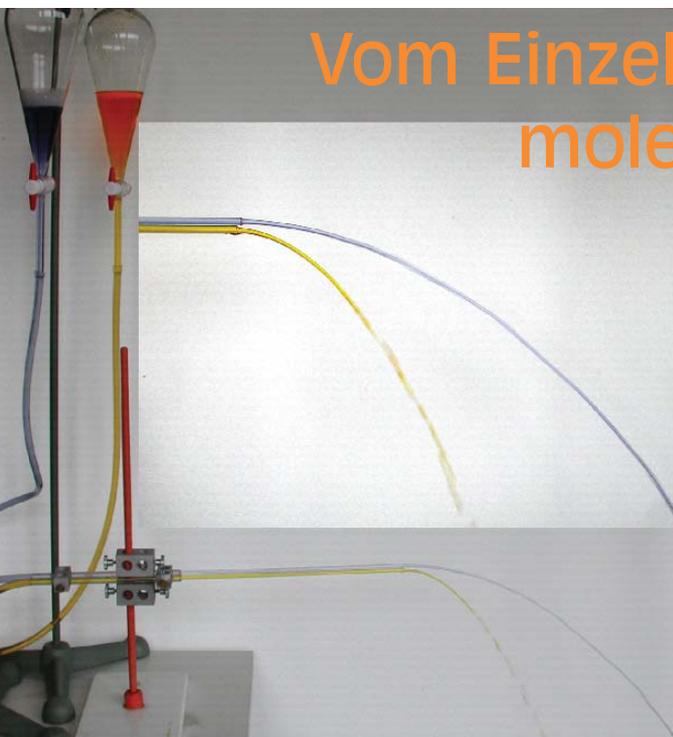
Arbeitsgruppe Alt

Synthese neuer Materialien



Physikalische Chemie -

Vom Einzelmolekül zur molekularen Selbstordnung



Die physikalische Chemie ist ein Grenzgebiet unter den chemischen Fächern. Sie nutzt das methodische Spektrum der benachbarten Physik um Fragestellungen der Chemie zu beantworten. In den Bayreuther Arbeitsgruppen der Physikalischen Chemie geht es vornehmlich um molekulare Selbstorganisation und um grenzflächendominierte Materialien.

Lehrstuhl Physikalische Chemie I

Prof. Dr. H. Hoffmann, Prof. Dr. G. Platz,
PD Dr. M. Gradzielski

untereinander. Die Wechselwirkung der Partikel bestimmt das für die Anwendung entscheidende makroskopische Verhalten der Systeme. Die Stabilität wird beeinflusst durch Aggregation und Koaleszenz. Sedimentation und vor allem das Fließverhalten sind von entscheidender Bedeutung. Im Zentrum des aktuellen Interesses stehen heute Dispersionen mit wohldefinierten sehr kleinen Teilchen aus Einzelatomen, wie Cluster und z. B. Fullerene. Mit Hilfe der Elektronenmikroskopie lassen sich auch die kleinsten noch möglichen herstellbaren Teilchen auflösen und sichtbar machen. Die Dimension dieser Teilchen mit wohl definierter Größe und Gestalt liegen im Nanometerbereich ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$). Die Kolloidchemie gehört damit zu den Nanowissenschaften, und ihre Anwendung reicht bis zu den modernen Nanotechnologien.

Beispiele für kolloidale Systeme und Phänomene, an denen am Lehrstuhl geforscht wird, sind Dispersionen von p-TFE, der Sol-

Gelprozess, der zu Silicagelen und Aerogelen führt; Hydro- und Organogels und Dispersionen aus Schichtsilikaten. Kolloidale Systeme müssen im allgemeinen fließfähig sein. Das rheologische Verhalten kolloidaler Systeme ist daher am Lehrstuhl von besonderem Interesse. Wasser läßt sich durch Zugabe von weniger als 1 % an Tensid oder einem amphiphilen Molekül in ein hochviskoelastisches Fluid oder ein Gel umwandeln. Andererseits ist es möglich, durch Zugabe eines Additivs "superfluides" Wasser zu erzeugen, das im turbulenten Strömungsbereich bei gleichem Druckunterschied durch ein Rohr schneller fließt als normales Wasser. In Abbildung 1 ist die Wirkung von Strömungsbeschleunigung gezeigt. Zur Sichtbarmachung der Strömung sind die Lösungen angefärbt. Das "blaue" Wasser enthält ein Additiv, das den Strömungswiderstand reduziert und deswegen gegenüber dem normalen Wasser (gelb) eine höhere Ausflussschwindigkeit aufweist. Die Vor-

Abb. 1: Einfluss von Additiven auf die Strömungsgeschwindigkeit von Fluiden

Die Forschung am Lehrstuhl Physikalische Chemie I beschäftigt sich mit der Kolloidchemie. Darunter versteht man die Herstellung, die Charakterisierung und die Bestimmung von Eigenschaften von dispersen Systemen, d. h. von fein verteilten Stoffen in einer anderen Phase. Die Teilchengröße der verteilten Phase liegt dabei meistens unterhalb der Wellenlänge des sichtbaren Lichtes. Das bedeutet, daß die Feststoffteilchen mit der Lichtmikroskopie nicht mehr auflösbar sind. Beispiele für alltägliche kolloidale Systeme sind Milch, Zahnpasta, Duschgele oder auch Dispersionsfarben, die eimerweise im Supermarkt verkauft werden.

Von wissenschaftlichem Interesse an den Systemen ist die Größe der dispergierten Tröpfchen oder Feststoffteilchen, ihre Gestalt und Polydispersität und vor allem die Wechselwirkung der Teilchen

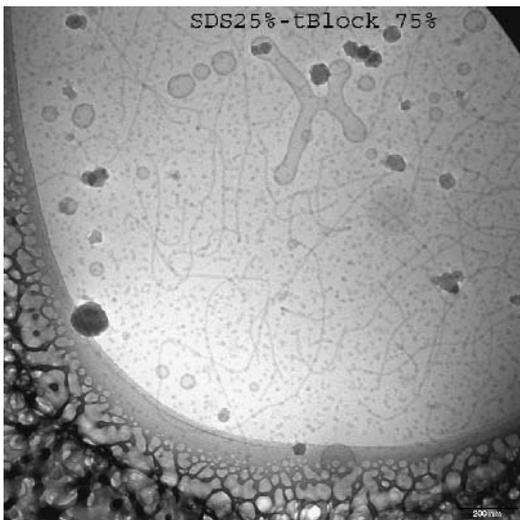


Abbildung 2: Elektronenmikroskopische Aufnahme der Strukturbildung einer Blockcopolymerlösung.

gänge für diese Erscheinungen sind sehr komplex und sind noch immer Anlaß zu weiteren Forschungsbemühungen.

Bei den kolloidalen Systemen kann man prinzipiell unterscheiden zwischen Systemen, bei denen die dispergierten Teilchen durch Zerkleinerung (Mahlen, Emulgierung) oder durch Wachstum aus Keimen gebildet werden. Bei wachsenden Systemen muß der Prozess zum passenden Zeitpunkt gestoppt werden. Völlig anders verhalten sich die assoziativen Kolloide. Bei diesen Systemen bilden sich die Mikroteilchen ohne jede Fremdeinwirkung aus kleinen Molekülen, wie Tensiden, Phospholipiden, wasserlöslichen Farbstoffen, amphiphilen Polymeren oder Blockcopolymeren. Bei den Selbstorganisationen dieser Moleküle bilden sich im allgemeinen definierte symmetrisch gebaute Strukturen, wie globulare, stäbchen- und scheinchenförmige Mizellen oder Vesikel.

Bei den Tensiden liegen diese Strukturen im Gleichgewicht mit den Monomeren vor. Die mizellaren Strukturen hängen in empfindlicher Weise von Konzentration, dem pH-Wert, der Temperatur und dem Mischungsverhältnis verschiedener amphiphiler Moleküle ab. Durch Variation von Temperatur

oder Konzentration der vorhandenen Spezies kann man die Strukturen gezielt ineinander umwandeln. Bei Erhöhung der Tensidkonzentration bilden sich beispielsweise flüssigkristalline Phasen aus, die dem System neue und manchmal unerwartete Eigenschaften verleihen. Ändert man bei einem Tensidsystem Parameter wie den pH-Wert oder die Konzen-

tration bis zur Instabilität der vorhandenen Strukturen, wird sich innerhalb einer relativ kurzen Zeit wieder ein neuer Gleichgewichtszustand ausbilden mit oft völlig anderen makroskopischen Eigenschaften. Anders ist die Situation, wenn die kolloidalen Bausteine der selbstaggregierenden Systeme immer größer werden wie es z. B. bei den Blockcopolymeren der Fall ist (Abbildung 2) Hier kann es vorkommen, daß die verschiedensten Strukturen in metastabiler Form gleichzeitig nebeneinander vorliegen.

Grundlegende Einblicke in die Kolloidwissenschaft kennt man seit etwa 1900. Kolloidchemie ist damit eine alte Wissenschaft, die aber bis heute immer mehr an Bedeutung zu nimmt und sogar in den modernen Nanotechnologien mündet. ■

Mikroskopische Verfahren spielen eine große Rolle bei der Analyse selbstaggregierender Systeme.



Lehrstuhl Physikalische Chemie II

Prof. Dr. G. Krausch, PD Dr. R. Magerle

Selbstorganisierte Nanostrukturen

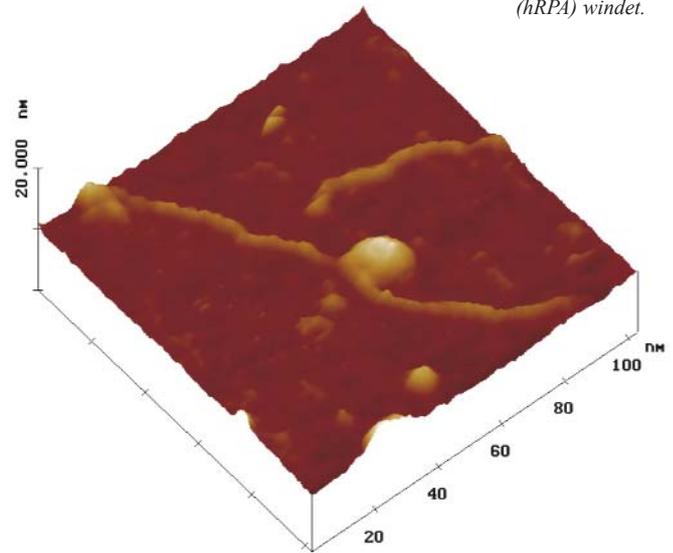
Auch am zweiten physikalisch-chemischen Lehrstuhl steht die molekulare Selbstorganisation im Zentrum des Interesses, wobei es hier vornehmlich um Blockcopolymere in nichtwässrigen Lösungsmitteln geht. In enger Kooperation mit dem Lehrstuhl für Makromolekulare Chemie II werden neue polymere Materialien hergestellt und ihr Phasenverhalten untersucht. In dünnen Filmen entstehen spontan regelmäßige Strukturen mit typischen Wiederholungslängen von der Größe der einzelnen Moleküle. Dies ist gerade im Hinblick auf die zunehmende Miniaturisierung in technischen Prozessen von großer Bedeutung. Abbildung 4 zeigt ein rasterkraftmikroskopisches Abbild eines dünnen Polymerfilms, in dem spontan ein regelmäßiges Muster von Löchern entstanden ist. Der Durchmesser eines solchen Lochs beträgt nur etwa 20 Millionstel Millimeter. Solche Filme sind potenzielle Kandidaten für nanoporöse Membranen mit hoher Permeabilität. Bei geeigneter Wahl der chemischen Bausteine können sogar schaltbare Membranen reali-

siert werden, bei denen der Lochdurchmesser durch äußere Stimuli beeinflusst werden kann. Die experimentellen Untersuchungen zur molekularen Selbstorganisation in Blockcopolymeren werden durch Computersimulationen unterstützt. Diese Rechnungen helfen dabei, die für die Strukturbildung wesentlichen Größen zu identifizieren und die zugrunde liegenden Mechanismen besser zu verstehen.

Dynamische Experimente

Neben den Untersuchungen zum Phasenverhalten von Blockcopolymerfilmen werden auch Untersuchungen zur Dynamik der Mikrodomänen durchgeführt. Während dünne Filme vorzugsweise in Echtzeit mikroskopiert werden, werden vergleichbare Untersuchungen an Volumenproben an der European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) in Grenoble, Frankreich, durchgeführt. Hier geht es darum, die Orientierung der Mikrodomänen durch äußere (elektrische) Felder gezielt zu beeinflussen und die mikroskopischen Mechanismen der Reorientierung zu verstehen.

Abbildung 5:
Abbildung eines DNA
Moleküls, das
sich um ein
Reparaturprotein
(hRPA) windet.

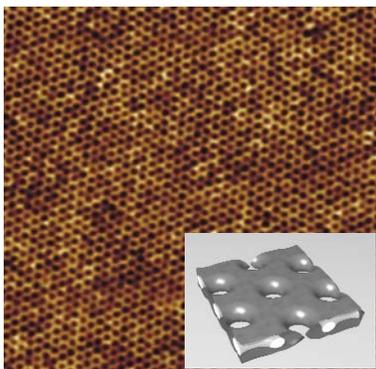


Einzelne Biomoleküle

Die modernen Methoden der Mikroskopie und der Spektroskopie erlauben es, Prozesse an einzelnen Molekülen zu untersuchen. In enger Kooperation mit dem Lehrstuhl für Biochemie (Prof. Krausch) untersuchen wir die molekularen Schritte der Reparatur geschädigter DNA-Moleküle. Solche Schäden können beispielsweise durch den Einfluss von UV-Strahlung entstehen. Abbildung 5 zeigt eine rasterkraftmikroskopische Aufnahme eines DNA-Moleküls im Komplex mit einem Reparaturprotein.

Neben den mikroskopischen Untersuchungen verwenden wir optische Verfahren, um die Kinetik der chemischen Bindung zwischen den DNA-Molekülen und den Reparaturproteinen zu verfolgen. Hier kommt sowohl die Oberflächenplasmonenresonanzspektroskopie als auch die konfokale Fluoreszenzkorrelationsspektroskopie zum Einsatz. Diese Techniken erlauben die quantitative Bestimmung der kinetischen und thermodynamischen Daten der Reaktion und geben somit Einblick in die zugrunde liegenden Reaktionsmechanismen.

Abbildung 4:
Abbildung eines
Blockcopolymer-
films mit
regelmäßigen
Perforationen
und Modell der
zugrunde liegen-
den Struktur.
Die Größe des
Bildausschnitts
beträgt $3 \times 3 \mu\text{m}^2$.



Methodenentwicklung

Ein traditionelles Aufgabengebiet der physikalischen Chemie ist die Entwicklung neuer, verbesserter Messmethoden.

Hier ist zunächst die Methode der Nanotomographie zu nennen, einer Kombination von höchstauflösender Abbildung der Probenoberfläche mit schichtweisem Abtrag der Probe. Werden die Abbildungen im Nachhinein mit Hilfe eines Rechners zusammengesetzt, kann ein dreidimensionales Abbild der Probe entstehen, wobei die räumliche Auflösung wenige Nanometer beträgt. Abbildung 6 zeigt exemplarisch ein nanotomographisches Abbild eines nanostrukturierten Kunststoffes, wie er beispielsweise in Schuhsohlen oder KFZ-Stoßfängern zum Einsatz kommt. Das inzwischen patentierte Verfahren hat wesentlich zur Einrichtung einer wissenschaftlichen Nachwuchsgruppe um PD Dr. Magerle durch die VW-Stiftung beigetragen. Die Nachwuchsgruppe beschäftigt sich mit der hochauflösenden Volumenabbildung polymerer Werkstoffe und ihren Struktur-Eigenschaftsbeziehungen.

Ein weiterer Bereich der Methodenentwicklung betrifft die "kombinatorische Untersuchung" organischer halbleitender Bauelemente, die am Lehrstuhl für Makromolekulare Chemie I hergestellt werden. Bis zu 64 Bauelemente können in einem vollautomatischen Messplatz parallel hinsichtlich ihrer elektrischen und elektrooptischen Eigenschaften charakterisiert werden. Dieses Verfahren hilft dabei, reproduzierbar zu experimentieren und die relevanten physikalischen Parameter zu isolieren. Zudem bietet es eine ökonomische Möglichkeit, das Langzeitverhalten der Bauelemente zu untersuchen.

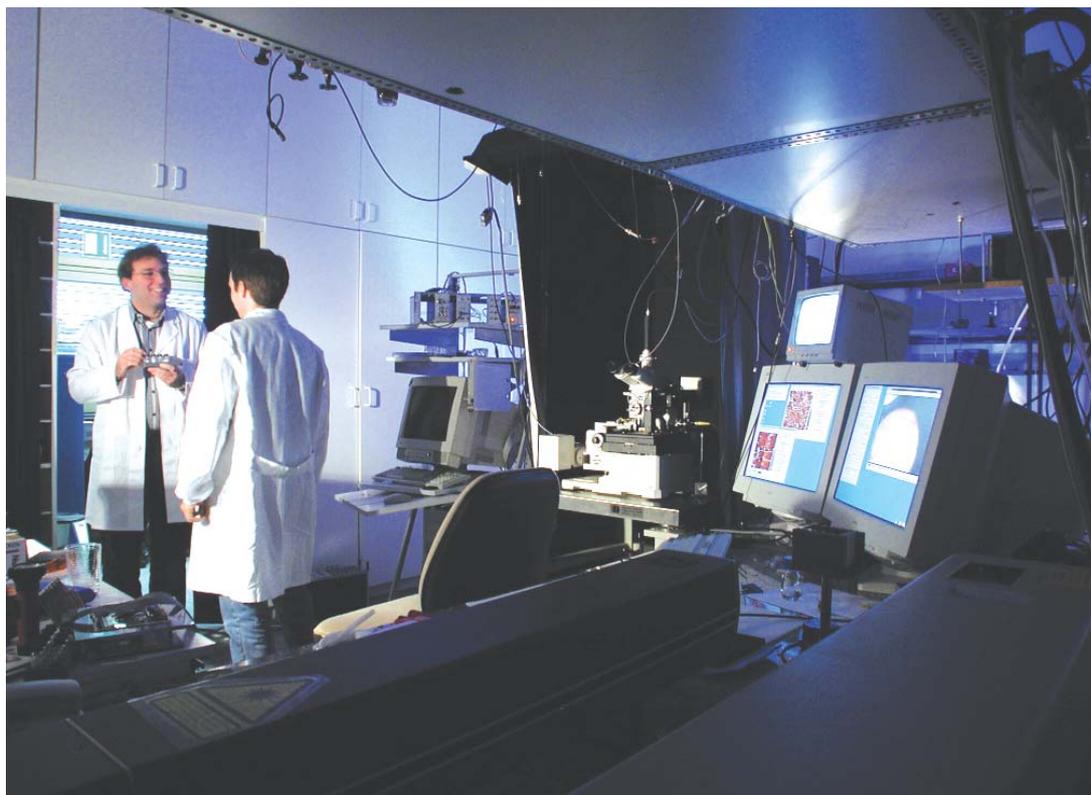


Abbildung 8: Hochauflösende Mikroskopie mit dem optischen Nahfeldmikroskop.

Oberflächen- & Dünnschichtanalytik

Neben der Verfolgung der eigenen wissenschaftlichen Projekte stellt der Lehrstuhl PC II einer Vielzahl von Wissenschaftlern innerhalb und außerhalb der Universität sein Know-how und die Infrastruktur zur Untersuchung von Oberflächen und dünnen Filmen zur Verfügung. Das Spektrum der Methoden umfasst alle gängigen Mikroskopieverfahren sowie verschiedene

Standardmethoden zur stöchiometrischen Analyse von Oberflächen. Neben der intensiven wissenschaftlichen Zusammenarbeit im Rahmen des SFB 481 und des Bayreuther Zentrums für Kolloide und Grenzflächen (BZKG) gibt es verschiedene langfristige Kooperationen mit Industriepartnern, z.B. im Rahmen der Forschungsstelle Werkstoffe und oberflächenveredelte Produkte aus Glas (WOPAG) gemeinsam mit der nordbayerischen Glasindustrie. ■

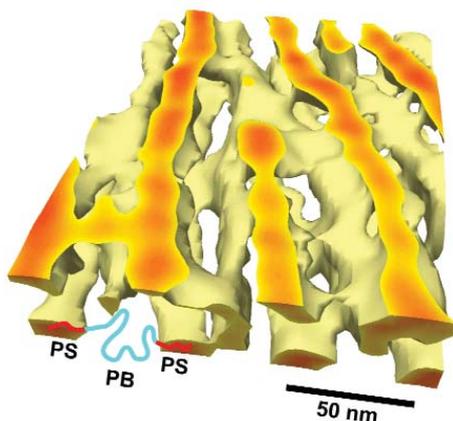


Abbildung 7:
Nanotomographiebild
einer Kraton-Probe.

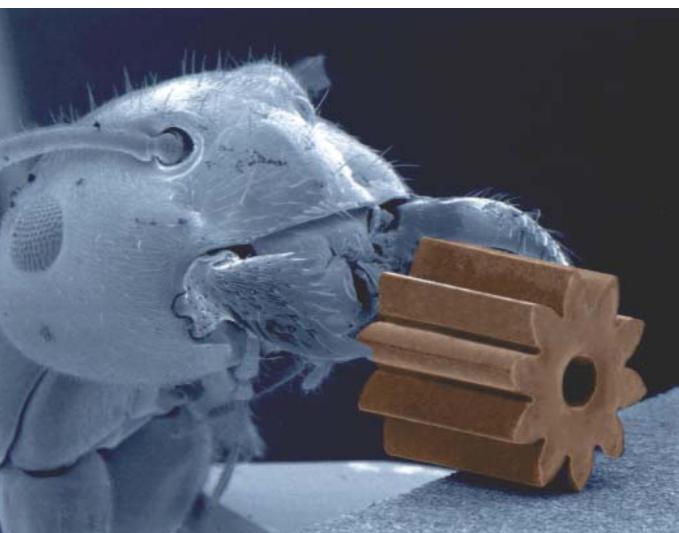
Makromolekulare Chemie

Axel Müller, Hans-Werner Schmidt

Makromoleküle bestehen aus Tausenden von Atomen, die über kovalente Bindungen miteinander verknüpft sind. Sie werden aus kleinen Molekülbausteinen, den Monomeren, durch chemische Reaktionen zu langen Ketten oder Netzwerken zusammengefügt. Diesen chemischen Prozess bezeichnet man als Polymerisation, die dabei entstehenden Verbindungen als Polymere. Auch viele Naturstoffe sind Makromoleküle wie z.B. Cellulose, Proteine oder DNA. In diesem Zusammenhang spricht man von Biopolymeren.

Die Makromolekulare Chemie ist eine relativ junge, eigenständige Disziplin mit großer technologischer und wirtschaftlicher Bedeutung. Im Jahr 1907 fand Leo Hendrik Baekeland einen Weg, durch Polykondensation von Phenol mit Formaldehyd den ersten vollsynthetischen Kunststoff "Bakelit" herzustellen. Als Hermann Staudinger 1922 die Behauptung wagte, dass es Moleküle mit mindestens mehreren hundert Atomen geben könne, da reagierte die Fachwelt zunächst ungläubig. Doch Staudinger behielt recht und erhielt rund dreißig Jahre später den Nobelpreis für Chemie.

Abbildung:
Auch dieses
Zahnrad besteht
aus Makro-
molekülen.
Quelle: Institut
für Mikrotechnik
Mainz GmbH



Das heute extrem breite Anwendungsspektrum der Polymere reicht von Formteilen für die Auto- und Flugzeugindustrie, Funktionspolymeren in der Displaytechnologie bis hin zu neuen Datenträgern in der modernen Kommunikationstechnologie. Zu den vielfältigen Spezialpolymeren für die Medizin zählen Spritzen und Gefäßmaterialien, Sensoren in der medizinischen Diagnostik, resorbierbare Implantate, Träger für die schonende Freisetzung von Wirkstoffen und neue bioabbaubare Polymere für die Gewebe- und Organrekonstruktion. Von der Zahnbürste bei der Morgentoilette über den Joghurtbecher beim morgendlichen Frühstück, die Einpackfolie fürs Vesperbrot, die atmungsaktive Sportkleidung, den mit Schaumstoff gepolsterten Autositz und den Autolack oder -reifen: Überall und ständig kommen wir mit Makromolekülen in Berührung. Die Entwicklung von Kunststoffen ist heute einer der wichtigsten Motoren für Wachstum und Entwicklung von Zukunftstechnologien. Die Produkte der Makromolekularen Chemie sind heute aus unserem Alltag gar nicht mehr wegzudenken.

Seit Gründung der Universität Bayreuth stellt die Makromolekülforschung einen Forschungsschwerpunkt dar. Die Konzentration vieler Lehrstühle und Arbeitsgruppen aus den Fachgebieten Chemie, Physik, Biologie und Ingenieurwissenschaften auf diesem Forschungsgebiet ist national und international selten und stellt ein unverwechselbares Profil der

Universität Bayreuth dar. Im Zentrum stehen hierbei die beiden Lehrstühle für Makromolekulare Chemie. An beiden Lehrstühlen werden neuartige Monomere und Polymere synthetisiert und mit modernen Methoden der Polymeranalytik bezüglich ihrer molekularen Struktur und ihrer Eigenschaften in Lösung und im Festkörper charakterisiert und ihre Funktion untersucht. Makromolekülforschung ist ein im höchsten Maße interdisziplinäres Arbeitsgebiet, deshalb ist die Zusammenarbeit mit physikochemischen und physikalischen Arbeitsgruppen sowie mit Ingenieuren besonders wichtig. Diese Zusammenarbeit wird in Bayreuth im Rahmen des Bayreuther Instituts für Makromolekülforschung (BIMF), des Bayreuther Zentrums für Kolloide und Grenzflächen (BZKG) und im Sonderforschungsbereich 481 aktiv betrieben. An diesen universitären Forschungsstrukturen sind die Lehrstühle der Makromolekularen Chemie maßgeblich beteiligt. Darüber hinaus gibt es enge Kooperationen mit in- und ausländischen Hochschulen sowie der Industrie. ■

Im Folgenden wird das Forschungsprofil der Lehrstühle und einigen ausgewählten Beispielen dargestellt.

Weitere ausführliche Informationen über die Forschung und Infrastruktur finden sich unter

<http://www.uni-bayreuth.de/departments/mci/mcubt.html>

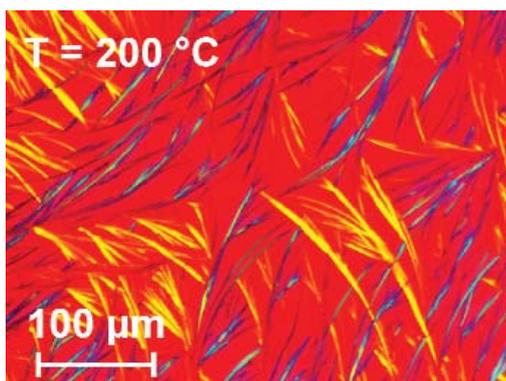
Lehrstuhl Makromolekulare Chemie I

Prof. Hans-Werner Schmidt

Der Forschungsschwerpunkt des Lehrstuhls Makromolekulare Chemie I liegt in der Herstellung, Untersuchung und Anwendung von Funktions-, Struktur- und Biomaterialien mit makroskopischer Ordnung, hierarchischer Überstruktur und/oder definiertem Schichtaufbau. Um das jeweilige Eigenschaftsprofil zu erreichen, kommen neben Prinzipien der Makromolekularen Chemie auch Konzepte der Flüssigkristallforschung und der Supramolekularen Chemie zum Einsatz. Das Forschungsspektrum wird durch die Aktivitäten von Prof. Peter Strohrriegl (BIMF), Dr. Günter Lattermann und Dr. Mukundan Thelakkat erweitert. Aus dem aktuellen Forschungsprogramm des Lehrstuhls Makromolekulare Chemie I sind im Folgenden typische Beispiele beschrieben.

High-tech Spezialkunststoffe

Polymere werden wegen ihrer grundlegenden vorteilhaften Eigenschaften wie mechanische Festigkeit, niedrige Dichte und thermoplastische Verarbeitung als Strukturwerkstoffe in vielseitiger Art und Weise eingesetzt. Um das Eigenschaftsprofil zu erweitern, werden neuartige temperaturstabile Polymere, Duomere, thermotrope und lyotrope aromatische Hauptkettenpolymere sowie Blockcopolymer mit flüssigkristallinen Segmenten hergestellt und untersucht. Insbesondere werden makroskopisch perfekt orientierte hochtemperaturstabile Polymere hergestellt und verarbeitet, z.B. zu Fasern aus thermotrop flüssigkristallinen aromatischen Polyestern.



Kristallnadeln eines Nukleierungsmittels in der Schmelze von Polypropylen

Funktionspolymere mit Anwendungen in der Optik, Informationsspeicherung, Display- und Solartechnologie

Der rasante Fortschritt im Bereich der Kommunikations- und Speichertechnologie erfordert die Entwicklung von Spezialpolymeren mit gezielten Eigenschaftskombinationen. Wichtige Themenfelder der Synthese und Charakterisierung sind daher: Ladungstransport- und Emittiermaterialien für organische Leuchtdioden, Materialien zur Ladungstrennung für Anwendungen in organischen Solarzellen, makroskopisch geordnete Polymere für dichroitische Polarisierungen, Polymere zur Informationsspeicherung sowie Materialien mit photoadressierbaren Eigenschaften.

Kombinatorische Chemie und Methodik in den Materialwissenschaften

Die kombinatorische Chemie und Methodik ist eine effiziente Strategie, um elektrooptische Bauelemente, Materialkombinationen und Materialentwicklungen unter vergleichbaren Bedingungen schnell voranzutreiben. In diesem Zusammenhang werden kombinatorische Methoden für den Aufbau von organischen Leuchtdioden, Solarzellen und zur Optimierung von komplexen Polymeradditivkombinationen und Formulierungen entwickelt und untersucht.

Additive und Pigmente

Einsatzbereich, Eigenschaftsprofil und Verarbeitung von Polymeren werden entscheidend durch Additive beeinflusst, da Polymere ohne Additive in der Regel nicht verwendbar sind. Am Lehrstuhl werden neuartige Farbpigmente und Nukleierungsmittel für technische Thermoplaste entwickelt. Um die gewünschten Funktionen zu erreichen, setzen wir auch in diesem Bereich Konzepte der supramolekularen Chemie und der Flüssigkristallforschung ein. ■



Lehrstuhl Makromolekulare Chemie II

Prof. Dr. Axel Müller, PD Dr. Volker Abetz

Synthese nanoskopischer Polymerstrukturen

Am Lehrstuhl Makromolekulare Chemie II benutzen wir "lebende" Polymerisationsverfahren (anionische, kationische, und kontrolliert-radikalische Polymerisation) zur gezielten Synthese von komplexen, selbstorganisierenden Polymerstrukturen. Mit diesen modernen Methoden kann man Makromoleküle maßschneidern, die wohldefiniert sind in Hinsicht auf die Topologie (linear, verzweigt, ringförmig, vernetzt), die Anordnung unterschiedlicher Monomerbausteine (Homopolymere, statistische, Block- und Propf-Copolymere), die Natur, Anzahl und Anordnung von funktionellen Gruppen und die Verteilung der Kettenlängen (Molekulargewichtsverteilung). All diese Parameter haben entscheidenden Einfluss auf die Eigenschaften der daraus gefertigten Produkte.

Verzweigte Polymere

Viele Polymere haben die Struktur einer langen, flexiblen Kette. In der

Schmelze oder im Festkörper sind diese Ketten oft miteinander verschlufft, so wie sehr lange, gekochte Spaghetti. Bei anderen Polymeren lagern sich Kettenabschnitte zu teilkristallinen Domänen zusammen. All dies führt zu besonderen mechanischen und Fließeigenschaften, die letztendlich die Festigkeit oder Elastizität begründen. Durch Verzweigungen kann man diese Eigenschaften gezielt beeinflussen. Wir untersuchen Polymere mit statistischer Verzweigung sowie mit stern- und kammförmiger Topologie. Sie finden Anwendung z.B. als Viskositätsindexverbesserer in Motorölen. Durch eine neuartige Methode lassen wir "hyperverzweigte" Polymere von kolloidalen Gold- oder Kieselgel-Partikeln wachsen. Die hohe Zahl an funktionellen Endgruppen auf der Oberfläche verleiht den Partikeln völlig neue Eigenschaften. Analog hierzu kann man die "Polymerbäume" auch von planaren (2D) Oberflächen wachsen lassen. Auf diese Weise kann die Oberfläche in ihren physikalischen (z.B. Rauigkeit, Reibung, Benetzung) und chemischen Eigenschaften (z.B. Sensorik, Anbindung von Biomaterialien) beliebig modifiziert werden.

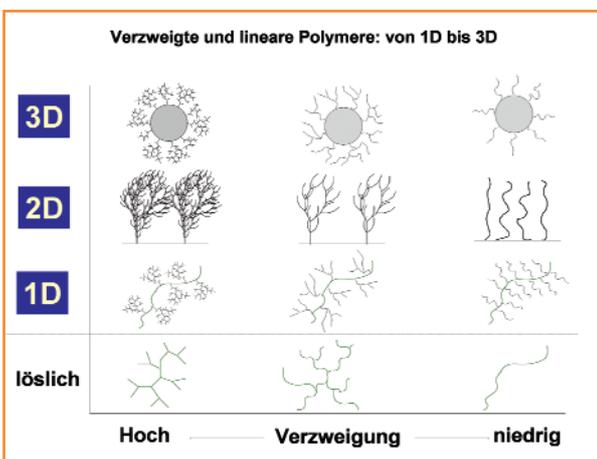
Blockcopolymere

Blockcopolymere bestehen aus mindestens zwei unterschiedlichen Polymerketten, die miteinander verknüpft sind. Da diese Ketten in der Regel unverträglich sind, bilden sie charakteristische, nanosko-

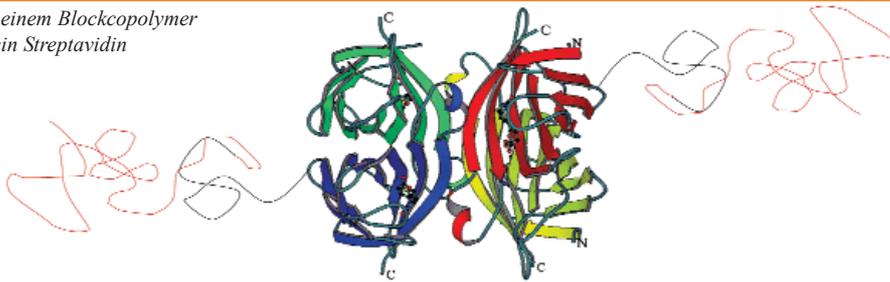
pische Festkörper- und Lösungsstrukturen aus, die ihre mechanischen und Fließ-Eigenschaften steuern. Sie finden Anwendung z.B. als thermoplastisch verarbeitbare Elastomere, Verträglichkeitsvermittler für Polymermischungen, Additive zur Eigenschaftsoptimierung in anderen Kunststoffen, oder als optische Datenspeicher. "Amphiphile" Blockcopolymere besitzen hydrophile und hydrophobe Blöcke und bilden in Wasser Micellen unterschiedlicher Struktur. Sie können als Dispergatoren, z.B. für die Emulsionspolymerisation oder für Farbpigmente, als Transportmittel für Pharmaka oder in kosmetischen Produkten Anwendung finden. Je nach Struktur können sie auch auf externe Stimuli (Temperatur, pH, Salze) reagieren und reversibel Netzwerke ausbilden.

Hybridstrukturen aus synthetischen und Biopolymeren

Völlig neue Anwendungen ergeben sich aus der Verwendung von Blöcken aus Biopolymeren, wie Zucker oder Proteine. Solche Hybride werden Biokonjugate genannt. Konjugate mit pH- oder temperatursensitiven Polymeren können zur Steuerung der Aktivität von Enzymen oder der molekularen Erkennung von Proteinen genutzt werden.

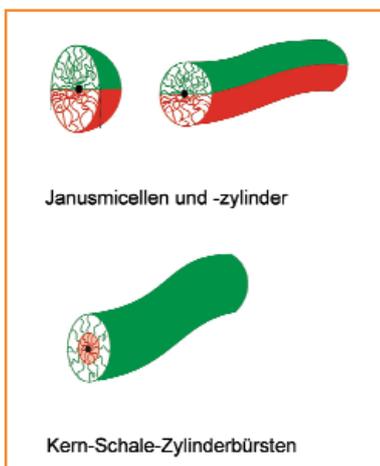


Konjugat aus einem Blockcopolymer
mit dem Protein Streptavidin



Nanopartikel und organisch-anorganische Hybridstrukturen

Grosses Interesse gilt neuartigen amphiphilen Nanopartikeln. Hierzu gehören Janus-Micellen, die aus zwei Hemisphären unterschiedlicher Polarität bestehen (s. Bild unten) und interessante Überstrukturen ausbilden. Analog können auch Janus-Zylinder synthetisiert werden, die aus zwei unterschiedlichen Halbzylindern bestehen. Amphiphile Kern-Schale-Zylinderbürsten haben einen hydrophilen Kern und eine hydrophobe Schale (oder umgekehrt; s. Bild). Sie bestehen aus einem Polymer-"Rückgrat", aus dem Hunderte bis über tausend Blockcopolymer-Seitenketten herauswachsen. Sie können als Nanoreaktoren für anorganisch-organische Hybridstrukturen dienen. Durch Einbringen von Eisenoxid- oder Cadmiumsulfid-Nanopartikeln können wir so Nanomagnete oder Halbleiter-Nanodrähte herstellen. ■



Analytik und Charakterisierung komplexer Polymerstrukturen

An beiden Lehrstühlen stehen modernste Methoden zur molekularen Charakterisierung von Homo- und Copolymeren und zur Analyse unbekannter Polymerer zur Verfügung. Die Bestimmung der chemischen Zusammensetzung und der Molekulargewichtsverteilung gelingt durch Kombination von chromatographischen Verfahren (Größenausschluss- und Adsorptionschromatographie, 2D-Chromatographie, Feldflussfraktionierung) mit Lichtstreuung, Viskosität, Ultraviolett- und Infrarot-Spektroskopie sowie MALDI-TOF-Massenspektrometrie. Die Charakterisierung der durch

Selbstorganisation der Einzelmoleküle gebildeten Überstrukturen im Festkörper, in der Schmelze und in Lösung gelingt durch Streumethoden, wie Weit- und Kleinwinkelröntgenstreuung, statische und dynamische Lichtstreuung, und weiterhin durch abbildende Methoden, wie Transmissions- und Raster-Elektronenmikroskopie. Durch thermische Methoden wie Differential-Wärmeflusskalorimetrie (DSC), Thermogravimetrie und mit den mechanischen Spektrometern des Rheologie-Labors werden die mechanischen Eigenschaften der synthetisierten Polymere charakterisiert. ■

Polymerverarbeitung und Prüfkörperherstellung

In diesem Labor erfolgt die Verarbeitung von Polymeren im Gramm-Maßstab aus der Schmelze und aus Lösung zu Fasern, Filmen sowie Beschichtungen und Laminaten. Weitere Schwerpunkte liegen in der Herstellung von Polymerblends und der Einmischung von Additiven. Die Materialuntersuchung umfasst die Herstellung von Prüfkörpern und deren mechanische, thermische und morphologische Charakterisierung. Für die unterschiedlichen Verarbeitungstechniken steht eine Vielzahl von Geräten zur Verfügung. Das Labor wird geleitet von Dr. Reiner Giesa. ■



Strukturen von Proteinen

Lehrstuhl Biopolymere

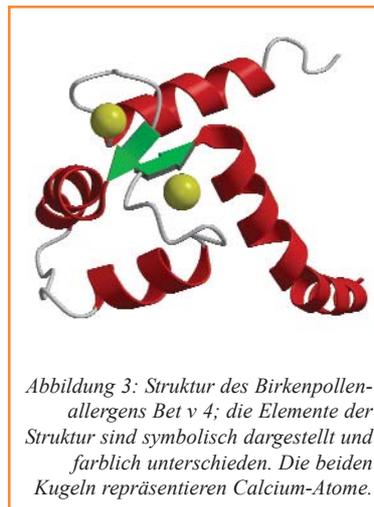


Abbildung 1: NMR-Zentrum der Universität Bayreuth
Abbildung 2 (rechts): 800 MHz NMR-Spektrometer der Universität Bayreuth

Die Bestimmung des Aussehens - der räumlichen Struktur - biogener Makromoleküle in hoher Genauigkeit bietet einen tiefen Einblick in die Welt der Bausteine des Lebens. Durch die Kenntnis der räumlichen Strukturen lassen sich viele Eigenschaften der einzelnen Moleküle bestimmen und wichtige Grundlagen der Wechselwirkung der Moleküle untereinander erkennen. Die Strukturen biogener Makromoleküle können im Detail mit zwei Techniken bestimmt werden, der Röntgen-Kristallographie und der kernmagnetischen Resonanz-Spektroskopie (NMR, nuclear magnetic resonance). Nur diese kann allerdings dazu benutzt werden, die räumliche Struktur von Molekülen direkt in Lösung zu bestimmen. Hierzu werden die Moleküle in ein starkes Magnetfeld (mehrere 100.000 Mal das Erdmagnetfeld) gebracht. Die Kerne der Atome können dann elektromagnetische Strahlung absorbieren, wobei jedes einzelne aufgrund seiner speziellen Umgebung im Molekül nur eine ganz bestimmte, charakteristische Frequenz absorbiert. In so genannten zwei- und höherdimensionalen NMR Experimenten können räumliche Abstände von jeweils zwei Wasserstoffatomen bestimmt werden. Aus den so erhaltenen Daten lassen sich dann die dreidimensionalen Strukturen von Makromolekülen mittels bioinformatischer Methoden berechnen.

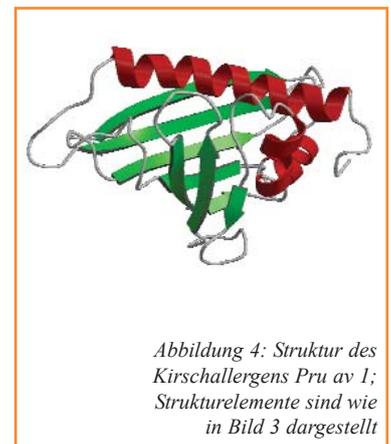
Der Lehrstuhl Biopolymere setzt die NMR Spektroskopie als

wesentliche Technik ein, um biogene Makromoleküle mit medizinisch wichtigen Eigenschaften zu untersuchen. Hierzu gehören Proteine und Nucleinsäuren, die für die Entstehung von Allergien, Rinderwahnsinn (BSE), Stoffwechsel-Krankheiten oder der erworbenen Immunschwäche AIDS von Bedeutung sind. Daraus können Schlüsse auf Krankheitsursachen gezogen werden, aber auch mögliche Strategien zur Verhinderung von Krankheiten und neue Arzneimittel entwickelt werden.



Allergien können von Allergenen etwa in Nahrungsmitteln und Pollen verursacht werden. Molekulare Struktur und biologische Funktion der meisten Allergene sind nicht genau bekannt. Die räumliche Struktur zweier Hauptauslöser einer allergischen Reaktion gegen Birkenpollen, die

Proteine Bet v 1 und Bet v 4, konnten von uns aufgeklärt werden. Menschen, die gegen Birkenpollen allergisch sind, sind oft auch gegen Kirschen allergisch (Kreuzallergie). Es zeigte sich, dass das Kirschallergen Pru av 1, dessen Raumstruktur ebenfalls von uns bestimmt wurde, und Bet v 1 strukturell fast identisch sind: die unmittelbare Erklärung für die Ursache der Kreuzallergien. Ein Schwerpunkt der Arbeiten liegt bei Erdnuss-Allergenen. Da diese Allergien dramatischste Auswirkungen haben, sind sie medizinisch von größter Bedeutung. Die Raumstruktur dieser besonders wichtigen Proteine werde zurzeit am Lehrstuhl innerhalb eines bundesweiten Forschungsverbundes aufgeklärt.



Neben den Allergenen gilt unser Interesse wesentlich auch viralen Proteinen. Die Immunschwächekrankheit AIDS stellt weltweit ein großes medizinisches Problem dar, da nach Schätzungen derzeit ca. 40 Millionen Menschen mit dem Erreger, dem humanen Immundefizienzvirus (HIV) infiziert sind. Bisher gibt es weder einen Impfstoff gegen HIV noch ein Medikament, das die Krankheit endgültig heilt. HIV ist ein Virus, dessen Erbmateriale aus Ribonukleinsäure (RNA) besteht. Die Erbinformation wird von infizierten Zellen in das eigene Erbmateriale (DNA) integriert. Aus diesem Zustand startet die Vermehrung des Virus, die kontrolliert wird durch ein komplexes System von Wechselwirkungen, in dessen Zentrum ein kleines Protein, Tat, steht. Tat bindet sowohl an die virale RNA als auch an Proteine der Wirtszelle. Die Aufklärung des Mechanismus dieser Steuerung der viralen Reproduktion ist eines der Ziele der Arbeit des Lehrstuhls. Auf dieser Grundlage sollen Inhibitoren der für das Virus essentiellen Wechselwirkungen gefunden und als Basis für die Konstruktion neuer Medikamente gegen AIDS genutzt werden. Dieses Projekt wird gemeinsam von der Universität Bayreuth und der Universität Erlangen/Nürnberg in einem Sonderforschungsbereich durchgeführt.

In Zusammenhang mit diesem äußerst brisanten Thema interessiert uns natürlich auch die sehr ähnliche Steuerung der Vermehrung anderer Viren, die nicht Menschen sondern Bakterien befallen. Hierzu gehört der Phage λ . Im Zentrum der Regulation der viralen Vermehrung steht hier das N-Protein. Die räumliche Struktur des Komplexes der viralen RNA mit dem RNA bindenden Teil des N-Proteins wurde ebenso wie die des entsprechenden Komplexes des analogen Proteins aus einem

anderen Virus (HK022) von uns aufgeklärt. Durch Untersuchungen dieser Modellsysteme im Rahmen eines Projektes der Deutschen Forschungsgemeinschaft erwarten wir Rückschlüsse auf die Struktur und die Funktion des Systems im AIDS-Erreger HIV.

Ein weiteres großes gesundheitspolitisches Problem ist der Rinderwahnsinn, BSE, der nicht durch Viren sondern durch das Prion-Protein verursacht wird. Die bei Rindern beobachtete Krankheit kann vermutlich durch Rinderprodukte auf den Menschen übertragen werden und führt zur neuen Variante der Creutzfeldt-Jakob-Erkrankung, welche immer tödlich verläuft. Prion-Proteine werden auch vom gesunden Körper gebildet und mit PrP^C bezeichnet, das bei erkrankten Tieren oder Menschen gefundene Prion-Protein heißt PrP^{Sc}. Die beiden Proteine unterscheiden sich durch eine völlig unterschiedliche räumliche Struktur. Die Übertragung von PrP^{Sc} auf einen gesunden Organismus kann wahrscheinlich die Umwandlung von PrP^C in PrP^{Sc} verursachen. PrP^{Sc} reichert sich im Gehirn an und führt dort zu Aggregaten. Die Struktur des PrP^C in Lösung ist seit einigen Jahren bekannt, jedoch ist der Mechanismus der Umwandlung von PrP^C in PrP^{Sc} noch unklar. Hier im Rahmen des Bayerischen BSE-Programmes einen Beitrag zu leisten und Substanzen zu konstruieren, die in Zukunft die Grundlage für die Entwicklung von Medikamenten darstellen können, ist ein Ziel unserer Arbeit.

Peptidhormone und Proteinase-Inhibitoren spielen bei der Regulation vieler physiologischer Prozesse und deren pathologischen Störungen eine essentielle Rolle. Das Parathormon ist in den Knochenmetabolismus involviert und kommt bei der Osteoporosetherapie zum Einsatz. Guanylin und Uroguanylin sind Peptidhor-

mone, die den Flüssigkeitshaushalt im Darm regulieren. Der Multi-Domänen-Proteinase-Inhibitor LEKTI steht in Zusammenhang mit der im Erscheinungsbild Neurodermitis ähnlichen Krankheit "Netherton Syndrom". Die bei uns im Rahmen eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft und des bayerischen Habilitations-Förderprogrammes unterstützten Projektes durchgeführte Strukturaufklärung dieser Proteine sowie die Untersuchung ihrer Wechselwirkungen tragen essentiell zum Verständnis ihrer Funktion bei und bilden eine wichtige Grundlage für die Entwicklung von Medikamenten.

Die Beantwortung der gestellten wissenschaftlichen Fragen benötigt einen interdisziplinären Ansatz. Biologie, Biochemie, Chemie, Medizin und Physik müssen zusammenwirken, um einen Erfolg unserer Forschungsarbeiten zu gewährleisten. Entsprechend arbeitet an unserem Lehrstuhl ein Team aus Chemikern, Physikern, Biologen und Biochemikern an einer gemeinsamen Thematik. Intensive Zusammenarbeiten mit medizinischen Einrichtungen, insbesondere durch die Beteiligung am Sonderforschungsbereich "Lymphoproliferation und virale Immundefizienz", ergänzen das am Lehrstuhl vorhandene naturwissenschaftliche Wissen. ■

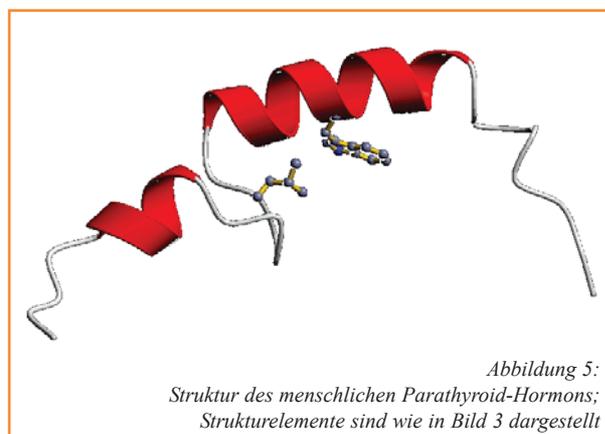


Abbildung 5:
Struktur des menschlichen Parathyroid-Hormons;
Strukturelemente sind wie in Bild 3 dargestellt

Lehrstuhl Biochemie

Im Mittelpunkt der Forschung des Lehrstuhls Biochemie stehen Struktur-Funktionsbeziehungen von Proteinen und Protein-Nukleinsäure-Komplexen. Die Arbeitsgebiete umfassen Metallproteine (Arbeitsgruppe Dobbek), Protein-RNA Komplexe bei der Proteinbiosynthese und beim Kerntransport (Arbeitsgruppe Sprinzl/Vörtler/Wolfrum), Faltungsprozesse bei Proteinen (Arbeitsgruppen Schmid/Balbach) sowie Protein-DNA Komplexe bei DNA-Replikation und DNA-Reparatur (Arbeitsgruppen Krauss/Lipps). Basierend auf detaillierten Strukturinformationen werden die Wirkungsweise von Proteinen, ihre Strukturveränderung, ihre Wechselwirkung mit Nukleinsäuren oder anderen Kofaktoren biochemisch und biophysikalisch mit dem Ziel charakterisiert, ein fundiertes Verständnis ihrer physiologischen Funktion zu gewinnen.

Arbeitsgruppe Krauss/Lipps

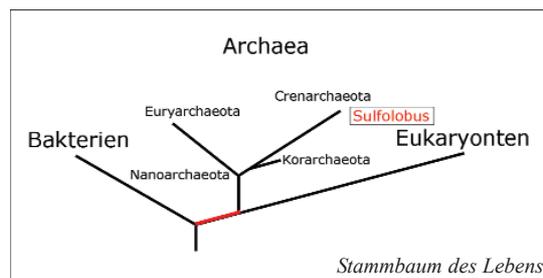
DNA-Schädigung und DNA-Reparatur

Unser genetisches Material, die DNA, ist ständig schädigenden Einflüssen wie z.B.: UV-Strahlung oder reaktiven Stoffwechselverbindungen ausgesetzt. Da DNA-Schädigungen zu Mutationen führen können, die potentiell schädlich sind, haben alle Organismen eine Reihe von Mechanismen zur DNA-Reparatur entwickelt. Wir untersuchen die Reparatur von DNA-Schäden am Beispiel der Nukleotid-Exzisionsreparatur (NER) des Menschen mit dem Ziel, den Mechanismus der Schadenserkennung aufzuklären. Die NER ist das wichtigste Werkzeug zur Behebung von DNA-Schäden, die als Folge der Einwirkung von UV-Licht oder der Einwirkung von cancerogenen

Chemikalien entstehen. Wir wollen dazu beitragen, die Zusammenhänge zwischen Defekten von Reparaturproteinen und verschiedenen Krankheitsbildern wie Xeroderma Pigmentosum und Hautkrebs besser zu verstehen.

Thermostabile Proteine des *Archaeen Sulfolobus*

Die Archaea - auch Urbakterien oder Archaeobakterien genannt - stellen, neben den Eubakterien und den Eukaryonten, das dritte Königreich der Lebewesen dar.



Viele Vertreter der Archaeen sind an ein Leben unter extremen Bedingungen wie hohe Temperatur, hohe Drücke oder niedrige pH-Werte angepasst und sind deshalb eine Quelle für Proteine mit außergewöhnlichen und neuartigen Eigenschaften. Es ist Dr. Lipps gelungen, aus dem Plasmid pRN1 des Archaeen *Sulfolobus* eine neuartige, thermostabile DNA-Polymerase zu isolieren, welche direkt an der Vervielfältigung des Plasmides beteiligt ist. Das Protein hat keine Verwandtschaft mit bisher bekannten DNA Polymerasen und es ist möglich, dass es ein "Nachfahre" eines der ersten DNA-Vervielfältigungsenzyme ist. ■

Arbeitsgruppe Balbach/Schmid

Proteinfaltung

Proteine sind die Arbeitspferde der Biochemie. Sie sorgen z. B. als Enzyme für einen reibungslosen Ablauf des Stoffwechsels, als Signalmoleküle für die Kommunikation im Organismus, und als Antikörper verteidigen sie ihn gegen Angriffe von außen. Für all diese Funktionen müssen die Proteine in eine geordnete

Raumstruktur falten, die entsprechend katalytische Zentren oder hochspezifische Bindungsstellen für Liganden bereitstellt. Die Information für diese Strukturbildung

(die Proteinfaltung) ist in der linearen Abfolge der Aminosäuren in der Proteinkette (in der Aminosäuresequenz) kodiert, d. h. in der Proteinfaltung wird die lineare Information in eine dreidimensionale Struktur übersetzt. Im Zentrum des Interesses der beiden Arbeitsgruppen steht der Mechanismus der Proteinfaltung, d. h., wie die Aminosäuresequenz die gefaltete, biologisch aktive Konformation eines Proteins und den Weg dorthin bestimmt. Das Ziel ist hierbei, die molekulare Natur der wichtigen Schritte der Proteinfaltung aufzuklären, und, insbesondere, herauszufinden welche Aminosäuren, bzw. Sequenzabschnitte den Faltungsprozess steuern.

Proteine haben eine herausragende Bedeutung in der modernen Biotechnologie und ihre Anwendungen reichen von der chemischen Synthese über den Einsatz in Waschmitteln bis hin zur medizinischen Diagnostik und Therapie. Der Einsatz von Proteinen ist allerdings durch die oft sehr geringe Stabilität der natürlich vorkommenden Proteine stark eingeschränkt. Die Arbeitsgruppe Schmid hat eine Methode zur Stabilisierung von Proteinen entwickelt, die auf den neuartigen Methoden der gerichteten in-vitro Evolution beruht. Mit dieser Methode, genannt PROSIDE (PROtein Stability Increased by Directed Evolution) werden Bibliotheken mit mehreren Millionen von Varianten eines Proteins erzeugt und dann die besten durch eine effiziente Selektion herausgefiltert. ■

Arbeitsgruppe Dobbek

Proteinkristallographie

Biochemische Prozesse basieren auf den komplexen Reaktionen und Interaktionen biologischer Makromoleküle. Die Etablierung von Methoden zur hochauflösenden Strukturaufklärung ermöglicht uns heute einen direkten Einblick in die Funktionsweise dieser Moleküle auf der Basis ihrer Raumstruktur. Eine dieser biophysikalischen Methoden, die Proteinkristallographie, ermöglicht dabei selbst bei sehr großen Proteinkomplexen, wie z.B. dem Ribosom, Momentaufnahmen der Molekülstruktur auf atomarer Ebene zu berechnen. Um die Wirkungsweise der Proteine im Detail zu verstehen, müssen sie in verschiedenen funktionalen Zuständen biochemisch und strukturell charakterisiert werden. Einzelne "Schnappschüsse" entlang der Reaktionskoordinate erlauben dann einen direkten Einblick in die funktional relevanten, dynamischen Struktureigenschaften des Moleküls. Ein Schwerpunkt der Arbeitsgruppe liegt auf dem Einsatz der Proteinkristallographie für Struktur- und Funktionsstudien von Metalloproteinen. ■

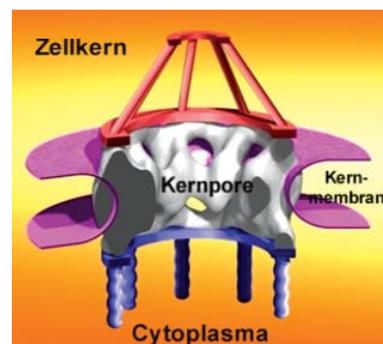
ten, dynamischen Struktureigenschaften des Moleküls. Ein Schwerpunkt der Arbeitsgruppe liegt auf dem Einsatz der Proteinkristallographie für Struktur- und Funktionsstudien von Metalloproteinen. ■

Arbeitsgruppe Sprinzl/Vörtler/Wolfrum

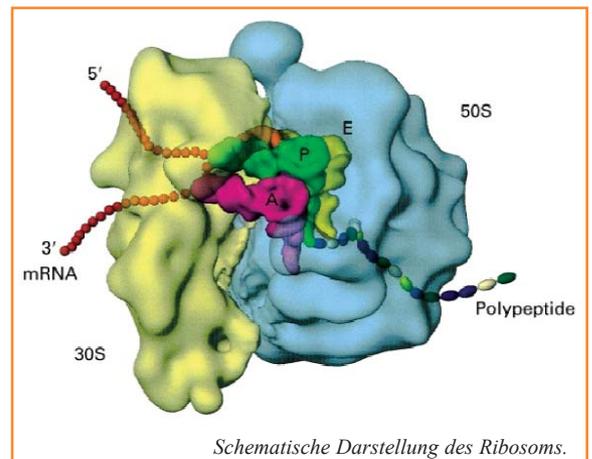
Nukleocytoplasmatischer Transport

In der eukaryontischen Zelle findet zwischen Zellkern und Cytoplasma ein reger Stofftransport, auch von Proteinen und Nucleinsäuren, statt. Die meisten dieser Transportvorgänge sind geregelt und erfolgen durch spezifische Transportproteine, die Importine und Exportine genannt werden. Die Richtung des Transportes wird durch molekulare Schalter, sogenannte G-Proteine, geregelt. Wir untersuchen, wie diese molekularen Schalter beim Transport von tRNAs funktionieren. Über die detaillierte biochemische, strukturelle und physikalische Untersuchung soll der Mechanismus dieser lebenswichtigen Kommunikation zwischen Zellkern und dem Rest der Zelle aufgeklärt werden. Daraus könnten sich neue Wege zur Entwicklung neuer Wirkstoffe und Therapien gegen Krankheiten wie Krebs ergeben.

(Sprinzl, Wolfrum)



Werkzeugmaschinen im Kleinen: Proteinbiosynthese am Ribosom



Schematische Darstellung des Ribosoms.

Jede Zelle stellt sich ihre Arbeitswerkzeuge, die Eiweiße (Proteine), selbst her. Dabei werden die einzelnen Bausteine (Aminosäuren) schrittweise durch einen RNA-Protein Komplex (Ribosom) verknüpft. Das Ribosom ist eine der ausgetüfteltesten Maschinen auf diesem Planeten.

Als Biochemiker wollen wir verstehen, wie diese Maschine so effizient und genau arbeiten kann. Wie eine große Werkzeugmaschine arbeitet das Ribosom in diskreten Schritten. Der letzte Schritt (Termination) ist besonders wichtig, da er nur ein einziges Mal an der dafür vorgesehenen Stelle ablaufen darf. Ansonsten entstehen zu lange oder zu kurze und damit fehlerhafte Produkte. In der Grundlagenforschung wollen wir verstehen wie dies genau kontrolliert wird. In der Anwendung können Proteine ganz außerhalb der Zelle ohne Fermentation gewonnen werden. Milligramm-Mengen an Protein sind herstellbar, ebenso wie die parallele Synthese vieler verschiedener Proteine. Rasches Testen von Varianten wird so erst möglich. ■

(Sprinzl/Vörtler)

Guter Chemieunterricht - Wissenschaft oder Kunst?

Walter Wagner



Abb. oben:
Lehramtsstudenten
in einer Übung zum
Thema
"Schulversuche"

Abb. mitte:
Das Logo der
Chemiedidaktik in
Bayern - Symbol für
zusammenarbeitende
Aktionsformen

Die Gesellschaft scheint sich einig zu sein: Ein Lehrender soll fähig sein, guten Unterricht zu liefern. Das ist aber auch schon das Ende des Konsenses. Wer in die Lehrerbildung hineinredet, entwickelt nur allzu gerne private Vorstellungen eines guten Unterrichts, der zu sehr von seinem persönlichen Bildungsweg geprägt ist um professionell zu sein. Übergreifende Konzeptionen werden derzeit erarbeitet, Elemente davon sind in Bayreuth realisiert.

Basiskompetenzen

Um guten Unterricht zu leisten, müssen Chemielehrer über drei Basiskompetenzen verfügen:

1. Fachkompetenz; sie wird von Fachwissenschaftlern an der Universität vermittelt.
2. Methodenkompetenz; sie wird in der Fachdidaktik-Ausbildung grundgelegt und im Seminar weiter eingeübt.
3. Kommunikationskompetenz; dies ist ein typischer fachübergreifender Ausbildungsinhalt und sollte abgestuft von den Erziehungswissenschaften, der Fachdidaktik und der Phase II ("Referendarzeit") geleistet werden. Diese Kompetenzen sind sehr gut

lehrbare Wissenschaft und lernbares Handwerk. Zum harmonischen Zusammenspiel gehört auch ein gewisser Teil künstlerisches Wirken, das in der Empathiefähigkeit der Lehrperson begründet liegt und sich institutionalisiertem Lehren entzieht.

Guter Chemieunterricht hat zum



Ziel, Schüler bei ihren persönlichen Vorstellungen von der unbeliebten Natur abzuholen und ihnen die Grundlagen des naturwissenschaftlichen Weltbildes und die Arbeitsweise der Naturwissenschaft im allgemeinen und der Chemie im besonderen zu vermitteln. Hierzu gehören auch die Anwendung aktueller systematischer Konventionen der nationalen

(DIN-Normen) und internationalen (IUPAC-Konventionen) Fachsprache.

In der Lehrerbildung durch die Fachdidaktik gelten dieselben Grundsätze als Ausbildungsziele, wie sie für guten Unterricht in der Schule gelten:

- ➔ Lernende sollen jederzeit die Lehrziele einer Veranstaltung kennen.
- ➔ Das Wählen situationsgemäßer Zugänge zur Chemie muss geübt und sich selbst bewusst gemacht werden. Didaktiker helfen Studenten, die Praxisrelevanz des Gelernten zu erkennen.
- ➔ Moderne didaktische Ausbildung fordert vielseitige Selbsttätigkeit, damit Studenten in die Lage versetzt werden, aus dem theorielastigen Wissen der Universität Können für die Praxis zu konstruieren.
- ➔ Methodenkompetenz und Methodenwechsel sind Elemente interessanter und effektiver Lehrerbildung. Auch bei Studenten sind Maßnahme zur Aufrechterhaltung von Interesse notwendig und nicht nur für das bewusste Erleben von Lehrsituationen erwünscht.

Gute Lehrerbildung

Lehramtsstudenten erfahren im Verlauf guter Lehrerbildung:

➤ Wie man sich bewusst zwischen den unterschiedlichen Ebenen bewegt, die es im Chemieunterricht gibt: Von der konkreten Ebene der Stoffe, die man sinnlich erfahren kann, immer wieder in die abstrakte Ebene des submikroskopischen Aufbaus der Materie wechseln, die nur indirekt über Modellvorstellungen zugänglich ist; dazu die Metaebene der eigenen Auseinandersetzung mit den beiden vorausgehenden Ebenen (Wissenschaftstheorie). Reflexionen dazu werden in der Didaktik angestellt, was aber nicht ausreichen kann.

➤ Sie lernen Elemente der typischen Arbeitsweise des Chemielehrers kennen: Inhalte zielgerecht aufbereiten, nach erprobten Methoden zu Unterrichtseinheiten zusammensetzen, Unterrichtsexperimente integrieren, nachvollziehen, eigene entwickeln, testen, publizieren und in Schulpraktika erste Erfahrungen in der Arbeit mit Schülern sammeln.

Auf den verschiedensten Niveaus bedient die Fachdidaktik mehrere Studiengänge:

1. Studium der Fachdidaktik für das Lehramt an Grundschulen,
2. Studium der Chemie im Rahmen einer Fächergruppe an Hauptschulen,
3. Studium der Chemie (Hauptfach für GS, HS, sowie Lehramt

Realschule und berufliche Schulen) sowie

4. Vertieftes Studium der Chemie (Lehramt Gymnasium).

Daneben müssen Veranstaltungen für den Sachunterricht an Grundschulen (keine Chemie als Studienfach) bzw. Berufsschule (Fächerkombinationen mit Metalltechnik) geleistet werden.

Die Phase III

Neben der Lehre ist es Aufgabe der Fachdidaktik, sich je nach freier Kapazität um Lehrerfortbildung (Phase III der Lehrerbildung) zu kümmern. Bei der Vielfalt der zu versorgenden Schularten und der mangelhaften Personalausstattung ist dies nur sehr punktuell möglich. Hoffnungen diesbezüglich müssen in die erfolgte Integration in das 2003 gegründete Zentrum zur Förderung des Mathematischen und Naturwissenschaftlichen Unterrichts (Z-MNU) gesetzt werden.

In der Freizeit verfolgt die Fachdidaktik zwei Projekte:

- C#NaT - Chemie vernetzt Naturwissenschaften und Technik (S.42)
- MOLIS - Entwicklung eines Online-Lehrprogramms zum Thema Isomerie, zusammen mit dem Lehrstuhl für Mathematik II. URL: www.uni-bayreuth.de/molis.html

Eigene experimentelle Entwicklungen wurden in den vergangenen Jahren im Bereich der Lebensmitteltechnologie unternommen. Ergebnis ist eine Reihe von für

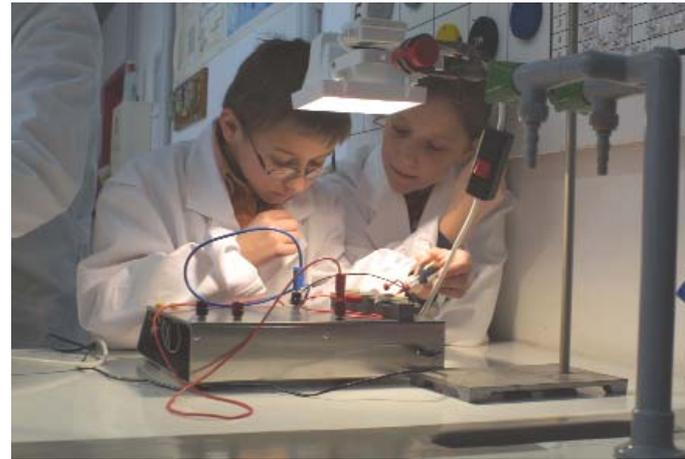


Abbildung oben:
Eine 5. Klasse nutzt den Lernort Universität zum Thema "Organische Solarzellen"

Schüler sehr attraktiven Rezepten, anhand deren man beliebige Alltagsprodukte (Eiskrem, Gummibärchen, Bonbons) herstellen und dabei etwas über deren industrielle Herstellung sowie typische Inhalts- und Zusatzstoffe lernen kann. Zusammen mit anderen Ergebnissen sind sie jedem Lehrer von einem großen Service-Bereich der Homepage aus zugänglich:

<http://www.uni-bayreuth.de/departments/didaktikchemie/lehrende.htm>

Aus dem Verständnis von Lernen müssen Schlussfolgerungen bezüglich der Lehre gezogen werden. Intensive methodische Ausbildung muss in Zukunft sicherstellen, dass sich Lehramtsstudenten nicht nur fachlich fit fühlen für die Anforderungen an sie in der Zeit nach PISA 2000 und 2006: weniger leicht Vergessbares, dafür mehr Problemlösekompetenz unterrichten - keine Aufgabe, die in einem halben Jahrzehnt rezeptgeleitet lösbar wäre. ■



Lehrer aus ganz Oberfranken in der Fortbildung zum Thema "Lebensmittelchemie in Schülerübungen"

Sonderforschungsbereich SFB 481

Prof. Hans-Werner Schmidt, Sprecher des SFB 481

Der SFB 481 "Komplexe Makromolekül- und Hybridsysteme in inneren und äußeren Feldern" wurde am 1. Juli 1998 an der Universität Bayreuth eingerichtet und wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanziert. Das Programm ist ein langfristig angelegtes kooperatives Forschungsprogramm, in dem Wissenschaftler der Makromolekularen Chemie, der Physikalischen und Organischen Chemie, der Experimentellen und Theoretischen Physik und den Materialwissenschaften zusammenarbeiten. Ziel ist es, komplex aufgebaute makromolekulare Systeme mit speziellen Funktionen zu synthetisieren, zu charakterisieren und ihre physikalischen Eigenschaften zu untersuchen.

Der ausgewiesene Forschungsschwerpunkt der Universität Bayreuth im Bereich der Makromolekül- und Kolloidforschung, der sich über die Fakultätsgrenzen hinweg erstreckt, ist die Grundlage für eine langjährige, erfolgreiche, inneruniversitäre Zusammenarbeit und damit die Basis des Sonderforschungsbereiches 481. Die enge Zusammenarbeit zwi-

schen Wissenschaftlern verschiedener Fachdisziplinen, die sich mit Aspekten der Makromolekülforschung beschäftigen, hat bereits in früheren Jahren zur Einrichtung von Sonderforschungsbereichen durch die DFG geführt. So zum Beispiel der SFB 213 "Topospezifische Chemie und Toposelektive Spektroskopie von Makromolekül-Systemen: Mikroskopische Wechselwirkung und Makroskopische Funktion" (1984 bis 1995) oder der SFB 279 "Wechselspiel zwischen Ordnung und Transport in Festkörpern" (1995 bis 1998). Unter Federführung des 1998 verstorbenen Prof. Raimund Stadler wurde der jetzige SFB 481 im Herbst 1997 beantragt und nach erfolgreicher Begutachtung im Sommer 1998 durch die DFG eingerichtet. Nach einer erneuten, positiven Begutachtung 2001 besteht der SFB 481 nun seit fünf Jahren und sieht 2004 einer dritten Begutachtung entgegen. Insgesamt forschen zur Zeit 21 Teilprojektleiter mit

ihren Mitarbeitern im Rahmen des Sonderforschungsbereichs. Hinzu kommen drei Zentrale Einrichtungen, in denen analytische und Infrastrukturlabors gemeinsam genutzt und betrieben werden. Für die Herstellung, das theoretische Verständnis und die Nutzung von selbstorganisierenden Makromolekül- und Hybridsystemen in inneren und äußeren Feldern ist eine interdisziplinäre Durchdringung der chemischen und physikalischen Grundlagen unabdingbar. Aus diesem Grund haben sich Wissenschaftler der Universität Bayreuth aus den Bereichen der Makromolekularen Chemie, der Physikalischen Chemie, der Organischen Chemie, der Experimentalphysik, der Theoretischen Physik sowie der Materialwissenschaft zusammengeschlossen, um gemeinsam Grundlagenforschung im SFB 481 "Komplexe Makromolekül- und Hybridsysteme in inneren und äußeren Feldern" durchzuführen.



Angehörige des SFB 481 beim Statusseminar im Schloss Thurnau, November 2002

Die Herstellung von komplexen Molekülsystemen wie z.B. Blockcopolymere, Dendrimeren, supramolekulare Aggregaten und molekulare Objekten, Makromolekülen und Molekülaggregaten, die durch eine primäre Strukturierung auf einer Längenskala im Nanometerbereich charakterisiert sind, wird weltweit mit hoher Intensität erforscht. Die Verfügbarkeit neuer bzw. verbesserter Synthese- und Charakterisierungsmethoden, sowie das Potential von Strukturen mit charakteristischer Längenskala zwischen 5 und 500 nm für Anwendungen in den Bereichen Elektrooptik, Mikrosystemtechnik und moderner Materialforschung geben den "klassischen" Disziplinen der Kolloidchemie und -physik, der Organischen Chemie, der Makromolekularen Chemie und Polymerphysik neue Impulse. Beispielhaft stehen dafür Schlagworte wie "Supramolekulare Chemie, Nanochemie, Nanostrukturierung, mesoskopische Dimensionen, Chemie molekularer Objekte", die häufig ohne scharfe Trennung und klare Definition benutzt werden. Die moderne Materialwissenschaft steht vor der Herausforderung, Moleküle durch die Bildung von Strukturhierarchie bzw. hierarchische Strukturen zu Materialien zu organisieren. Dabei kommt dem Verständnis der zugrunde liegenden Strukturbildungsprozesse und insbesondere der Kombination verschiedener Ordnungsprinzipien eine wesentliche Rolle zu. Grundlegende wissenschaftliche Fragestellungen im SFB sind deshalb:

- Welche Rolle spielen verschiedene innere Felder bei der spontanen Selbstorganisation auf unterschiedlichen Längenskalen?
- Welchen Einfluss haben verschiedene äußere Felder zur Herstellung makroskopisch geordneter Materialien?
- Wie kann das Wechselspiel von inneren und äußeren Feldern eine hierarchische Strukturbildung

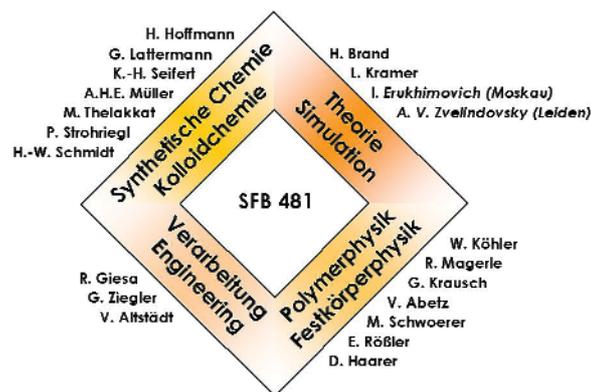
beeinflussen und zur gezielten Manipulation der entstehenden Strukturen genutzt werden.

- Welchen Einfluss haben verschiedenartige Ordnungsstrukturen auf die Funktion der Materialien?
- Wie können experimentelle Verfahren zur Charakterisierung der zu untersuchenden Systeme entwickelt und optimiert werden?

In jüngster Zeit werden verstärkt synthetische Systeme bearbeitet, in denen verschiedene Ordnungsprinzipien kombiniert werden. Typische Beispiele für Systeme, in denen mehrere innere Felder die Selbstorganisation beeinflussen, sind flüssigkristalline Blockcopolymere, flüssigkristalline Netzwerke, ternäre Blockcopolymere und auch anorganisch-organische Hybridmaterialien.

Neben diesen komplexen multiplen Selbstorganisationen durch innere Felder kann Ordnung auch durch zusätzliche äußere Felder induziert und manipuliert werden. Beispiele dafür sind mechanische, elektrische und magnetische Felder und/oder die Wechselwirkung selbstorganisierender Systeme mit Grenzflächen. Typische Funktionen, die im SFB 481 bearbeitet werden, sind Ladungs- und Stofftransport, Brechungsindexmodulation, Kontrolle von Schichtstrukturen, Elektronenübertragung und Elektrolumineszenz.

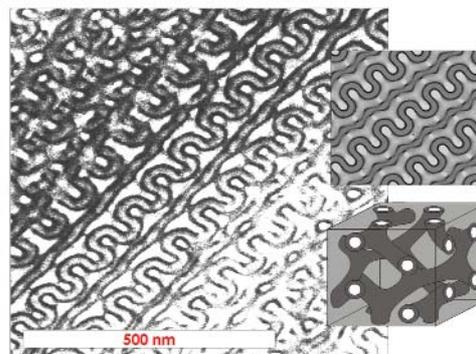
Im Rahmen des Sonderforschungsbereichs forschen zur Zeit 21 Teilprojektleiter mit ihren Mitarbeitern an den 17 Teilprojekten. Hinzu kommen Analytische- und Infrastrukturlabors, die in drei Zentralen Einrichtungen organisiert sind. Der SFB 481 ist in drei Bereiche gegliedert: Im **Projektbereich A: Makromoleküle und Kolloide** werden komplexe Makromolekülsysteme und Kolloide untersucht, in denen die Strukturbildung durch die konkurrierende Wirkung verschiedener innerer Felder, auch in Verbindung mit äußeren Feldern, studiert wird. Im **Projektbereich B:**



Personelle
Zusammensetzung
und thematische
Verknüpfung
der Mitglieder im
SFB 481
(Stand April 2003)

Hybridmaterialien und Grenzflächen wird neben dem Aspekt der Strukturbildung durch äußere Felder auch die Nutzung äußerer Felder zum Auslesen spezieller Eigenschaften untersucht. In den Infrastrukturprojekten des **Projektbereichs Z: Zentrale Einrichtungen** werden zentral gemeinschaftlich genutzte Methoden und Analyseverfahren bereitgestellt. Dies sind elektronenmikroskopische Methoden (TEM) und Methoden der Röntgenstreuung (SAXS), die magnetische Resonanz- und dielektrische Spektroskopie sowie die Polymerverarbeitung und Rheologie. Neben der Elektronenmikroskopie steht auch die Rasterkraftmikroskopie (AFM) als zentrales Analyseverfahren bereit. ■

Durch Selbstorganisation entstandene Core-Shell Doppelgyroid Morphologie eines Dreiblockcopolymer Blends (Transmissions-elektronenmikroskopische Aufnahme, Simulation und dreidimensionale schematische Struktur)



Weitergehende Informationen befinden sich auf der Internetseite des SFB 481 unter www.uni-bayreuth.de/sfbs/sfb481/

Sonderforschungs- bereich SFB 466

Lymphoproliferation und virale Immundefizienz

Eine medizinisch orientierte Einrichtung, in der Wissenschaftler vieler Fachrichtungen an einem gemeinsamen Themenkomplex arbeiten, stellt der Sonderforschungsbereich (SFB) "Lymphoproliferation und virale Immundefizienz" dar. Dieser SFB ist eine gemeinsame Einrichtung der Universitäten Bayreuth, Erlangen/Nürnberg und Würzburg mit Koordinationsstelle in Erlangen/Nürnberg.

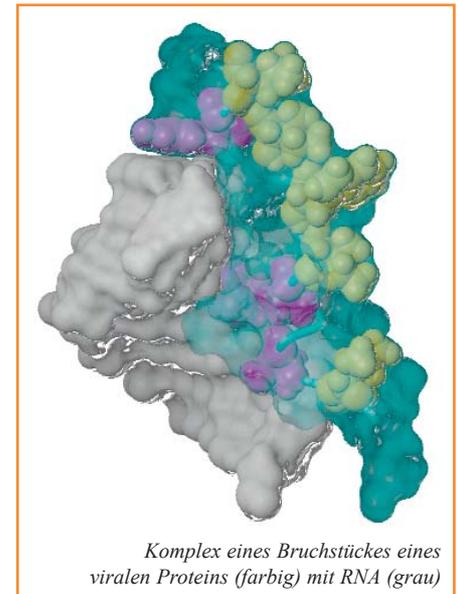
Der SFB466 wurde im Jahre 1996 gegründet und verfügt derzeit über eine Summe von jährlich über 1.3 Mio. € für Personal, Sachkosten, Reisen und Geräteausstattung. Beteiligt sind an diesem SFB zurzeit die Institute, Lehrstühle und Arbeitsgruppen für

- Bioinformatik (Bayreuth)
- Bioinformatik (Erlangen/Nürnberg)
- Biopolymere (Bayreuth)
- Dermatologie (Erlangen/Nürnberg)
- Genetik (Erlangen/Nürnberg)
- Haematologie und Onkologie (Erlangen/Nürnberg)
- Klinische Immunologie und Rheumatologie (Erlangen/Nürnberg)
- Klinische und Molekulare Virologie mit dem nationalen Referenzzentrum für Retroviren (Erlangen/Nürnberg)
- Molekulare Immunologie (Erlangen/Nürnberg)
- Pathologie (Erlangen/Nürnberg)
- Pathologie (Würzburg)

Schon aus dieser Zusammensetzung wird die hinter diesem SFB stehende generelle Idee deutlich: Eine Kombination von klinischer Forschung und Grundlagenforschung soll die gesamte Breite einer medizinisch wichtigen Themengruppe von der Klinik bis zur molekularen Strukturforschung erfassen und durch interdisziplinäres, projektorientiertes Arbeiten die synergistischen Effekte optimal nutzen.

Organisatorisch sind die Projekte des SFB in drei große Bereiche mit insgesamt 16 Teilprojekten gegliedert: Der erste Bereich beschäftigt sich mit der Entstehung und der Therapie der Immunschwächekrankheit AIDS (Acquired Immunodeficiency Syndrome), im zweiten Bereich wird die Steuerung der Aktivierung der Gedächtniszellen des Immunsystems (Lymphozyten) untersucht, der dritte Bereich hat die Erforschung der Entstehung von Krebsarten, die mit den Lymphozyten in Zusammenhang stehen (Leukämien), zum Ziel. Die Bayreuther Wissenschaftler engagieren sich vor allem im ersten und im letzten Bereich. Da aber die ange-

botenen grundlegenden Techniken (Bioinformatik und spektroskopische Methoden) nicht nur auf spezielle Probleme anwendbar sind, werden die Erfolge der Zusammenarbeit in sehr vielen der einzelnen Projekte aller Bereiche sichtbar.



Wissenschaftlich beschäftigt sich der SFB mit einem breiten Spektrum von Arbeiten zu Fragen des Immunsystems und der krankheitsauslösenden Wirkung von

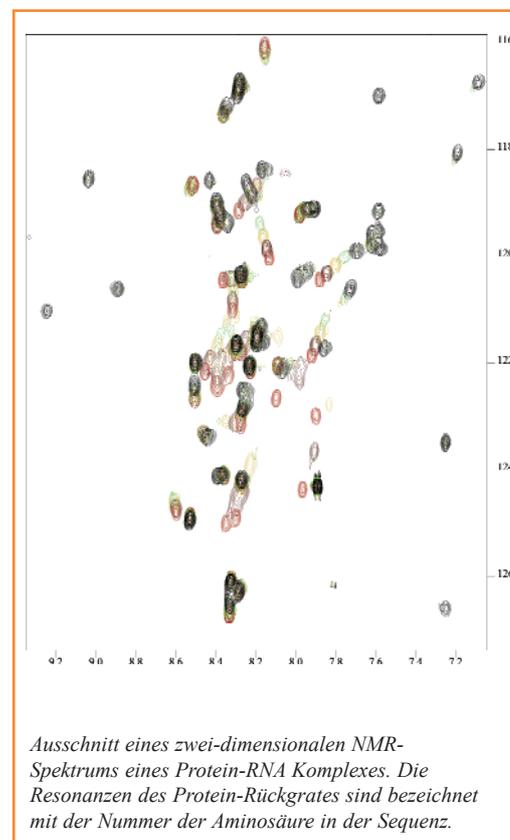
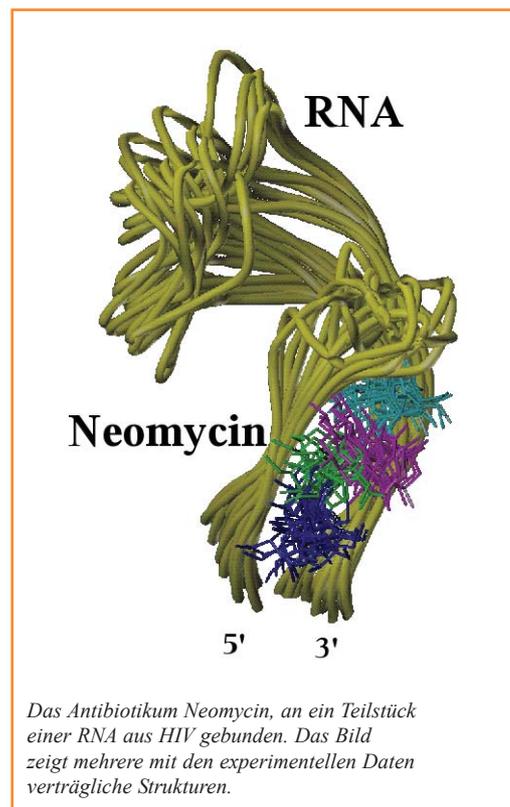
Detailierte Informationen zum Sonderforschungsbereich 466 erhält man im Internet unter der Adresse des Lehrstuhls Biopolymere: <http://btcpxx.che.uni-bayreuth.de/>

sowie unter der direkten SFB-Adresse: <http://www.virology.uni-erlangen.de/sfb466.htm>

Viren. Während die Kliniken der Universität Erlangen/ Nürnberg die tragende Rolle bei den angewandten medizinischen Fragen spielen, trägt die Universität Bayreuth grundlegende Kenntnisse in der Aufklärung der detaillierten räumlichen Strukturen von Makromolekülen aus Organismen ("biogene Makromoleküle") bei.

Entsprechend ist die Hauptaufgabe des Bayreuther Bereichs die Aufklärung der dreidimensionalen Struktur und der Wirkungsweise von Proteinen, die bei der Steuerung der Vermehrung des AIDS-Erregers HIV (Human Immunodeficiency Virus) eine entscheidende Rolle spielen, und die Wechselwirkung dieser viralen Proteine mit Proteinen der Wirtszelle. Die hauptsächlich hierfür eingesetzte physikalische Technik ist die magnetische Kernresonanz (NMR), daneben werden auch bioinformatische Methoden in breitem Umfang intensiv verwendet. Die Aufklärung der Komplexe aus verschiedenen Proteinen des Virus, der Wirtszelle und Ribonukleinsäure (RNA) ist vom technischen Standpunkt eine Aufgabe an der vordersten Front des derzeit Machbaren.

Auf der Grundlage der dreidimensionalen Strukturen dieser Proteine und der Komplexe sollen dann unter massiver Anwendung bioinformatischer Methoden kleine organische Moleküle konstruiert werden, die die für die Vermehrung des Virus notwendige Komplexbildung verhindern. In Zusammenarbeit mit organisch-chemisch orientierten Arbeitsgruppen sollen diese Moleküle dann synthetisiert und in vielen weiteren Strukturuntersuchungen hinsichtlich ihrer Bindungseigenschaften optimiert werden. Anschließend werden sich Tests der Substanzen auf ihr antivirales Potenzial. Diese Tests können ebenfalls innerhalb des SFB durchgeführt werden. ■



BIMF

Bayreuther Institut für Makromolekülforschung

Die Makromolekülforschung gehört seit der Gründung der Universität Bayreuth zu den Forschungsschwerpunkten. Seit Oktober 1983 sind zwei Lehrstühle aus dem Bereich der Makromolekularen Chemie und zwei aus der Festkörperphysik im Bayreuther Institut für Makromolekülforschung (BIMF) zusammengeschlossen. Hier werden die physikalischen und chemischen Grundlagen von Makromolekülsystemen untersucht. Dazu gehören besonders ihre Synthese und die Bestimmung ihrer mechanischen, elektronischen und optischen Eigenschaften. Ein wesentlicher und in Bayreuth seit vielen Jahren besonders gepflegter Gesichtspunkt ist dabei die enge Zusammenarbeit von Wissenschaftlern unterschiedlicher Fachrichtungen (Chemiker, Physiker, Materialwissenschaftler). Aus diesen Zusammenarbeiten heraus konnten im Laufe der Jahre viele Großgeräte, z.B. über das Programm Neue Werkstoffe Bayern, angeschafft werden. Daneben hat das BIMF als Keimzelle für zwei sehr erfolgreiche Sonderforschungsbereiche, an denen Chemiker und Physiker der Universität beteiligt waren, gewirkt.

Ein Beispiel aus der fächerübergreifenden Forschung

Neue Materialien für Organische Leuchtdioden

Autoren:
Hans-Werner Schmidt
und Prof. Peter
Strohriegel (Bild),
Makromolekulare
Chemie I



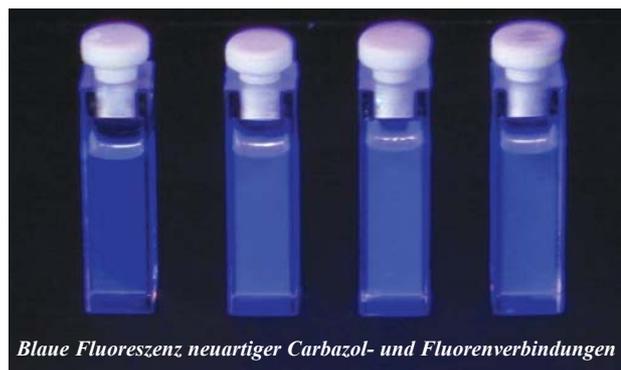
Auf dem Display-Markt findet im Augenblick eine grundlegende Umwälzung statt. Voluminöse, schwere Röhrenbildschirme werden in vielen Bereichen durch sehr viel dünnere und leichtere Flüssigkristall-Displays (LCD) ersetzt. Die Abkürzung LCD kommt aus dem Englischen und steht für Liquid Crystal Display. Bei den Computermonitoren ist der Siegeszug der LC-Displays nicht mehr aufzuhalten, und bei den Fernsehern sind ebenfalls bereits ausgefeilte Modelle auf dem Markt. Neben den bereits etablierten LCD-Displays hat in den Forschungsabteilungen der Dis-

playhersteller in den letzten Jahren eine neue Technologie große Aufmerksamkeit gefunden, die organischen Leuchtdioden (OLEDs). Diese neue Technologie weist gegenüber den LC-Displays einige potentielle Vorteile wie schnellere Schaltzeiten für den Einsatz im TV-Bereich, eine geringere Blickwinkelabhängigkeit und eventuell einen niedrigeren Energieverbrauch auf. Aus OLEDs wurden mittlerweile erste marktgängige Produkte wie Displays für Rasierapparate, Mobiltelefone und Digitalkameras entwickelt. Im BIMF beschäftigen wir uns schon seit 1992 mit verschiedenen Aspekten organischer LEDs. Das Bild oben zeigt

Organische Leuchtdiode aus Poly(1,4-phenylenvinylen)



eine OLED aus dem Kunststoff Poly(1,4-phenylenvinylen) (PPV) die von BIMF-Mitarbeiter Jürgen Gmeiner bereits 1994 hergestellt wurde. In den Gruppen von Prof. M. Schwoerer und Prof. D. Haarer werden heute grundlegende physikalische Aspekte von OLEDs erforscht. Neue Materialien für OLED-Anwendungen kommen aus den Gruppen von Prof. H.-W. Schmidt und Prof. P. Strohriegel aus der Makromolekularen Chemie. Das Bild unten zeigt die Fluoreszenz neuartiger, stark blau fluoreszierender Fluoren- und Carbazol-derivate.



Blaue Fluoreszenz, neuartiger Carbazol- und Fluorenverbindungen

Analyselabors: z.B. Elektronenmikroskopie

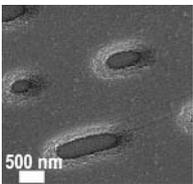
Eine wichtige Rolle spielt das BIMF bei der Betreuung und Finanzierung der für die Forschung elementar wichtigen und kostenintensiven zentralen Einrichtungen wie der Elektronenmikroskopie. Hier stehen den am BIMF beteiligten und selbstverständlich auch anderen Forschergruppen der Universität ein leistungsfähiges

Rasterelektronenmikroskop und ein Transmissionselektronenmikroskop zur Verfügung. Das Rasterelektronenmikroskop wurde vor zwei Jahren mit einem Investitionsvolumen von 350.000 € neu angeschafft. Die Messungen am Rasterelektronenmikroskop werden von Clarissa Abetz ausgeführt. ■

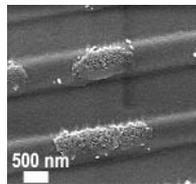


Clarissa Abetz am Rasterelektronenmikroskop

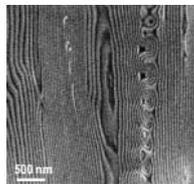
Fünf Beispielbilder aus der Elektronenmikroskopie



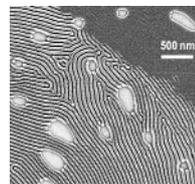
CD-ROM



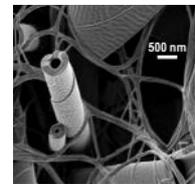
CD-R (gebrannt)



Im elektrischen Feld orientiertes Dreiblockcopolymer (SFB 481)



Helix/Zylinder Morphologie in Dreiblockcopolymeren (SFB 481)



Nanostrukturen in flüssigkristallinem Gel

Internationale Tagung: BPS

Die Mitglieder des BIMF organisieren gemeinsam eine internationale Fachtagung, das Bayreuther Polymer Symposium (BPS), das im zweijährigen Zyklus stattfindet. Dieses englischsprachige Symposium hat sich in den letzten 15 Jahren einen festen Platz unter den Polymertagungen in Deutschland erobert. Neben klassischen Polymerthemen deckt die Tagung moderne Aspekte der Kolloidforschung ebenso ab wie Themen aus

der Materialforschung. Ein zentrales Anliegen des Bayreuther Polymersymposiums ist es, interdisziplinäre Diskussionen zwischen Chemikern, Physikern und Ingenieuren anzuregen. ■



Impressionen vom Bayreuther Polymer Symposium 'BPS 2001'

Die Leitung des BIMF:

| | |
|------------------------------|-----------------------------|
| Prof. Dr. D. Haarer | (Experimentalphysik IV) |
| Prof. Dr. J. Köhler | (Experimentalphysik IV) |
| Prof. Dr. A. Müller | (Makromolekulare Chemie II) |
| Prof. Dr. H.-W. Schmidt | (Makromolekulare Chemie I) |
| (z.Zt. geschäftsf. Direktor) | |
| Prof. Dr. M. Schworer | (Experimentalphysik II) |

BIMF-Mitarbeiter:

| | |
|--------------------------|-----------------------------|
| Prof. Dr. L. Kador | Molecular Modelling |
| Prof. Dr. P. Strohrriegl | Kristall- und Materiallabor |
| C. Abetz | Elektronenmikroskopie |
| J. Gmeiner | Chemielabor |

Bayreuther Zentrum für Kolloide und Grenzflächen

Bündelung wissenschaftlicher Kompetenz und Plattform für Industriekooperationen

H. Hoffmann, G. Krausch

Das Bayreuther Zentrum für Kolloide und Grenzflächen (BZKG) wurde im Jahr 2000 als Zentrale Einrichtung der Universität Bayreuth gegründet und wird durch die High-Tech Offensive der Bayerischen Staatsregierung finanziell unterstützt. Es bündelt die Forschungsaktivitäten im Bereich der Kolloid- und Grenzflächenforschung und dient als Plattform für Kooperationen mit Industriepartnern.

Kolloidchemie - gestern und heute

Die Kolloidchemie ist im Grunde eine alte Wissenschaft, die heute unter neuen Namen wie "Nanotechnologie" oder "Supramolekulare Selbstorganisation" eine Renaissance erlebt. Lange Zeit

waren kolloidale Systeme relativ undefinierte Systeme fein verteilter Materie aus Teilchen mit einem Durchmesser von wenigen Millionstel Millimetern, deren Größe, Gestalt und Beschaffenheit mit konventioneller optischer Mikroskopie nicht aufgelöst werden konnte. Mit der Entwicklung neuer Mikroskopieverfahren hat sich diese Situation grundlegend geändert. Heute können sogar einzelne Atome und Moleküle mikroskopisch abgebildet werden. Mit der Verbesserung der analytischen Verfahren wurde auch eine mikroskopische Kontrolle bei der Synthese der Teilchen möglich. Auf diese Weise ergeben sich völlig neue Möglichkeiten für die

Herstellung kolloidaler Systeme mit maßgeschneiderten Eigenschaften.

Kolloidale Systeme begegnen uns im Alltag auf Schritt und Tritt. Offensichtliche Beispiele sind die Tinte (anorganischer Feststoff in Wasser dispergiert), die Milch (Emulsion von Fettpartikeln in Wasser) oder die übliche Wandfarbe (Dispersion von Kunststoff-Partikeln und

Pigmenten in Lösungsmittel). Darüber hinaus spielen kolloidale Systeme in einer Vielzahl anderer Alltagsprodukte eine entscheidende Rolle (z.B. Kosmetika, Wasch- und Reinigungsmittel, Klebstoffe, Pharmaka, Lacke, Pflanzenschutzmittel, Keramikprodukte, etc.).

Kolloidchemie an der Universität Bayreuth

Polymer- und Kolloidforschung gehören seit vielen Jahren zu den Schwerpunkten der naturwissenschaftlichen Forschung an der Universität Bayreuth. Durch die enge Zusammenarbeit zwischen fünf Lehrstühlen der Fakultäten II und VI, die alle in verschiedener Weise zur Kolloidforschung beitragen, ist im Laufe der Zeit eine Infrastruktur und Expertise entstanden, die der eines entsprechenden Forschungszentrums in diesem Fachgebiet entspricht. Um diese Zusammenarbeit weiter zu stärken und nach außen sichtbar zu machen, haben sich die beteiligten Lehrstühle (Prof. Hoffmann und Platz (PC I), Krausch (PC II), Schmidt (MC I), Müller (MC II) und Ziegler (IMA I) im Juli 2000 zum Bayreuther Zentrum für Kolloide und Grenzflächen (BZKG), einer neuen Zentralen Einrichtung der Universität Bayreuth zusammengeschlossen. Das Vorhaben wurde im Rahmen der



Beispiele für Kolloidale Systeme: "Schillerphasen", Pigmente, Nanopartikel aus Schichtsilikaten



Die Arbeit im BZKG fließt unmittelbar in die Ausbildung der Studierenden im Studiengang Diplom Polymer- und Kolloidchemie und in die Dissertationsprojekte ein.

Hightech-Offensive der Bayerischen Staatsregierung finanziell unterstützt. Auf diese Weise konnte die apparative Infrastruktur weiter verbessert werden. Die Kernaufgaben des Zentrums bestehen in der Bündelung und Stärkung der Kolloid- und Grenzflächenforschung von der Grundlagenforschung über die angewandte Forschung bis hin zur industriellen Anwendung. Das Zentrum stellt eine Plattform dar, auf der interessierte Industrieunternehmen und mittelständische Betriebe die vorhandenen Kompetenzen und die experimentellen Einrichtungen an der Universität für ihre eigenen Problemstellungen nutzen können. In diesem Sinn will das BZKG zu einer "Forschungsklinik" für kolloidwissenschaftliche Problemfälle in der industriellen Forschung werden.

Erste Erfolge

Das BZKG hat mit seiner Gründung unmittelbar die wissenschaftliche Zusammenarbeit aufgenommen. Im ersten Forschungsbericht, der die Arbeit der ersten beiden Jahre zusammenfasst, konnten die beteiligten Gruppen insgesamt ca. 100 wissenschaftliche Publikationen vorlegen. Zu-

dem wurden in nicht unbeträchtlichem Umfang gemeinsam Drittmittel eingeworben, die zusätzlich zu den Mitteln aus der High-Tech Offensive zur Verbesserung der Infrastruktur eingesetzt werden konnten. Die wohl erfreulichste Entwicklung spiegelt sich in den zahlreichen Kooperationen mit Industrieunternehmen wider, die dazu geführt hat, dass bereits jetzt die öffentliche Fördersumme durch Einwerbungen von Industriemitteln verdoppelt werden konnte. Es ist daher davon auszugehen, dass sich die Förderung durch die Bayerische Staatsregierung in den kommenden Jahren durch ein Vielfaches der zu Beginn eingesetzten Summe auszahlen wird.

Neue Forschungsflächen

Während die Aktivitäten des BZKG bislang ausschließlich auf den Forschungsflächen der beteiligten Lehrstühle untergebracht werden mussten, wurde am 28. März 2003 durch Staatsminister Zehetmair der erste Spatenstich für ein Laborgebäude vorgenommen, das ab dem Herbst 2004 neben den Aktivitäten der BioMedTech-Initiative auch die Aktivitäten des BZKG beherbergen wird.

Eigener Studiengang

Seit dem Wintersemester 2000/2001 bietet die Universität Bayreuth den in Deutschland einzigartigen Diplomstudiengang Polymer- und Kolloidchemie an, der von einer seit dem stetig wachsenden Anzahl an Studierenden angenommen wird. Hier werden neben den Grundlagen der Chemie besonderer Wert auf die Vermittlung von Kenntnissen im Bereich der Polymerforschung und der Kolloidforschung gelegt. Ein verpflichtendes Industriepraktikum sowie die Möglichkeit, einen Teil der Studienleistungen im Ausland zu erwerben sorgen dafür, dass der Blick über den Tellerrand der eigenen Universität bereits zu einem frühen Zeitpunkt gewährleistet ist. ■

Fotos unten:

Inzwischen herrscht rege Bautätigkeit zwischen dem NWI-Gebäude und dem Audimax, wo das neue BZKG-Gebäude entsteht.

Staatsminister Zehetmair beim ersten "Spatenstich" für das neue Gebäude für das Bayreuther Zentrum für Kolloide und Grenzflächen



BioMedTec-Projekte

an der Universität Bayreuth

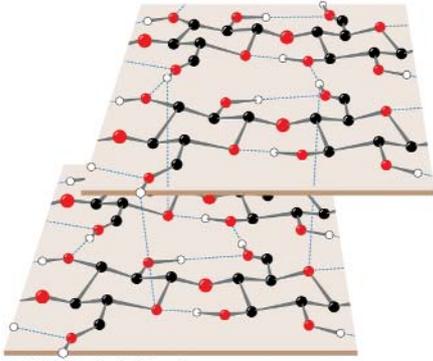


Abb. Strukturmodell der Cellulose. In der Cellulose sind Glucoseeinheiten über $\beta(1-4)$ -Bindungen zu langen Fasern verknüpft, die durch H-Brücken (blau) zusätzlich vernetzt sind

Auf der Grundlage einer Förderung durch die High-Tech-Offensive des Freistaats Bayern hat sich zwischen den Universitäten Bayreuth, Erlangen und Würzburg ein Forschungsverbund etabliert, der unter dem Namen BioMedTec Franken das Ziel verfolgt, Forschungsvorhaben auf dem Gebiet der Molekularbiologie, Biotechnologie und Biomedizin in die industrielle Anwendung zu überführen. Die geförderten Projekte sollen damit eine Brücke zwischen Grundlagenforschung und praktischer Anwendung schaffen. Eines der geförderten Projekte hat in Bayreuth direkt zur Gründung einer erfolgreichen Biotechnologie-Firma, der Ribopharma, geführt. Zwei der weiteren geförderten Projekte stehen an der Schwelle zur industriellen Verwertung und sind nachfolgend beschrieben..

Thermo- und säurestabile Proteine für die Biotechnologie

(Prof. G. Krauss, Dr. G. Lipps, Dr. Y. Huang)

Die Archaeen (s. Beitrag AG Krauss) sind industriell hochinteressante Mikroorganismen. Viele Vertreter der Archaeen sind an das Leben unter Extrembedingungen angepasst und ihre Proteine zeigen oft ungewöhnliche Eigenschaften in Hinblick auf Temperatur- und Säurestabilität. Deshalb sind Enzyme der Archaea für solche Anwendungen attraktiv, bei denen besondere Stabilitäten verlangt werden.

In unserem von der "High Tech Offensive - Zukunft Bayern" geförderten Projekt verwenden wir Archaea für die Gewinnung von industriell interessanten Enzymen mit besonderen Stabilitätseigenschaften. Es ist uns gelungen, eine Cellulase zu identifizieren, die unter extremen pH-Bedingungen (verdünnte Schwefelsäure) und hohen Temperaturen (90°C) noch aktiv ist. Cellulasen können den Hauptbestandteil von Holz, die Cellulose, zu kleineren Zuckereinheiten abbauen. Mehr als die Hälfte des gesamten Kohlenstoffs

der Biosphäre liegt in Form von Cellulose vor, die deshalb als nachwachsender Rohstoff zunehmend an Bedeutung gewinnt. Eine hitze- und säurestabile Cellulase könnte u.a. für die Verarbeitung von Holzabfällen im Rahmen der Gewinnung von Biosprit eingesetzt werden. Unsere Arbeiten haben zum Ziel, die Cellulase durch "Protein-Engineering" so zu optimieren, dass das Enzym in hohen Ausbeuten gewonnen werden kann und den besonderen Anforderungen industrieller Anwendung genügt. ■

Entwicklung eines elektrischen DNA-Chips

(Prof. M. Sprinzl)

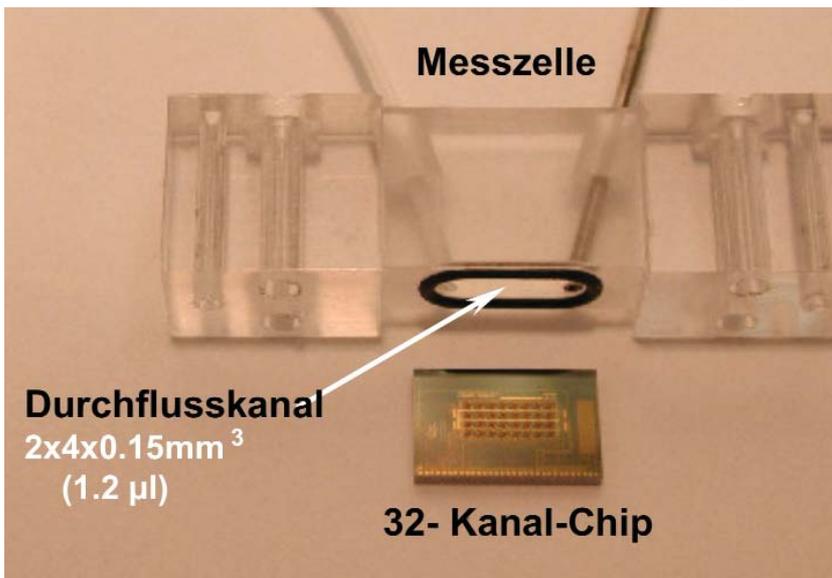
Das Problem der Infektionskrankheiten, an die uns die Schlagzeilen in der Presse fast täglich erinnern (Tuberkulose, SARS, AIDS), die Verbreitung Antibiotika-resistenter Stämme vieler Erreger, und das Gesundheitsmanagement der älter werdenden Bevölkerung rufen nach neuen, wirksameren und nebenwirkungsarmen Medikamenten.



Biophoto Associates/Photo Researchers.

Abb: Elektronenmikroskopische Aufnahme von Cellulosefasern in der Zellwand von Algen. Die unlöslichen und sehr stabilen Cellulosefasern sind aus linear verknüpften Glucosebausteinen aufgebaut und können durch Cellulasen in kleinere Einheiten abgebaut werden, die dann leicht weiter verwertbar sind.

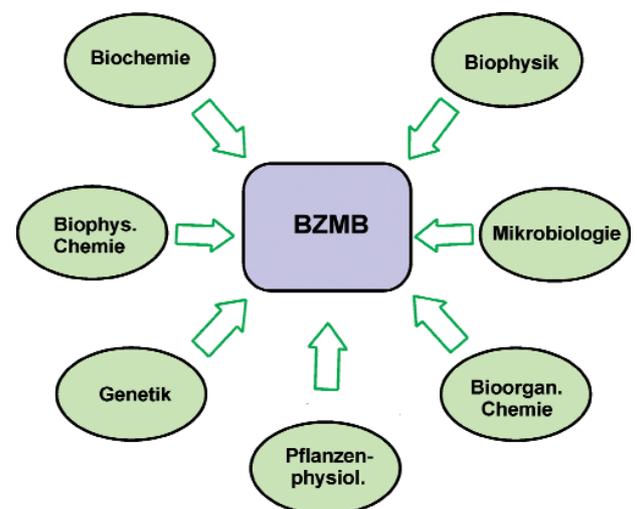
Für die Entwicklung und nebenwirkungsfreie Anwendung von Wirkstoffen muss die Stelle im komplizierten Netzwerk biochemischer Reaktionen des Menschen bekannt sein, wo der Wirkstoff angreifen soll. Der Arzt wiederum sollte in der Lage sein, bei jedem Patienten individuell, diesen biochemischen Knotenpunkt auf Wirkung und Nebenwirkung eines Medikamentes zu überprüfen. Es ist deshalb ein wichtiges Anliegen, handliche, billige, einfache und zuverlässige Analysegeräte für die individuelle Medizindiagnostik



Messzelle zur amperimetrischen Detektion der Nukleinsäure
(Aufnahme Dr. Manfred Stanzel, Siemens AG, Erlangen)

Das Bayreuther Zentrum für Molekulare Biowissenschaften (BZMB)

Das BZMB ist eine zentrale Einrichtung der Universität Bayreuth, die sich vorwiegend mit der molekularbiologischen Grundlagenforschung und den sich daraus ergebenden Anwendungen befasst. Die im BZMB zusammengeschlossenen Arbeitsgebiete reichen von der Biophysik über Biochemie, Bioorganische Chemie, Molekularbiologie, Zellbiologie bis hin zur Materialforschung. Inhaltliche Schwerpunkte sind die Aufklärung der Struktur-Funktionsbeziehungen von Biomolekülen auf molekularer und zellulärer Ebene und die Interaktion von Biomolekülen miteinander sowie mit nicht-biologischen Komponenten. Dabei steht ein fachübergreifender, interdisziplinärer Ansatz im Mittelpunkt. Ein weiteres zentrales Anliegen des BZMB ist es, die Lehre in den Molekularen Biowissenschaften, z.B. im Diplomstudiengang Biochemie, in die Forschungstätigkeit einzubinden und qualitativ zu stärken. Geschäftsführer des BZMB ist derzeit Prof. Ortwin Meyer (Lehrstuhl Mikrobiologie). ■



Arbeitsgebiete
des BZMB

und Therapie der Zukunft zu entwickeln. Die Information über die Wirkung von Medikamenten, Analyse der Gene und/oder die Identifikation von Stoffwechseldefekten eines Patienten sollte nicht mit komplizierten chemischen Detektionssystemen, sondern durch die Messung elektrischer Signale auf einem kleinen, biochemisch speziell präparierten Siliziumchip mit Hilfe entsprechender Signalverarbeitung gewonnen werden.

Ein Projekt am Lehrstuhl Biochemie bearbeitet in Zusammenarbeit mit der Siemens AG das Thema "Amperometrische Analyse biochemischer Reaktionen". Es geht hier darum, ein biochemisches Ereignis mittels eines elektrochemischen Wandlers in einen elektrischen Impuls zu übersetzen und zu verstärken. Diese elektrischen Signale sollen dann mit Hilfe eines Siliziumchips ausgelesen und verarbeitet werden. Als Wandler zwischen biochemischer Erkennung und chemischem Signal dient dabei ein schaltbares Enzym, welches mit einer Chipkarte gekoppelt ist. Dieses System ist der natürlichen Kommunikation zwischen

zwei Nervenzellen ähnlich. Auch die Signale zwischen den Nervenzellen werden über einen chemischen Botenstoff an den Rezeptoren der Nervenzellen zu elektrischen Signalen umgewandelt und weitergeleitet. Wie in unserem System, ist der Schalter ein Enzym, die Acetylcholinesterase. Wir benutzen als Schalter eine robuste, thermostabile Esterase aus einem Organismus, welcher noch bei Temperaturen um den Siedepunkt des Wassers lebensfähig ist und aus den Tiefen des Mittelmeers in der Nähe von Neapel stammt. Dieses Enzym ist so verändert, dass es nach der Erkennung des zu analysierenden Stoffes ein elektrisches Signal am Mikrochip erzeugt, welches mit einem handlichen Gerät ausgewertet werden kann. Die Entwicklung dieser neuen Analysetechnologie erfordert eine ganze Reihe von Methoden, welche am Lehrstuhl etabliert sind oder parallel entwickelt werden, wie zum Beispiel die gentechnische Herstellung von Proteinen in zellfreien Systemen oder die Untersuchung vielfältiger Wechselwirkungen der Nukleinsäuren mit Proteinen. ■

“Der Allrounder” (Chemie/Diplom)

Chemie? Für jeden etwas!

Die Entwicklung der modernen Chemie unterliegt wie viele andere Wissenschaften einem rasanten Wandel, dem auch in der Ausbildung Rechnung getragen werden muss. So beinhaltet der aktuelle Studienplan nicht nur die Vermittlung von klassischem und modernem Basis- und Spezialwissen, sondern auch neuer Tätigkeitsfelder für Chemiker (Informations-Technologie, Toxikologie, Recht, Betriebswirtschaft, etc.).

Das Ziel: Diplomchemiker !

Zur kompakteren Gestaltung des Studiums wurde das europäische Kreditpunktesystem (ECTS) eingeführt, wobei jeder Lehrveranstaltung (LV) eine bestimmte Punktezahl zugeordnet ist. Das klassische Vordiplom ist mit 120 credits, das Hauptdiplom mit 120 weiteren credits und Anfertigung der Diplomarbeit (im Regelfall 6 Monate) erreicht.

Der Einstieg ist jetzt jederzeit sowohl im Winter- als auch im Sommersemester möglich!

Der Ablauf:

Für das Grund- und das Hauptstudium sind jeweils vier Semester vorgesehen, die LVs bestehen aus Vorlesungen (V), Übungen (Ü), Praktika (P) und Seminaren (S).

Das Grundstudium:

Zahl der Semesterwochenstunden / credits

| | |
|-----------------------|-------|
| Allgemeine Chemie: | 6/8 |
| Anorganische Chemie: | 30/33 |
| Organische Chemie: | 31/33 |
| Physikalische Chemie: | 20/26 |
| Physik: | 12/12 |
| Mathematik: | 6/8 |

Das Vordiplom:

Sind durch erfolgreiche Teilnahme an Klausuren und Praktika 120 credits angesammelt, ist der klassische Ausbildungsgrad des Vordiploms (cand. chem.) erreicht.

Das Hauptstudium:

Zahl der Semesterwochenstunden / credits

| | |
|------------------------------------|-------|
| Anorganische Chemie: | 23/26 |
| Organische Chemie: | 22/25 |
| Physikalische Chemie: | 21/23 |
| <i>Wahlfach:</i> | |
| Makromolekulare Chemie: | 18/20 |
| <i>oder</i> | |
| Biochemie/Biophysikalische Chemie: | 18/20 |
| Schwerpunktfach: | 16/18 |
| Toxikologie: | 2/3 |
| Patentrecht: | 1/2 |
| EDV für Chemiker: | 2/3 |

Das Hauptdiplom:

Zum Hauptdiplom sind neben der erfolgreichen Teilnahme an Fachvorlesungen auch Vertiefungspraktika und Seminarvorträge Pflicht. Mit weiteren 120 credits und Anfertigen der Diplomarbeit wird der Titel Dipl. Chem. erworben.



Ohne Computer geht nichts



Spass am Experimentieren

Die Promotion

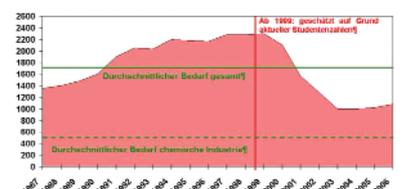
Da die meisten Arbeitgeber jedoch die Promotion als eigentlichen Ausbildungsabschluss voraussetzen, verlässt ein Chemiker die Universität meist als Dr. rer. nat., für die Promotion sind in der Regel drei Jahre notwendig. Meist schliesst die Doktorarbeit thematisch unmittelbar an die Diplomarbeit an.



Der krönende Abschluss: Die Doktorfeier!

Einsatzgebiete und Berufschancen:

Das Fach Chemie/Diplom bietet wie kaum ein anderes eine enorme Bandbreite beruflicher Möglichkeiten. Obwohl ein Grossteil immer noch in Forschungsabteilungen der Industrie ihre Karriere beginnen, findet eine grösser werdende Zahl von Chemikern Anstellung in anderen Gebieten (Umweltschutz, Patentwesen, Marketing, Informations- und Kommunikationstechnologie). Auch der Staat beschäftigt im öffentlichen Dienst eine grössere Zahl von Chemikern (Umweltschutz, Gewerbeaufsicht, Technische Betriebsüberwachung etc.)



Die Chancen stehen gut!

“Der Anwendungsspezialist”

(Polymer- und Kolloidchemie/Diplom)

Plastik, Lack und vieles mehr

Die Polymerchemie sowie die Kolloidchemie sind Fachgebiete größter industrieller Relevanz. Die meisten Gebrauchsgegenstände in unserem heutigen Alltagsleben werden durch Anwendung von polymer- und/ oder kolloidchemischem Know-how maßgeschneidert. Das breit angelegte Studium soll den Absolventen in die Lage versetzen, dem raschen Fortschritt auf diesem Gebiet folgen zu können. So werden bereits im Grundstudium neben den normalen Inhalten des Chemiestudiums entsprechende Fachveranstaltungen eingebunden.

Das Ziel: Diplomchemiker, Studiengang Polymer-Kolloidchemie

Das Studium beginnt jeweils im Wintersemester. Ebenso wie in der Chemie (siehe dort) sammelt der Student credit points und erlangt das Vordiplom mit 120 credits, das Hauptdiplom mit 120 weiteren credits und Anfertigung der Diplomarbeit (6 Monate).

Der Ablaufrahmen:

Für das Grundstudium und das Hauptstudium sind jeweils vier Semester vorgesehen, die Lehrveranstaltungen bestehen aus Vorlesungen (V), Übungen (Ü), Praktika (P) und Seminaren (S).

Das Grundstudium:

Zahl der Semesterwochenstunden / credits

| | |
|--------------------------------------|-------|
| Allgemeine und Physikalische Chemie: | 26/30 |
| Anorganische Chemie: | 28/30 |
| Organische Chemie: | 29/30 |
| Polymer- und Kolloidchemie: | 8/10 |
| Physik: | 12/12 |
| Mathematik: | 6/8 |

Das Vordiplom:

Sind durch erfolgreiche Teilnahme an Klausuren und Praktika 120 credits angesammelt, ist das Vordiplom (cand. chem., Polymer-Kolloidchemie) erreicht.



Sauerstoff darf hier nicht rein

Das Hauptstudium:

Zahl der Semesterwochenstunden / credits

| | |
|--------------------------------------|-------|
| Anorganische Chemie: | 12/13 |
| Organische Chemie: | 12/13 |
| Physikalische Chemie: | 14/16 |
| Makromolekulare Chemie: | 14/16 |
| Kolloidchemie: | 14/14 |
| Angewandte Polymer u. Kolloidchemie: | 10/16 |
| Wahlpflichtfach 1: | 12/16 |
| Wahlpflichtfach 2: | 12/16 |



Blech, Kunststoff und Lack: - Fertig ist der Cadillac

Das Hauptdiplom:

Wegen der grossen industriellen Bedeutung ist im Hauptstudium neben zahlreicher fachspezifischer Lehrveranstaltungen vor Ort auch ein Industriepraktikum eingeschlossen, dessen Abschluss zusammen mit allen anderen Kursen (120 credits) und der Diplomarbeit zum Hauptdiplom führt (Dipl. Chem., Studiengang Polymer-/Kolloidchemie).

Die Promotion

Absolventen mit polymer- und kolloidchemischen Kenntnissen sind sehr gefragt, da mehr als 20% der promovierten Chemiker beruflich mit Problemen aus diesen Forschungsgebieten konfrontiert sind, während weniger als 10% entsprechend fachspezifisch geschult sind, u.a. durch eine Promotion (3 Jahre).

Berufsaussichten:

Von der Milchtüte über die Automatur, von Kosmetika und Waschmitteln bis hin zur Nanotechnologie und der Produktion moderner Arzneimittel reicht das Anwendungsspektrum der Polymer- und Kolloidchemie. Entsprechend weit spannt sich auch das Berufsfeld des Polymer- und Kolloidchemikers von der Grundlagenforschung bis hin zu marktorientierten Produktentwicklungen. Das neue Forschungsgebiet ist so wichtig, dass z.B. derzeit ein vom Bayerischen Staat im Rahmen der "Initiative Bayern" finanziertes Forschungsinstitut Kolloid- und Grenzflächenforschung auf dem Gelände der Universität entsteht.



Teamwork und brainstorming führen zum Erfolg



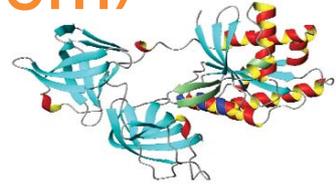
PVC in allen Farben

“Der Molekularbiologe”

Biochemie: Moleküle des Lebens

Galt die Biochemie früher nur als stiefmütterlich behandeltes Teilgebiet der Chemie, so hat sie sich seit der Entschlüsselung der DNA und der damit beginnenden explosionsartigen Entwicklung der Genetik als umfangreiches selbständiges Fachgebiet entwickelt, das auch ökonomisch enorm prosperiert. So teilt sich das Studium in eine kompakte Vermittlung der notwendigen chemischen Grundkenntnisse, worauf dann das Erlernen der modernen Forschungsmethoden in den einzelnen Teildisziplinen (Genetik, Molekularbiologie, Bioorganische Chemie, drug design etc.) erfolgt.

(Biochemie/Diplom)



erfolgreiche Teilnahme an Klausuren und Praktika erreicht werden, um das Vordiplom (cand. biochem.) zu erlangen.



Die belebte Natur erforschen

Pflicht. Um den Einstieg in den modernen Forschungsbetrieb zu erleichtern, ist im Studium zusätzlich die Teilnahme an einem aktuellen Forschungsthema und daraus die Erstellung einer Projektarbeit vorgesehen. Mit weiteren 120 credits und Anfertigen der Diplomarbeit wird der Titel Dipl. Biochem. erworben.

Das Ziel: Diplombiochemiker

Das Studium beginnt jeweils im Wintersemester. Ebenso wie in der Chemie (siehe dort) sammelt der Biochemiestudent credit points und erlangt das Vordiplom mit 120 credits, das Hauptdiplom mit 120 weiteren credits und Anfertigung der Diplomarbeit (6 Mon.). Die Spezialisierung auf das grenzüberschreitende Studium zwischen Biologie und Chemie wird durch frühzeitige Höhergewichtung der entsprechenden Teilaspekte ermöglicht.

Das Studium:

Für das Grundstudium und das Hauptstudium sind je vier Semester vorgesehen, die LVs bestehen aus Vorlesungen (V), Übungen (Ü), Praktika (P) und Seminaren (S).

Das Grundstudium:

Zahl der Semesterwochenstunden / credits

| | |
|-------------------------|-------|
| Anorganische Chemie: | 10/19 |
| Organische Chemie: | 15/19 |
| Physikalische Chemie: | 10/19 |
| Biologie: | 5/22 |
| Biochemie: | 5/21 |
| Physik: | 4/12 |
| Mathematik, Informatik: | 6/8 |

Das Vordiplom

Auch hier müssen 120 credits durch

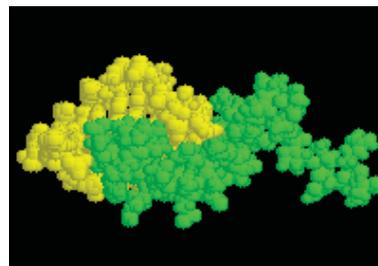
Das Hauptstudium:

Zahl der Semesterwochenstunden / credits

| | |
|--------------------------|-------|
| Biochemie: | 10/25 |
| 3 Fächer aus: | |
| Genetik: | 15/22 |
| Bioorganische Chemie: | 10/22 |
| Mikrobiologie: | 5/22 |
| Biophysikalische Chemie: | 5/22 |
| Wahlfach: | 10/19 |
| Projektarbeit: | 10/10 |

Das Hauptdiplom:

Zum Hauptdiplom sind neben der erfolgreichen Teilnahme an Fachvorlesungen auch Vertiefungspraktika und Seminarvorträge



“Lebende” Moleküle? Moleküle des Lebens!

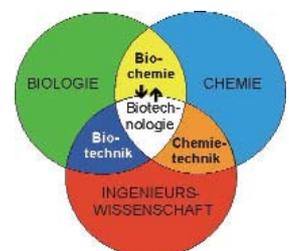
Die Promotion

Da die universitäre Forschung immer mehr in Zusammenarbeit mit der Industrie abläuft und auch zum Teil durch Finanzierung durch die einzelnen Firmen erst ermöglicht wird, kann eine Kooperation des Doktoranden mit der Industrie während der dreijährigen Doktorarbeit den Weg zu einem direkten Berufseinstieg ermöglichen.

Berufsaussichten:

Mit der rasanten Entwicklung auf dem Gebiet der "Life Sciences" und dank zahlreicher Neugründungen von Biotechnologie- und Biomedizin-Firmen haben sich viele neue interessante und lukrative Tätigkeitsfelder aufgetan. So bietet z.B. die Gewinnung neuer Arzneimittel aus biotechnologischer Produktion oder die Resistenzentwicklung bei Futtermittelpflanzen eine enorme Chance für die moderne Biochemie, ihren Beitrag zum Wohle der Menschheit zu leisten. ■

*Der Biochemiker:
Fachspezialist für "trendy technologies"*





*Experimentalgeschick
überzeugt die Schüler!*

Welches Wesen hat fünf Beine und zwei Arme?

Ein Vermittler braucht mindestens zwei Beine, um in jenen Bereichen fest zu stehen, zwischen denen er vermitteln soll/will. Beim zukünftigen Lehrer sind es gleich fünf: die beiden fachlichen Standbeine in den beiden Unterrichtsfächern, meistens Chemie und Biologie, das erziehungswissenschaftliche Bein und zwei Beine in den Fachdidaktiken. Die beiden Arme braucht er auch noch, zum einsetzen von Unterrichtsmedien und zum Experimentieren in diesem klar naturwissenschaftlichen Fach.

Die eigentliche Vermittlung allerdings geschieht zwischen Fachleuten und ihrem Fach sowie Laien auf ihren unterschiedlichen Verständnisebenen, vom interessierten Anfänger über den skeptischen Halbwissenden bis hin zum hochbegabten Kind. Mit einem Höchstmaß an Empathie gilt es zu erkennen, wo Verständnisschwierigkeiten vorliegen und Potentiale gefördert werden wollen - eine Kunst, deren Beherrschung man nicht unterschätzen sollte.

Lösbare Schwierigkeiten

Mit den vielen Beinen taucht eine Reihe von Schwierigkeiten auf:

1. das Problem, dass jeder Fachausbilder nur stets jenes Bein sieht, das in seinem Fach steht. An der Universität Bayreuth wirken wir dem entgegen, indem auf einem Stundenplan alle Belastungen ausgewiesen werden, so dass die zeitliche Verteilung und die Gesamtsumme je Semester für alle Betei-

ligten stets transparent sind. Die gewaltige Breite, die ein Lehramtsstudent bewältigen muss, kommt dabei nicht immer klar zum Vorschein, erwartet man doch von einem Studenten zunehmende Spezialisierung.

2. Wo ist die Heimat eines Fünfüßlers? Fach 1, Fach 2, Erziehungswissenschaften? Didaktik? Zwar gilt der Pass in allen Disziplinen und alle sind gleichermaßen wichtig, aber Fachwissenschaft des Lehrers war und bleibt die Didaktik. Deshalb ist auch die informationelle und betreuerische Heimat der Lehramtsstudenten mit Chemie die Abteilung für Fachdidaktik der Chemie.

3. Leider gilt das Prinzip nicht: je mehr Beine desto schneller das Tier. Deshalb sind Lehramtsstudenten keine Weltmeister im Schnellstudium. Zurzeit dauert es durchschnittlich knapp über 11 Semester, bis man den Abschluss, das erste Staatsexamen, hinter sich hat. Das ist aber an fast allen Universitäten so.

DEN Lehrämter gibt es nicht

Die Ausbildungsspanne an der Universität Bayreuth reicht von einzelnen Scheinen in Chemie bzw. Didaktik der Chemie für den Studiengang Lehramt an Grundschulen oder an beruflichen Schulen über das Studium der Didaktik der Chemie für Grundschule, Didaktik einer Fächergruppe für Hauptschulen bis zum Studium der Chemie (Chemie als Hauptfach für Grundschule und für Hauptschule sowie in Kombination

mit einem weiteren Fach für Realschule) oder zum vertieften Studium der Chemie (Gymnasium). Dazwischen sind zwar stets Wechsel möglich, Zeitverluste aber nicht immer zu vermeiden, da es sich ja um Studiengangwechsel handelt.

Studienschwerpunkte

Im Grundstudium (Semester 1-4) durchläuft der Lehramtsstudent alle großen Teildisziplinen: Anorganische, Organische, Physikalische Chemie. Typisch für das Fach ist dabei der sehr hohe Anteil an Praktika. Im Hauptstudium stehen die Semester 5-6 im Zeichen der vorgezogenen erziehungswissenschaftlichen Staatsexamensprüfung, die folgenden 2-4 Semester in dem der fachlichen Vertiefung, der Fertigung der Schriftlichen Hausarbeit (Zulassungsarbeit) und der Vorbereitung auf das 1. Staatsexamen. Begleitend finden, je nach angestrebtem Lehramt, 4-6 Schulpraktika statt, teils im Block, teils studienbegleitend. In der Chemie wird besonderer Wert auf Methodenkompetenz und Alltagschemie gelegt: Veranstaltungen wie Computereinsatz im Chemieunterricht oder Lebensmittelchemische Schülerexperimente runden Vorlesungen zur allgemeinen Fachdidaktik und Seminare zur Unterrichtsplanung ab. ■



*Ein Schüler aus einer
7. Klasse nutzt den
Lernort Universität
in der Abteilung für
Didaktik der Chemie*

*Ein Student (nicht
im Bild) erprobt
eine im Seminar
entwickelte Unter-
richtseinheit in
einer 9. Klasse
Realschule*



[Weitere Informationen im Internet unter <http://www.uni-bayreuth.de/departments/didaktikchemie/studienberatung/lastudium.htm>]

Chemie für Schüler - Das "Outreach-Programm"

Spaß beim Mitmachen: Das haben sich drei Initiativen vorgenommen, die sich aktiv für die spielerische Begegnung von Schülern unterschiedlicher Altersgruppen mit der Chemie einsetzen. An der Uni Bayreuth sind dies das Labor for Kids, das Netzwerk C#NaT und Chemie zum Ausprobieren.

Für die Kleinsten: Das Labor für Kids



Jeder fängt mal klein an. Das gilt auch für Chemiker. Und mit klein meint Frau Krauss, die am Gymnasium Chemie, Physik und Biologie unterrichtet hat, Kinder von 9-13 Jahren. Die jungen Schüler sind in ihrer Schule meist nur wenig mit Naturwissenschaften in Berührung gekommen und noch sehr neugierig und experimentierfreudig. Frau Krauss hält seit mehr als zehn Jahren in Bayreuth chemische Experimentierkurse ab, die mittlerweile unter dem Namen "Labor for Kids" angeboten werden. Anfänglich wurden die über die Familienbildungsstätte Bayreuth angebotenen Kurse auch dort abgehalten, allerdings war die Ausstattung vor Ort nicht für alle Experimente geeignet, so daß eine neue Unterbringung an der Universität gesucht wurde. Seit 2001 kann Frau Krauss

ihre Kurse in den Laborräumen der Chemie durchführen. Pro Jahr finden am Wochenende ungefähr 20 Kurse in Kleingruppen statt, zu denen 8-10 Kinder kommen können, meistens sind die Veranstaltungen weit im Voraus ausgebucht. Frau Krauss nutzt Dinge des täglichen Lebens, die sich in jedem Haushalt befinden, um den jungen Forschern die Zusammenhänge spielerisch zu erklären. So werden Kristalle aus Kochsalz gezüchtet, die sich später unter dem Mikroskop untersuchen lassen. Aus Rotkohlr lässt sich auf einfache Weise ein Farbstoff gewinnen, der wie Lackmus auf Säuren und Basen reagiert. Die Farbstoffe lassen sich auch zum Sichtbarmachen von chromatographischen Trennungen verwenden oder als Mittel zum Einfärben von Stoffen. Weitere Kurse handeln von Batterien, Photographie, Backen und ersten chemischen Techniken. Auch bei Waschmitteln kommen die Schüler schnell dahinter, ob es sich um Bio-Waschmittel ohne optischen Aufheller handelt oder eine chemische Substanz für zusätzliches Weiß sorgt.

Durch die Chemiekurse werden die Schüler zum Nachdenken angeregt und mit den Hintergründen vertraut gemacht. Der spielerische Umgang mit Alltagschemikalien führt hin zu einem besseren Verständnis der Chemie als einer Wissenschaft, die nahezu alle Bereiche unseres Lebens erleichtert. ■

Kontakt: Familienbildungsstätte Bayreuth
Telefon: 0921-62993
Internet: www.fbs.bayreuth.org

Gemeinsam mit Gymnasiallehrern: C#NaT

Gleich von ganzen Schulklassen kann an der der Universität Bayreuth ein neues Angebot genutzt werden, das von der Robert-Bosch-Stiftung mit dem Projekt "Chemie vernetzt Naturwissenschaften und Technik" (C#NaT) gefördert wird. Dabei soll die Kooperation der Chemie an der



Uni Bayreuth mit Schulen gestärkt und langfristig ausgebaut werden. Im Verlauf der ersten Förderperiode soll über 3 Jahre die Universität als Lernort für den schulischen Chemieunterricht erschlossen werden. Dazu werden Unterrichtseinheiten entwickelt, bei denen besonders die Eigentätigkeit der Schüler im Vordergrund steht, und bei dem ein Produkt herauskommt, das sie mit nach Hause nehmen können. Gleichzeitig wird das neue Schulfach "Natur und Technik", in dem Chemielehrer eine starke Rolle spielen sollen, gestützt und eine fachliche Kommunikationsplattform zwischen Schülern, Lehrern und Fachleuten von der Universität geschaffen. Zurzeit sind drei Themen fertig gestellt und durch Schulklassen nutzbar:

- 1) Was ist der Unterschied zwischen einer Pflanze und einer chemischen Fabrik?
Schüler färben mit natürlichen Farbstoffen. Baumwollbänder

werden mit Krapp und Ochsenzunge zu bunten Lesezeichen. Wollfäden, auch mit Birkenblättern gefärbt, ergeben ein Freundschaftsband.

Wir verfolgen die Frage, wie Chemiker komplizierte Gemische in Einzelkomponenten auftrennen.

- 2) Strom aus Licht - schreiben mit Licht. Vom Lehrstuhl Makromolekulare Chemie I betreut Prof. Peter Strohriegl die Herstellung einer organischen Solarzelle bzw. das Ätzen eines Bildes in Kupfer. Organische Solarzellen können in Zukunft eine kostengünstige Alternative zur Silicium-Technologie werden. Bilder ätzen mit Hilfe von Photolack ist ein Modell für die Herstellung von integrierten Schaltkreisen (IC).
- 3) Wir reisen in die Nanowelt. Musik auf CD-ROM und DVD sehen - Atome sehen. Vom Lehrstuhl für Physikalische Chemie II aus werden unter der Leitung von Dr. Wolfgang Häfner Elektronen- und Kraftmikroskopie vorgestellt, Techniken, die Bilder von weit jenseits der Auflösung eines Lichtmikroskopes ermöglichen.

Ende des Jahres werden zwei weitere Einheiten zur Verfügung stehen: "Duft- und Aromastoffe" sowie "Chemie und Technik aus dem Alltag". Die Koordination und Organisation von Klassenaufhalten liegt bei der Abteilung für Didaktik der Chemie. Allein in der

Erprobungsphase waren bisher 10 Schulklassen da, woraus sich 3 Themen für Einzelschüler zur Teilnahme an Wettbewerben, und daraus ein Bayern-Sieger bei "Schüler experimentieren" ergeben haben. ■

Kontakt: W. Wagner, Didaktik der Chemie
Telefon: 0921-553103
www.uni-bayreuth.de/departments/didaktikchemie/cnat/einfuehrung.htm

Schnupperstudium: Chemie zum Ausprobieren

Um Schülern hautnahe Einblicke in die Praxis des Chemikers zu ermöglichen, wurde die Veranstaltung Chemie zum Ausprobieren für Gymnasiasten der Jahrgangsstufen 11-13 ins Leben gerufen. Dabei werden die Teilnehmer innerhalb von drei Tagen durch nahezu sämtliche Bereiche von Chemie und Biochemie an der Uni Bayreuth geführt. Das Schnupperstudium ist aufgeteilt in sechs halbtägige Stationen und wird durchgeführt von Mitarbeitern der verschiedenen Arbeitskreise, die den Schülern ihre jeweiligen Spezialgebiete in einer authentischen Umgebung anschaulich nahebringen. Dabei wird besonderen Wert gelegt auf die vielfältigen Themen und unterschiedlichen Arbeitsumgebungen, die innerhalb der Fachgruppe Chemie existieren. Für die angesprochene Altersgruppe ist dabei der direkte Kontakt zur praktischen Arbeit in echten Laboratorien eine

Anregung um chemische Fächer an der Schule stärker zu belegen oder um bereits eine Auswahl für ein späteres Studium treffen zu können. Das Spektrum der Themen an den einzelnen Stationen umfasst zum Beispiel das Sichtbarmachen von Reaktionen durch Dün-



schichtchromatographie in der Organischen Chemie. Anschließend erfahren die Schüler in der Physikalischen Chemie wie der sonst überquellende Schaum eines Waschmittels in der Waschmaschine durch eine Mischung aus Silikonöl und fein verteilter Kieselsäure reduziert werden kann. Später werden durch hochmoderne Rasterkraftmikroskopie Atome und Moleküle auf Oberflächen sichtbar gemacht. Die Eigenschaften von Proteinen werden in der Biochemie durch Kernresonanz untersucht und diese dann 3-dimensional am Computer dargestellt. In der Anorganischen Chemie wird eindrucksvoll gezeigt, daß man mit Unkrautvernichter auch Gummibärchen zum Brummen bringen kann oder wie man bei der Gluthitze von 2000° Kristalle züchtet, die unter dem Mikroskop für eine Röntgenuntersuchung ausgewählt werden. Schließlich stellt die Makromolekulare Chemie vor, daß man mit Kunststoffen, die den Strom leiten, neue Farbdisplays erzeugen kann. Das Schnupperstudium wird seit dem Jahr 2000 jährlich zu drei Terminen angeboten und erfreut sich großer Beliebtheit. Interessant ist, daß sich zunehmend auch Schüler aus weit entfernten Schulen in Bayreuth informieren. Durch die Mischung aus spannenden Vorführungen und eigenen Experimenten wird gezeigt, daß die Chemie ein sehr vielfältiges und abwechslungsreiches Berufsfeld ist. ■

Kontakt: Carlo Unverzagt, Telefon: 0921-552670
www.uni-bayreuth.de/departments/bcg/schnupper.html



Prof. Dr. Heiko Hausendorf



Wissenschaftlicher Werdegang

Der 1959 im westfälischen Herford geborene Heiko Hausendorf studierte an der Universität Bielefeld die Fächer Deutsch und Geschichte für das Lehramt der Sekundarstufe II (gymnasiale Oberstufe). Den Ausgangspunkt für die Zuwendung zur Sprachwissenschaft lieferte die Mitarbeit in verschiedenen linguistischen Forschungsprojekten, darunter auch ein Forschungsprojekt an der Universität Ulm zur Kommunikation in der Klinik-Seelsorge. Daraus ging seine Dissertation "Gespräch als System" hervor, die er in Bielefeld 1987 vorgelegte. Danach forschte er im Rahmen eines DFG-Projekts zur Entwicklung kindlicher Erzählfähigkeiten, vertrat in der Lehre u.a. die Didaktik der deutschen Sprache und nahm an einer internationalen Forschungsgruppe zum Wandel nationaler Selbst- und Fremdbilder teil. In seiner Habilitation ("Zugehörigkeit durch Sprache") untersuchte er am Beispiel der deutschen Wiedervereinigung

sprachlich-kommunikative Aspekte gruppenbezogener Stereotype und Vorurteile. Nach seiner Habilitation (1997) hat er u.a. in Dortmund eine Professur für Linguistik der deutschen Sprache vertreten und in Wien als Gastprofessur am Institut für Sprachwissenschaft gearbeitet.

Fachgebiet

Das Fachgebiet von Hausendorf ist die Germanistische Linguistik, vor allem in ihrer kommunikationsorientierten Ausprägung als Text- und Gesprächslinguistik: In der pragmatisch und textlinguistisch orientierten Germanistischen Linguistik geht es darum, formorientierte Beschreibungen des Deutschen für die konkrete Verwendung von Sprache in mündlichen und schriftlichen Gebrauchszusammenhängen fruchtbar zu machen. Wie man Dinge mit Worten und Texten tut: das ist die allgemeine Formel dafür zu untersuchen, wie wir im Alltag, in der Regel ohne darüber nachdenken und grübeln zu müssen, unsere Muttersprache benutzen, um beispielsweise so unterschiedliche Dinge zu tun wie: ein 'nettes Gespräch' zu führen oder eine Zeugenaussage vor Gericht zu machen; und seit einiger Zeit auch: elektronische Nachrichten (*emails*) zu versenden und am Computer mit anderen zeitgleich zu *chatten*. In all diesen und vielen anderen Fällen mehr geht es darum zu untersuchen, wie wir mit den sprachlichen Formen unserer Muttersprache, also mit Hilfe von Grammatik und Lexikon des Deutschen, diejenigen Mittel und Verfahren zum Ausdruck bringen, mit denen die jeweils anliegenden kommunikativen Aufgaben bearbeitet und 'gelöst' werden.

Aktuelle Forschungsinteressen

Zusammen mit einem Soziologen der Universität Bielefeld leitet und koordiniert Hausendorf zur Zeit ein interdisziplinär und international zusammengesetztes Forschungsprojekt der Europäischen Union über kommunikative Prozesse im Rahmen der Bürgerbeteiligung ('Partizipation') an der Genehmigung gentechnischer Anwendungen. In diesem Projekt wird untersucht, mit welchen sprachlichen Formen und Mitteln in der Auseinandersetzung um eine gesellschaftlich brisante Technik (-entwicklung) soziale Positionierungen (z.B. zwischen 'Gegnern' und 'Befürwortern', 'Experten' und 'Betroffenen') vorgenommen werden und wie sich die politisch-rechtliche Rahmung der Bürgerbeteiligung auf die Dynamik dieser sozialen Positionierungen auswirken kann. Dieses Projekt ist zugleich Ausdruck eines allgemeineren Forschungsinteresses, das Hausendorf mit dem Gegenstand der Fach- und Wissenskommunikation verbindet: also mit Erscheinungsformen von Kommunikation, die durch ein besonderes Maß an Fachlichkeit und Professionalisierung sowie durch einen besonderen Anspruch auf Erzeugung, Anwendung und Vermittlung von Wissen gekennzeichnet sind. Gefragt wird durchgängig danach, wie sich Fachlichkeit und Expertise sprachlich manifestieren und in welchen sprachlichen Formen Erzeugung, Anwendung und Vermittlung von Wissen bewerkstelligt werden. Empirisch aufgespürt werden Phänomene dieser Art z.B. anhand spezialisierter 'Textsorten', in denen sich Fachlichkeit bis in die Grammatik konkreter Formulierungen hinein nachweisen lässt. ■

Prinz Albert und das universitäre Studium in Cambridge

oder ein historisches Argument für den Nutzen neuer Studiengänge¹

Prinz Albert von Sachsen-Coburg und Gotha hat seit seiner Heirat mit der englischen Königin Victoria im Jahr 1840 seine Stellung als "Prince Consort" nicht zuletzt dadurch ausgefüllt, dass er die Leitung einer ganzen Reihe von wissenschaftlichen Gesellschaften übernahm. Seine weit gestreuten Interessen, sein Ehrgeiz und sein Arbeitsethos verhinderten, dass er solche Ämter als formale Auszeichnungen betrachtete; er traute sich vielmehr zu, jeweils auch seinen eigenen Beitrag zu leisten, was im übrigen zu einem regen Wissenschafts- und Kulturaustausch zwischen England und Deutschland führte. Sein Engagement brachte ihm auch Spott ein. Im März 1847 machte PUNCH seine Wahl zum Kanzler der Universität Cambridge zum Thema (Abb. 1).

Angespielt wird auf die Fülle der verschiedenen Ämter, in denen allen Albert eine gute Rolle spielen möchte, und zu denen nun als neueste Würde die des universitären Kanzlers kommt. Die Forschung ist sich darin einig, dass Prinz Albert während einer für die Universität Cambridge außerordentlich wichtigen Reformphase eine konstruktive Rolle gespielt und damit der Universität genutzt hat. Ganz besonders wird dabei sein Beitrag hervorgehoben zu den neuen Examina, die 1849 von der Universität eingeführt wurden.

Dabei war die Wahl zum Kanzler in Cambridge keineswegs selbstver-

ständig. Aus zeitgenössischer Sicht waren die Wahlchancen als Ehemann der Monarchin sogar äußerst gering. Dass Albert dennoch gewählt wurde, lag an hochschulpolitische Entwicklungen in England und in Cambridge, die sich als überaus günstige Voraussetzungen für seine Kandidatur erwiesen. Damit ist vor allem der zunehmend lauter werdende Ruf nach Reformen gemeint, die im Studiensystem Cambridges Platz greifen sollten. In der Kritik standen vor allem die Universitätsverfassung, weil sie von den Colleges und deren partikularen Interessen dominiert werde, und die Studieninhalte.

Die Verfassung bestand aus den unter Elisabeth I. im Jahr 1570 verabschiedeten Statuten und einigen Verfügungen aus der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts. Sie war eine Art Bestandsschutz für Verhältnisse, die selbst Zeitgenossen einen bizzaren Eindruck vermittelten und drei charakteristische Merkmale besaßen:

1. die Universität bestand im wesentlichen aus 17 Colleges, die die Fellows auswählten und bezahlten und für die akademische Lehre ihrer jeweiligen Studenten sorgten. Eine untergeordnete Rolle sowohl in der Lehre als auch in der Höhe der Besoldung spielten hingegen die lediglich 17 Universitätsprofessoren, obwohl sie zum Teil einen sehr guten Ruf hatten.

2. Die Fellows waren nahezu alle Kleriker der Kirche von England. Sie meisten von ihnen warteten darauf, Cambridge zu verlassen, besser bezahlte kirchliche Funktionen zu erhalten und dann auch heiraten zu können. Nicht anders verhielt es sich bei den Studenten. In den 10 Jahren vor Beginn von Prinz Alberts Kanzlerschaft nahm Cambridge ca. 4000 Studenten auf, von denen 3000, also zwei Drittel, einen Abschluß erwarben. Dazu war nur berechtigt, wer sich zur Anglikanischen Kirche bekannte; 70 Prozent der Examinierten wiederum erhielten einen Weihegrad, d. h. dass von allen Studenten Cambridges in den 10 Jahren ungefähr die Hälfte in den Klerus der Kirche von England ging.

3. Unter den Prüfungen und Lehrangeboten spielten die theologischen Fächer aber keineswegs die besondere Rolle, die man aufgrund der genannten Zahlen erwarten könnte. Vielmehr waren die beiden wirklich bedeutenden und dementsprechend nachgefragten Prüfungen die in Mathematik und in Classics. Ein Honours Degree war nur in Mathematik möglich, und nur wer dabei gut abschnitt, konnte sodann noch die Prüfung in Classics ablegen. Da dies wenige taten, ergab sich in Cambridge eine ausgesprochen enge Verbindung von Klerus und Mathematik; diese Wissenschaft besaß an der Universität seit

¹ Kurzfassung von: Prinz Albert und das universitäre Studium in Bonn und Cambridge, in: *In the Footsteps of Queen Victoria: Wege zum Viktorianischen Zeitalter*, hg. v. Christa Jansohn, Münster 2003, 201-224.

Newton höchstes Renommee, und ihr Studium sollte die Fähigkeit zu strikt logischem und rationalen Denken vermitteln.

Als die Wahl Alberts zum Kanzler erfolgte, war bereits seit langem eine Diskussion im Gange zwischen Verteidigern dieser traditionellen Verhältnisse und denen, die darauf verwiesen, dass eine solch einseitige universitäre Bildung nicht mehr den Anforderungen der Lebenswelt entspreche und daher zu verändern sei. Es wurde allgemein erwartet, dass John Russell, der 1846 Prime Minister eines liberalen Kabinetts wurde und einer der prominentesten Befürworter von Universitätsreform war, von politischer Seite aus die Reform energisch in Gang setzen würde. Als im Februar 1847 die Wahl Prinz Alberts zum Kanzler erfolgte, schien er am besten geeignet, mit der Regierung Russell zurecht zu kommen. Viele, die sich der Einsicht unvermeidlicher Reformen nicht verschlossen hatten, erwarteten von ihrem neuen Kanzler, dass er seine Universität so gegen politische Pressionsversuche

abschirme, damit sie in der Lage sei, diese Reformen selbst auf den Weg zu bringen.

Für einige Zeit gelang es Prinz Albert tatsächlich, den auf Reformen drängenden Prime Minister dazu zu bewegen, staatliche Initiativen aufzuschieben, um der inneruniversitären Reform Gelegenheit zur Entfaltung zu gewähren. Er war daran meist selbst beteiligt und unterstützte im wesentlichen drei Ziele einer Reform: eine Ausweitung der Zahl der Studienfächer, eine Schmälerung des Einflusses der Colleges auf das universitäre Geschehen und eine Erhöhung der Hörerzahl in den Lehrveranstaltungen der Professoren. Es war von großer Bedeutung, dass auch einflussreiche Universitätslehrer aus Cambridge das Reformbedürfnis verspürten und deshalb die Kooperation mit ihm suchten, so der Master von St Catherine's Henry Philpott und der Professor für Geologie Adam Sedgwick; ein wichtiger Berater wurde außerdem der von Russell als Prime Minister abgelöste Robert Peel.

Bereits im Oktober 1847 beschrieb Philpott, der zu diesem Zeitpunkt Vice-Chancellor war, dem Prinzen in einem ausführlichen Memorandum die Lehrsituation. Als Problem wurde dabei deutlich, dass die Professoren zwar Vorlesungen hielten, diese aber nur von wenigen Studenten besucht wurden, da ihr Besuch freiwillig war und selten Bedeutung für die Examina hatte. Nach einem Vorschlag Philpotts, dem Prinz Albert zustimmte, sollte die allmähliche Einführung von Prüfungen in neuen Fächern neben den traditionellen in Mathematik und Classics Abhilfe schaffen, denn nur durch den Prüfungsdruck wurde erfahrungsgemäß das Interesse der Studenten am Besuch von Lehrveranstaltungen in anderen Fächern geweckt.

Tatsächlich kamen an der Universität Reformbemühungen dieser Art in Gang, deren Befürwortern sicherlich zustatten kam, dass Prime Minister Russell im Herbst 1847 mit seinem Vorschlag für eine königliche Reformkommission hervortrat. Prinz Albert hat sich in einem Brief an Russell persönlich dafür verwendet, dass die Regierung sich zunächst noch zurückhalte, damit die Reformbemühungen der Universität selbst sich entwickeln könnten. Die Universität brauchte tatsächlich einige Zeit. Die sich darüber entzündenden, erregten Debatten zeigten, dass die Reformbereitschaft unter den Fellows keineswegs allgemein verbreitet war. Die Gegner argumentierten konservativ, indem sie auf die Bedeutung verwiesen, die Mathematik und klassische Sprachen für eine intellektuelle Schulung besaßen. Ihnen schien nicht gewiß, dass ein stärker auf der Vermittlung von Forschungserkenntnissen beruhendes Studium dieselben Zwecke erreichen und übertreffen würde. Der bedeutende Mineraloge William Whewell, der ohne Zweifel ein grundsätzlicher Befürworter der Reformbemühungen war, erhob



PRINCE ALBERT "AT HOME."

WHEN HE WILL, SUSTAIN (NO END OF) DIFFERENT CHARACTERS.

hinsichtlich der Studieninhalte die Forderung, naturwissenschaftliche Entdeckungen sollten erst nach einhundert Jahren im akademischen Unterricht gelehrt werden. Er fürchtete, das Ansehen der Professoren bei den Studenten könnte leiden, wenn vermeintlich sicheres Wissen ständig revidiert werden müßte. Robert Peel trat dieser Forderung schroff entgegen und sah in ihr eine Absurdität, die der schlimmste Feind der Universität hätte ersinnen können. Hier zeigten sich tiefgreifende Meinungsverschiedenheiten über die Frage, in welchem Ausmaß die Lehre forschungsorientiert gestaltet werden sollte.

Das Ergebnis der Reformbemühungen waren eine Reihe von Änderungsbestimmungen für die bestehenden Studiengänge und vor allem zwei neue Triposes in Naturwissenschaften und in Geisteswissenschaften, die erstmals 1851 geprüft wurden. Der naturwissenschaftliche Tripos (Natural Sciences) umfaßte als Teilfächer Anatomie, Vergleichende Anatomie, Physiologie, Chemie, Botanik und Geologie; der geisteswissenschaftliche Tripos (Moral Sciences) bestand aus den Fächern Ethik, Volkswirtschaft, Neuere Geschichte, Allgemeine Rechtswissenschaften und Englisches Recht. Wie lebhaft die Auseinandersetzung darüber war und wie die britische Öffentlichkeit daran Anteil nahm, hat PUNCH im Jahr 1848 treffend illustriert (Abb. 2).

Das Thema ist die Auseinandersetzung um die neuen Studiengänge, hier als Moral Sciences und Physical Sciences martialisch zitiert, deren Gegner auf der linken Bildseite das alte System von Mathematik und Classics offenbar vergeblich gegen den Ansturm der Truppen des Prinzen Alberts zu verteidigen suchen, der persönlich mit der Fahne seinen Truppen so voranstürmt, wie es nach populären Darstellungen Napoleon auf seinem Italienfeldzug tat, als er 1796 bei

Arcoli in scheinbar aussichtsloser Lage die Schlacht für sich entschied. Es wird vorausgesetzt, dass der Leser diese Anspielung versteht. Auch der Ausdruck "Pons Asinorum" konnte bei den - wie oben dargelegt - zahlreichen in Mathematik geschulten Mitgliedern

Vielfalt der Fächer und Prüfungen angeboten wurde. Nicht mehr allein die allgemeine Schulung in mathematischer Logik und klassischen Sprachen sollte den Master of Arts heranbilden, sondern daneben sollten gleichwertige Angebote der Geistes- und Naturwissenschaften



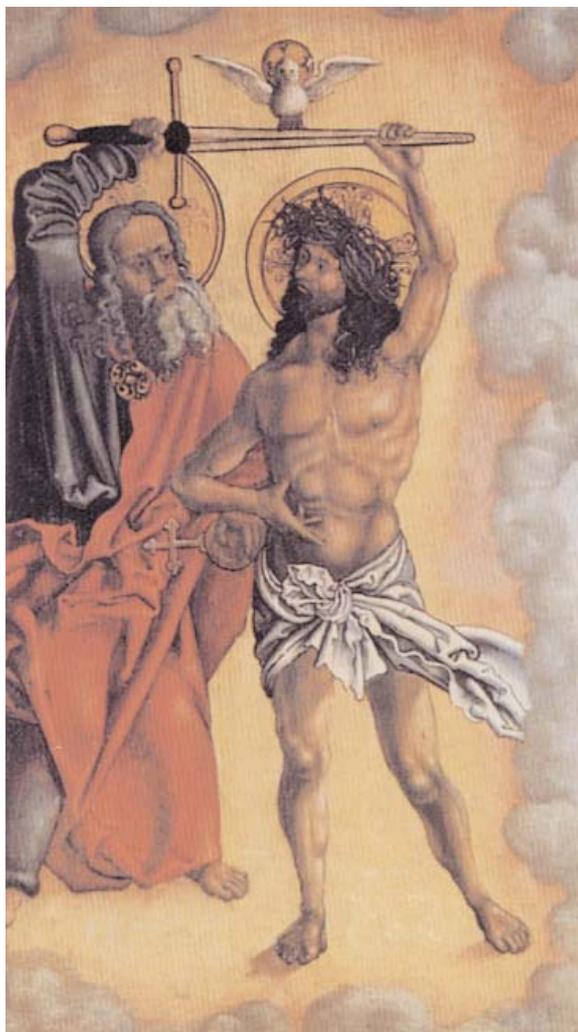
H.R.H. FIELD-MARSHAL CHANCELLOR PRINCE ALBERT TAKING THE PONS ASINORUM.
AFTER THE MANNER OF NAPOLEON TAKING THE BRIDGE OF ARCOLE.
aus: Punch Vol. XV, London 1848, p. 225.

der englischen upper class Assoziationen wecken, da die fünfte Proposition in den Elementen des Euclid als Eselsbrücke bezeichnet wurde. Die hiermit eingeleitete Erweiterung der Prüfungs- und Fächerstruktur war erst langfristig von größerer Bedeutung, weil sich erst allmählich Studierende fanden, die sich den neuen Prüfungen unterzogen. Gleichwohl bezeichneten sie - von heute aus gesehen - doch einen fundamentalen Wandel: An die Stelle der Pflege formaler Bildung an traditionellen Stoffen trat die Vermittlung aktueller, mit fortschreitendem Erkenntnisgewinn sich ständig erneuernder Inhalte. Es war zugleich der Anfang einer fortschreitenden Spezialisierung der Studiengänge, wodurch die universitäre Bildung in Cambridge in einer damals noch ungewohnten

treten, die als Gegenstand des Studiums und der Prüfung jeweils ein breites Fächerspektrum abdeckten. Das war für das Oxbridge System etwas ungewohnt Neues, wie sich auch an der Bewertung des Herzogs von Wellington ablesen läßt, des Kanzlers der anderen Universität, der 1850 in einer Rede im Oberhaus beteuerte, auch Oxford werde erforderliche Verbesserungen vornehmen, jedoch ohne die Absicht zu haben, "to introduce German projects, or any system of that kind, into the system of education now in force in the University of Oxford". Das belegt, wie in der Zeit selbst öffentlich und an prominenter Stelle das Ausmaß und die Art des Einflusses wahrgenommen wurde, den Prinz Albert auf die jüngsten Reformen in Cambridge genommen hatte. ■

Werner H. Ritter*

Opfer und Erlösung



Das Kreuz war im Christentum lange Zeit Sinnbild und Inbegriff des Erlösungsgeschehens: Christus ist am Kreuz "für uns gestorben", und durch sein Opfer sind wir erlöst - das galt traditionell in unserem christlichen Kulturraum als *magnus consensus* der Christenheit. Dieser wird seit geraumer Zeit kritisch in Frage gestellt und bestritten. Offenkundig macht die Vorstellung vom sogenannten stellvertretenden Opfer Christi heutigen Menschen Schwierigkeiten, wahrscheinlich aus zwei Gründen: Zum einen sei eine menschliche Person im Wesentlichen unvertretbar, zum anderen liefe eine stellvertretende Lebenshingabe der neuzeitlichen Rede vom Menschen als autonomem Subjekt direkt zuwider. Dementsprechend stößt man sich nicht nur am Opfer als einer überholten Vorstellung, sondern behauptet, ein "liebender Gott will keine Opfer!" (Adolf Holl). Ist die Opfertod-Vorstellung heute obsolet und antiquiert und folglich theologisch aufzugeben, oder können wir ihr etwas abgewinnen, was Dimensionen der Wirklichkeit und des christlichen Glaubens erschließt?

Wer unsere religiöse Gegenwartskultur aufmerksam wahrnimmt, kann hier zwei sich prima facie durchaus widersprechende Beobachtungen machen: Zum einen wirkt herkömmliches christliches Verständnis von Erlösung durch den Opfertod Jesu Christi in der Tat oft überholt. Wo nämlich die Worte Erlösung und Opfer fest an christlich-religiöse Traditionsbestände gebunden sind, nimmt heute im Gefolge von Säkularisierung und Moderne ihre Bedeutung ab. Andererseits finden sich unübersehbar gegenläufige Ten-

denzen und Hinweise darauf, dass Opfer, Erlösungsphänomene und Erlösungssehnsüchte aus der Lebenswelt heutiger Menschen nicht einfach verschwunden sind, sondern - oft in transformierten Gestalten und "gebrochen" - neu und anders da sind, wie die mannigfache Rede und Inszenierung von Opfern in Lebenswelt und Popularkultur eindrücklich zeigen kann. Ohne die berechtigte Kritik an einer überzogenen Rede vom Opfertod Christi herunterspielen zu wollen, meine ich: Erlösung als Opfer qua Lebenshingabe verstanden kann nicht nur einen neuen Blick auf ein altes Wort werfen, sondern auch ein befreiendes Lebensangebot für uns sein und damit exemplarisch einen wichtigen Beitrag des christlichen Glaubens zur Wirklichkeitserschließung leisten.

Erlösung ohne Opfer

Nun ist in der Tat im Alten und im Neuen Testament, im Judentum wie im Christentum Erlösung nicht unabdingbar an das Opfer gebunden. Es gibt auch Erlösung ohne Opfer. Gottes Erlösungshandeln erschöpft sich für Judentum nicht im Tempelopfer und für das Christentum nicht im Opfertod Jesu Christi. Letzteres zu behaupten, wäre eine massive Verengung jüdischer und christlicher Erlösungssemantik in Geschichte und Gegenwart. In der hebräischen wie in der christlichen Bibel sowie im alltäglichen Leben ist in breiter Streuung von lösen, erlösen, Erlösung die Rede, ohne dass damit ein Lebensopfer im oben gezeigten Sinne notwendig verbunden wäre. Erlösung als gesamt-biblisches Befreiungsgeschehen

* Professor Dr. Werner H. Ritter ist Inhaber des Lehrstuhls Evangelische Theologie II/ Religionspädagogik und Didaktik des Religionsunterrichts

verstanden, kann sich auch ohne Kreuz und Opfer vollziehen. Man denke an

- Männer und Frauen wie Abraham und Sara, die vom Fluch der Kinderlosigkeit erlöst werden;
- ein kleines Volk, das vor Zeiten vom Joch der ägyptischen Gefangenschaft und auf dem Zug durch die Wüste von Durst und Hunger befreit wird;
- Frauen und Männer, Kinder und Jugendliche, die in alt- und neutestamentlicher Zeit und auch heute zeichenhaft "in Gottes Namen" von körperlichen, seelischen und geistigen Gebrechen geheilt werden;
- Menschen, die sich nach jener eschatologischen Erlösung sehnen, bei der Gott alle Tränen von ihren Augen abwischen wird; der Tod nicht mehr sein wird, noch Leid noch Geschrei noch Schmerz mehr sein werden; "denn das Erste ist vergangen" (vgl. Offb 21, 4).

Dies sind alles biblische menschlich-göttliche Exempla von Erlösung im Alltag der Welt, die die hohe Relevanz göttlichen Erlösungshandelns in anthropologischen, kosmologischen, christologischen und eschatologischen Dimensionen vor Augen führen und sie nicht nur auf Sünde beziehen, wie es v.a. in der westlichen Dogmengeschichte der Fall war. Dies wertet die christologische Opfervorstellung nicht ab, setzt sie aber zu anderen biblischen Erlösungsvorstellungen in Beziehung. Dementsprechend muss man, meine ich, den theologischerseits häufig christologisch-soteriologisch enggeführten Erlösungsbegriff dimensional weiten und auf das Leben in seiner Gänze zu beziehen. Erlösung hat, wie aufgezeigt, im Ersten, aber auch im Zweiten Testament, da von ihr vielfach und vielfältig die Rede ist, eine breite und gestreute Semantik.

Hier wie dort gibt es nämlich viele "kleine" Erlösungen und Erlösungsgeschichten, nicht nur die eine große.

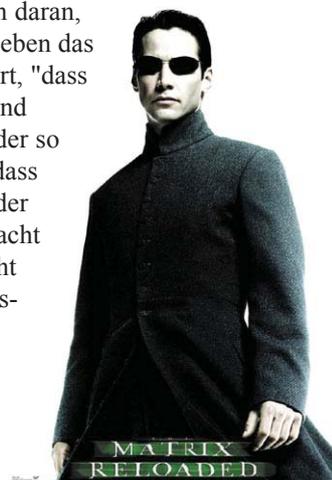
Erlösung durch Opfer

Wo allerdings im Zusammenhang des Kreuzes und der Lebenshingabe Christi explizit vom Opfer die Rede ist, dort ist in aller Regel Erlösung auch an die Opfervorstellung bzw. den Opfermythos gebunden. Die hier gemeinte Erlösung ist einem wichtigen neutestamentlichen Überlieferungsstrom (vgl. etwa Eph 1,7; Röm. 5,9; 1. Joh. 1,7) zufolge in der Tat nicht ohne das Opfer zu haben: Der Preis der Erlösung ist das Opfer. Mag sein, dass Gott die Welt auch hätte anders erlösen können als durch das Kreuz und das bittere Leiden und Sterben seines Sohnes; aber Gott hat sich nach der Auffassung eines breiten neutestamentlichen Überlieferungsstromes offensichtlich diesen Weg ausgesucht, der ihm "gefiel" (vgl. 1. Kor 1,21). Insofern kann und muss man im christlichen Glauben sicher auch weiterhin von der "Erlösung durch das Sterben und die Auferstehung Jesu Christi" als einer fundamentalen und notwendigen Erscheinungsweise des Erlösungshandelns Gottes sprechen. Es ist dies eine wichtige biblisch begründete Sicht der Dinge, die Wirkung dieses Opfertodes als Erlösung zu bezeichnen - sicher nicht die einzige, wenn auch diese Verbindung, vor allem für die christliche Normaldogmatik, freilich unter Verkennung der biblischen Interpretationsvielfalt, fast ausschließlich traditions- und stilbildend geworden ist. Das Neue Testament selbst sucht ja Sterben und Tod Jesu Christi mit einer Reihe weiterer Be-Deutungen zu

verstehen und seinen "Sinn" "für uns" zu erschließen: z.B. Loskauf, Lösegeld, Liebe Gottes, Propheten- und Märtyrertod, notwendiges Geschehen, Geschick des leidenden Gottesknechts, Versöhnung Gottes, Lebenshingabe; denn auch diese Erlösung lässt nicht nur eine Deutung zu, sondern verschafft sich mehrfachen Ausdruck und zeigt zudem, dass man davon letztlich "nur" in Bildern sprechen kann.

Opfer als Lebensangebot

Zwar leben und denken wir nicht mehr in der Vorstellung des antiken Opferkultes, andererseits konnte bislang keine Gesellschaft, nicht einmal die Moderne, ohne Opfer existieren. Während archaische Gesellschaften bewusst auf Opfer ausgerichtet waren, möchte die moderne Gesellschaft ohne Opfer auskommen, vergeblich freilich, da sie sie selbst mitproduziert. Opfer sind "irgendwie" unvermeidlich, wie uns ein Blick in Lebenswelt und Popularkultur zeigen kann - das Verlangen nach Erlösung offensichtlich ebenso. Zum Leben gehört das Opfer. Opfer werden gebracht und gemacht. Auch wenn der Hebräerbrief vom "Ein für allemal" des Opfers Jesu Christi (10, 10) spricht und das Opfern damit an ein Ende gekommen scheint, erinnern uns Alltag und Medien daran, dass zum Leben das Opfer gehört, "dass es so war und immer wieder so sein wird, dass immer wieder Opfer gebracht und gemacht werden müssen" (Inge Kirsner). Wie viele Menschen "opfern sich



[Quelle Abbildung Matrix vom 17. Juni 2003:
<http://www.poster.at/Matrix-The/Matrix-The-Reloaded-Teaser-Neo-4100406.html>]

auf" für ihre alten Eltern, für ihren pflegebedürftigen Lebenspartner, für ihr unheilbar krankes Kind? So haben Christen und Christentum gewiss gute Gründe, auch heute die Geschichte vom unschuldigen und stellvertretenden Leiden und Sterben Jesu Christi und von dem Gott zu erzählen, der das ihm Liebste drangibt und "opfert", um so die Menschen und seine Welt wieder für sich zu gewinnen und aus der Entfremdung heimzuholen. Die

condition humaine, der zufolge Menschen spüren und realisieren, dass sie unerlöst leben, macht solche Erzählung und Darstellung notwendig und sinnvoll. Die Begriffe Stellvertretung, Sühne, Opfer mögen juristisch-juristisch problematisch geworden sein, aber als Ausdruck personaler Beziehung sind sie auch heute von unvergleichlicher existenzieller Bedeutung. Stellvertretung geschieht, wo ich definitiv nichts mehr für mich tun kann und absolut auf Andere angewiesen bin, die für mich eintreten. Liebende stehen füreinander ein und sind bereit, für den Anderen zu leiden und Opfer zu bringen, bis hin zum Lebens-Opfer. Dies macht es nötig, einen positiven Opferbegriff zu gewinnen, und zwar nicht allein aus Rücksicht auf die christliche Tradition, sondern aus grundsätzlichen anthropologischen Erwägungen heraus. Gutes Leben ist nämlich auf Dauer ohne den selbstlosen Einsatz für den Anderen, die Lebens-Hingabe an den Anderen nicht möglich. Wo es im Neuen Testament im Zusammenhang des Todes Christi um Opfer geht, ist nicht die Tötung und der Tod Jesu das Entscheidende, sondern das Motiv der Gabe bzw. Dahingabe Gottes oder Jesu Christi (vgl. Joh. 3, 16; 15, 13). Unternimmt man den Versuch, die vielen umlaufenden

Be-Deutungen des Kreuzestodes Christi in aller Vorsicht begrifflich in theologischer "Logik" zu konzentrieren, so lässt sich die Lebens-Hingabe Christi "für uns", "uns zugut" als deren (vielleicht) kleinster gemeinsamer Nenner bezeichnen. Auf jeden Fall ist das Hingabe-Modell nach wie vor in unserer kulturellen Kompetenz vorhanden und kann eine Analogiefunktion übernehmen, die

"blutige Gewalt" eher, als dass es sie fördert, weil es das Konfliktpotenzial einer Gesellschaft konstruktiv transformiert. Die Transformationskraft des Opfers besteht darin, Probleme und Spannungen individueller wie sozialer Art reduzieren zu können. So gesehen bietet Opfer positiv begriffen der Gesellschaft Schutz vor Gewalt - wo aber das moderne Denken das Opfer "jenseits jeglicher Realität

Das Motiv der Lebenshingabe bzw. des in so unterschiedlichen Darstellungen

wie O. Preußlers "Krabat", "Star Wars", J.K. Rowlings

als hilfreiches Modell an heutige Erfahrungsdefizite anschließbar ist. Blutige Opfer sind, schreibt der Literatur- und Kulturwissenschaftler René Girard, dabei denkbar weit vom Opfer Jesu entfernt, denn Jesus fügt niemandem Gewalt zu, im Gegenteil. Und Girard ist, obwohl er früher den Gebrauch des Wortes Opfer für das Kreuz Christi verwarf, jetzt der "Überzeugung, dass seine Selbsthingabe - so paradox es auch erscheinen mag - letztendlich in Begriffen des (Selbst-) Opfers beschrieben werden muß": Opfer als Selbst- oder Lebens-Hingabe ereignet sich auch heute.

Obwohl oft verkannt, dürfen in dem Zusammenhang die positiven Funktionen und gewinnbringenden Folgen dieses Opfers und Opfermythos nicht übersehen werden. Wird das Opfer als Lebens-Hingabe verstanden, geht es nicht um eine Art "Einladung zum Blutvergießen", sondern um dessen entlastende Bedeutung und gewaltbegrenzende Funktion. Jesu Tod verhindert eine Eskalation der Gewalt. Opfer reduziert und minimiert also

ansiedelt, geht die Verkenning der Gewalt weiter" (René Girard). Opfer schafft (neues) Leben, indem es die Gewalt entweder durchbricht und überwindet (vgl. Hebr. 9, 26) oder zumindest die Kette der Gewalt unterbricht und im Sinne eines "liminalen Phänomens" (Victor Turner) einen temporären, vorübergehenden Ausstieg aus ihr ermöglicht. Ziel des Opfers ist damit der "gewinnbringende Tausch", der auf die "Wiederherstellung der Unversehrtheit der Gemeinschaft" zielt, weswegen sich das Opfer als eine "Gottesgabe zur Ausfüllung eines anders nicht behebbaren Mangels der Gemeinschaft" (Christof Gestrinch) darstellt. Auf's Ganze gesehen trägt das Opfer zum Bestehen und Bewältigen des individuellen wie gesellschaftlichen Alltags und der Lebenswelt bei.

Pro-Existenz

Mit seinem Lebens-Opfer bietet Jesus Christus in einem zweifa-

chen Sinne Leben an: Er bietet sein Leben Gott an und gibt es als Opfer dahin und schafft damit "für uns" eine neue Lebensmöglichkeit. Das Ziel solcher rettenden und aktiv (weniger passiv) verstandenen Hingabe als Opfer ist dann nicht, dass statt vieler wunderbarerweise nur einer stirbt, sondern dass durch die Lebenshingabe des einen viele mit dem Leben davonkommen und neue Lebensqualität gewinnen. So

wird. Dementsprechend findet in neuerer Theologie ein erneuertes Reden von Kreuz und Erlösung statt, das, wenn von Erlösung durch bzw. in Jesus Christus die Rede ist, nicht nur die äußeren Pole seines Lebens (Geburt und Kreuz), sondern auch seine Lebenspraxis bedenkt: Hier, in dem Gesamt seiner erlöst-erlösenden Lebensgeschichte, Kreuz und Auferstehung eingeschlossen, lernen wir Gottes erlösendes Handeln kennen, und hier kommt Gott erlösend auf uns zu.

Insgesamt gesehen hat der christliche Glaube damit sehr

Menschen den Alltag unterbrechen und die im Opfermythos gemeinte andere Wirklichkeit darstellen, sinnlich-gestalthaft begehen und damit temporär aus den Belastungen der Normalwelt aussteigen oder zumindest Distanz dazu bekommen. Im Ethos schließlich geht es um die Orientierung und Regelung des Verhaltens, das, wenn es durch die Opfermetaphorik bestimmt ist, das Lebensopfer ebenso umfasst wie die gegenseitige Hilfe und Hingabe, aber auch - potenziell - das Opfer des Märtyrers, der Märtyrerin.

Am Ende spricht vieles dafür, dass das Opfer dort, wo es keine religiöse oder zumindest (popular-) kulturelle Artikulation

mehr findet und so kein öffentliches Thema mehr ist, sich auf rein emotionale, unartikulierte Weise Luft macht oder gar seine zerstörerische Gewalt entfaltet. Die zahlreichen Selbstmordattentate der jüngsten Zeit könnten Anzeichen dafür sein. Das Opfer muss dargestellt und "begangen werden können, um gebannt zu werden" (Hans-Martin Gutmann). Die Aufgabe und die Chance christlichen Glaubens besteht in dem Zusammenhang darin, für das anthropologisch offensichtlich nicht übergehbare Opfer-Thema Expressions- und Gestaltungsmöglichkeiten anzubieten, welche alltägliche Opfer- und Gewaltmechanismen reduzieren und aufheben können. Dies ergibt sich freilich nicht automatisch, sondern ist eine Verheißung und eine Verpflichtung für Christenmenschen heute und morgen. ■

Opfers findet sich

J.R.R. Tolkiens "Der Herr der Ringe", G. Lucas' "Harry Potter", dem Film "Matrix" usw.

gesehen ist dieses Opfer biophil, nicht nekrophil, es liebt das Leben und nicht den Tod und macht ein befreiendes Lebensangebot. Dies kann man im besten Sinne des Wortes Pro-Existenz nennen: Sein für Andere. In dem Zusammenhang ist es wichtig zu sehen, dass viele neutestamentliche Texte, die gewöhnlich traditionell nur auf Jesu Tod bezogen werden, Jesu Christi ganzes Leben und Wirken umfassen. Sein Leben und Sterben (vgl. Mk 10, 45; 1. Petr 1, 18f.) ist das "Lösegeld"; der gute Hirte setzt sein Leben für die Schafe ein (Joh 10, 14-18; 1. Joh 3, 16). Dieser Lebenseinsatz beinhaltet Jesu Tod, aber der Tod ist nicht als Zielpunkt des Lebens intendiert. Dementsprechend hat die ganze Existenz Jesu Christi, nicht nur sein Tod und Sterben, soteriologische Relevanz und Pro-Existenz-Charakter. Damit ist aber auch nicht das "für uns gestorben" die Summe des christlichen Glaubens, wie in lutherischer Tradition immer wieder verkürzt bzw. komprimiert suggeriert

wohl mit dem Opfermythos zu tun, aber er ist nicht nur ein Mythos, sondern ein komplexes Lebensangebot zum Deuten und Bestehen von Welt und unserer Lebensgeschichten angesichts von durchkreuzenden Lebenserfahrungen und Opfern. Er verheißt Lebensgewinn und Lebensdienlichkeit "pro nobis", freilich nicht im ausschließlich zweckdienlichen oder utilitaristischen Sinn. Christi Opfer kann dabei in christlicher Religion heute in drei Erscheinungs- oder Ausdrucksformen (vgl. Gerd Theißen, Die Religion der ersten Christen, 22001, 28ff.) zur Darstellung kommen: im Mythos, Ritus und Ethos. Im mythisch-metaphorischen Erinnern und Erzählen des Opfers und entsprechender Lebensdeutung gewinnen wir neues Leben und neue Lebensqualität, weil wir von Belastendem erlöst werden können. In den Riten (als Konkretisierungen des Mythos) und Sakramenten Taufe und Abendmahl als wiederholbaren Mustern können

Große Exkursion der Geographen Singapur und Kuala Lumpur

Julia Eicken, Tom Würzer



Postmodern Cities; Singapur und Kuala Lumpur als Modelle für die Großstadt im 21. Jahrhundert“, befasst. Vom 21.3. bis 5.4.2003 befanden wir uns deshalb auf Großer Exkursion in Südostasien. Unter der Leitung von Professor Lüder Bach (Abteilung Raumplanung) und Christian Schlosser (Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung) war es das Ziel des 8-tägigen Aufenthaltes in Singapur und der sieben Tage in Kuala Lumpur, stadt- und raumplanerische Konzepte und Maßnahmen beider Städte an konkreten Beispielen und durch Gespräche mit Verantwortlichen vor Ort kennen und verstehen zu lernen und zu diskutieren. Nachdem alle Exkursionsteilnehmer im Verlauf des 21.3. in Singapur eingetroffen waren, sammelten wir die ersten gemeinsamen Eindrücke von Singapur am Freitag Abend bei einem Rundgang durch die Straßen in der Nähe unseres Hostels. Ohne dabei bereits auf die berühmte Einkaufsmeile „Orchard Road“ zu treffen, wurde uns eines schnell klar: In Singapur ist shopping an sieben Tagen der Woche und fast 24 Stunden täglich möglich, und somit Freizeitkultur. Wir liefen durch das bunt bevölkerte Viertel, durch kleine Gassen und größere

Straßen, vorbei an food courts, chinesischen Tempeln und malaiischen Moscheen, vorbei am berühmten "Raffles Hotel", an bunt gemischten Märkten und shoppingmalls. Erschöpft vom langen Flug, der erdrückenden Schwüle und dem kleinen Rundgang, stillten wir anschließend unseren Hunger bei einem gemeinsamen Abendessen an den für Asien typischen hawkers, wie die Essensstände mit traditionellen Gerichten genannt werden.

Das erste offizielle Ziel der Exkursion war am Samstagmorgen ein Besuch der aktuellen Ausstellung der Urban Redevelopment Authority (URA), sowie die Besichtigung von Chinatown. Nachmittags „beliefen“ wir die City Hall, Little India und Kampong Glam. Spätestens da war offensichtlich, dass Singapur eine Stadt der Gegensätze ist, in der viele verschiedene Kulturen - unter strenger Aufsicht der Regierung - nebeneinander (her)leben.

Um uns ein besseres Bild von den Freizeitgewohnheiten der Singapurianer machen zu können, stand, zur Freude aller, am Sonntag ein Besuch der direkt vor Singapur gelegenen Ferien- und Freizeitinsel „Sentosa“, sowie der Marina South und des Marina City Parks an.

Im Wintersemester 2002/03 haben sich 15 Studenten und Studentinnen der Fachgruppe Geographie in einem Blockseminar und einer darauf aufbauenden Großen Exkursion intensiv mit dem Thema „Der große Sprung nach vorne – The great leap forward: World Cities – Global Cities – Smart Cities –

*Skyline und
Containerterminal
von Singapur*



Am Montagmorgen hatten wir ein Meeting mit den Verantwortlichen der URA, die die künftigen städtebaulichen Pläne Singapurs vorstellten und erläuterten. Bei der anschließenden Fragerunde wurde mehr und mehr deutlich, dass unsere Beiträge und vor allem kritische Fragen nur sehr politically correct beantwortet wurden. Dies war dann auch bei den meisten noch folgenden Fragerunden der Fall. Was uns von da an lehrte, besonders „zwischen den Zeilen zu lesen“. Anschließend hatten wir an der National University of Singapore (NUS) mehrere Meetings: mit Prof. Jieming Zhu, Prof. Belinda Yuen sowie dem deutschen Gastprofessor Stephen Wittkopf. Wir bekamen Hintergrundwissen über die Geschichte als auch über die weiteren Entwicklungen Singapurs und die damit verbundenen Probleme vermittelt.

Am Dienstag wurden wir von den Verantwortlichen des Housing and Development Boards (HDB) erwartet und bekamen einen Einblick in den, zum größten Teil staatlich reglementierten, öffentlichen und privaten Wohnungsmarkt.

Am Mittwoch trafen wir nachmit-



*"New Town"-
Stedlung in
Singapur*

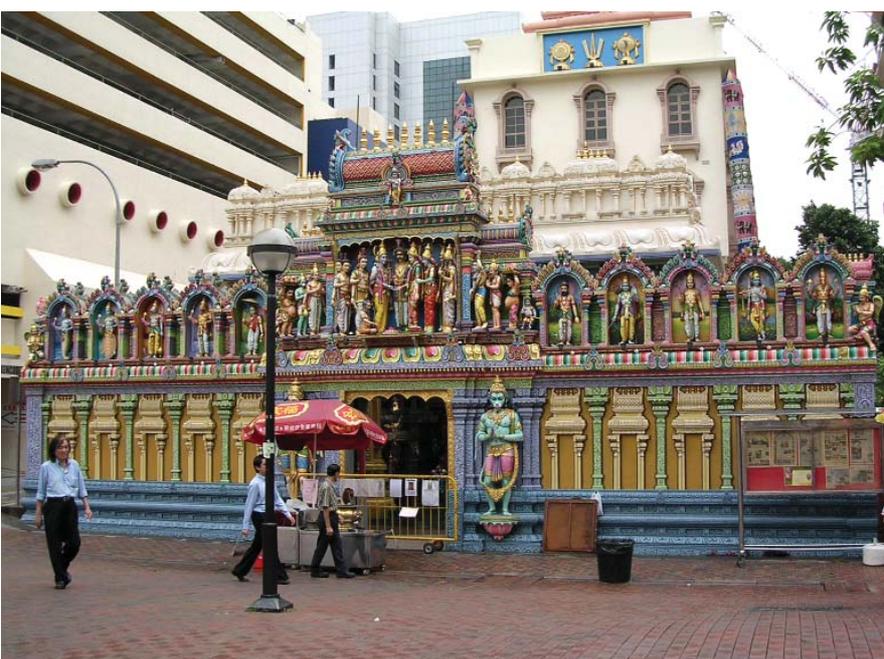
tags die Verantwortlichen der Land Transportation Authority (LTA), wobei sich der Hinweg als sehr schwierig gestaltete, da die LTA ihren Sitz außerhalb des Stadt-zentrums hat und mit öffentlichen Transportmitteln kaum zu erreichen ist. Den darauffolgenden Donnerstag konnten wir zum Entspannen nutzen, bevor wir abends zur bekannten Night Safari im Zoo von Singapur fuhren.

Durch etwas Glück hatten wir kurzfristig für den folgenden Freitagmorgen noch einen Termin mit Tim Burnell, einem Assistant Professor of Geography von der NUS bekommen, was sich als das Highlight der bisherigen Meetings entpuppte, da er uns als Experte für Malaysia auch kritische Fragen ungeschönt beantwortete.

Am nächsten Tag machten wir uns in einem first class executive bus vormittags auf den Weg nach Kuala Lumpur. Statt mit den eigentlich von uns erwarteten Kontrollen (SARS, Zoll...) an der Grenze wurden wir dann in Kuala Lumpur mit einer kleinen Anti-Kriegsdemonstration und großer Polizeipräsenz konfrontiert. Nach einer wilden Taxifahrt zum Hotel und Verteilung der Zimmer wurde, unter Leitung von Prof. Bach, die umliegende Nachbarschaft begangen und danach trotz teilweiser Bedenken bei kleinen hawkers zu Abend gegessen, wobei wir wieder einmal von der guten Qualität des Essens freudig überrascht waren.

Am Sonntagmorgen machten wir uns nach einem reichhaltigen Frühstück zu einem Fußmarsch auf durch die sog. squatter settlements zu den Petronas-Türmen. Suatters

*Foto links:
Reizvoller
Gegensatz in Kuala
Lumpur: Indischer
Tempel neben
modernen
Geschäftshäusern*



Große Exkursion der Geographen

Foto rechts:
Moschee in der
neuen Regierungshauptstadt
Kuala Lumpurs
"Putrajaya"

sind einfache, selbstgebaute Häusersiedlungen auf nicht genutzten staatlichen oder privaten Geländen und eigentlich illegal. Trotzdem gibt es innerhalb der Stadtgrenzen Kuala Lumpurs ca. 29.000 solcher Wohneinheiten, die ca. 160.000 Menschen Obdach geben.

Der Blick von der 170 m hohen Skybridge, die die Petronas-Türme miteinander verbindet, gab uns die einmalige Gelegenheit, städtebauliche Gegensätze wie z.B. squatters direkt neben dem Finanzzentrum Kuala Lumpurs als Ganzes zu überblicken. Anschließend trafen wir die non-governmental organisation (NGO) Permas und wurden den Rest des Tages von deren Mitarbeitern durch squatter settlements und long house areas geführt. Engagiert wurde uns einfachstes Wohnen in schlechter Bausubstanz zu schlechten Bedingungen - wie z.B. direkte Lage an einer Mülldeponie - von den dort lebenden Menschen vorgestellt. Der so gewonnene Einblick in die Struktur der squatters machte uns deutlich, dass die Umsetzung der geplanten Neustrukturierung von Kuala Lumpur mit dem Ziel, bis 2005 keine squatters mehr zu besitzen, gut funktionierende soziale Gemeinschaften und einen speziellen Lebensstil zerstören wird. Permas versucht dabei, durch eine Art Bürgerdienst die Position der Bewohner gegenüber den Behörden zu stärken und zu vertreten.

Little India in
Singapur: Vorn
traditionelle
"Shop Houses"



Mit einem leckeren Abendessen in großer geselliger Runde bedankten wir uns für den aufschlussreichen Tag und die uns überwältigende Gastfreundschaft.

Den Gegensatz zum low cost housing in Kuala Lumpur erlebten wir am Montag beim Besuch von Sunway-City, einer privaten finanzierten Stadt südlich von "KL". Hier wurde durch einen Investor das Gebiet einer alten Zinnmine in ein Immobilienprojekt mit modernstem Freizeitpark, Luxushotel, shoppingmall, einer eigenen Universität und Wohnanlagen für 60000 Menschen, umgewandelt. Einen historischen Überblick der Stadt- und Wirtschaftsstrukturen im Klang Valley gab am Dienstag Prof. Lee Boon Thong auf einer ganztägigen Exkursion. Er ging anhand der besuchten Viertel auf die Squatterproblematik, die politischen Probleme und Ethnienkonflikte in KL, Petaling Jaya, Shah Allam und Port Klang ein. Eine Neukonstruktion des problemfreien Raumes ist das neue Administrative Zentrum Malaysias – Putrajaya –, das wir am darauffolgenden Mittwoch begutachteten. Die Entwicklungsgesellschaft

Putrajayas stellte uns die 1993 geplante Stadt vor, in der inzwischen schon 30.000 Bürger wohnen. Hier kann man die Transformation vom Plantagenland zur ausschließlich muslimisch geprägten „Hauptverwaltungsstadt“ an beeindruckenden Verwaltungs- und Wohngebäuden, Moscheen oder eigens konstruierten Park- und Seenlandschaften, besichtigen. Erster Programmpunkt am Donnerstag war die Exkursion in das Stadtviertel Brickfields, um mit einem langjährigen Bewohner die dortigen Entwicklungen vor Ort zu besprechen. Dies gab uns ein weiteres Mal die Chance, ein neues Gesicht der Stadt KL kennenzulernen. Danach stand der Besuch der Stadtverwaltung Kuala Lumpurs an. Hier wurde zuerst eine staatskonforme Meinung durch den obersten Stadtplaner vorgetragen. Beim anschließenden obligatorischen Imbiss gab er dann im privaten Gespräch die wirklichen Probleme der Stadtplanung in KL preis.

In der Abschlussbesprechung am Freitagmorgen wurden noch einmal die Eindrücke jedes Teilnehmers reflektiert und diskutiert.

Fazit:

Der Aufenthalt hat uns verdeutlicht, dass Singapur seine stadtplanerischen und ökonomischen Ziele ehrgeizig verfolgt und zum größten Teil bereits umgesetzt hat. Es ist eine sichere, saubere und aufstrebende Stadt, die sicherlich zu den sogenannten World Cities gezählt zu werden. Es sollte jedoch nicht außer Acht gelassen werden, mit welchen Mitteln diese Ziele durchgesetzt wurden und werden: Das System Singapurs basiert größtenteils auf der „politische Hörigkeit“ seiner Bewohner.

Kuala Lumpur hat dahingegen zwar hohe Ziele, was beispielsweise die Beseitigung der squatter settlements betrifft, allerdings konnten wir oftmals nur den Kopf schütteln, wenn wir die Umsetzung politischer Pläne sahen. So entstand für uns der Eindruck, dass es Kuala Lumpur nicht schaffen wird, seine (konfliktverneinenden) Zukunftsvisionen ohne größere Probleme durchzusetzen.



Diese Exkursion hat uns verdeutlicht, dass sich Themen wie Globalisierung/ Internationalisierung, Wohnungsbau oder Stadtentwicklung sowie die damit verbundenen Problematiken wie z.B. soziale Spannungen, Verkehrs- oder Freizeitplanung, zwar im Hörsaal besprechen lassen, wirk-

lich begreifbar werden solche Thematiken aber erst, wenn man direkt vor Ort Eindrücke und Erfahrungen sammeln kann. ■

Gruppenphoto (v.l.n.r.): Ines Holland, Hilde Weber, Jan Abel, Matthias Kreil, Kerstin Müller, Christian Schlosser, Julia Eicken, Sebastian Schmerberg, Tom Würzer, Matthias Gutgesell, Rainer Schrall, Anna Maria Raimer, Susanne Thomaier, Prof. Lüder Bach, Dorothea Heid, Isabella Fischhaupt, Daniela Naether

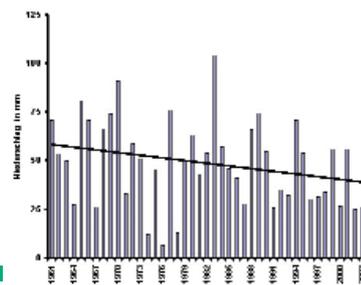
Bedenkliches Klima in Bayreuth?

Einen drastischen Rückgang des Niederschlags in Bayreuth im April und in der Tendenz ein Fehlen von ca. 2/3 des gesamten Monatsniederschlags in den Frühlingsmonaten gegenüber den Niederschlagsmengen Mitte des vergangenen Jahrhunderts, haben Bayreuther Klimaforscher festgestellt. In einer Erklärung von Professor Dr. Thomas Foken (Abteilung Mikrometeorologie) und seines Mitarbeiters Dr. Johannes Lüers heißt es dazu:

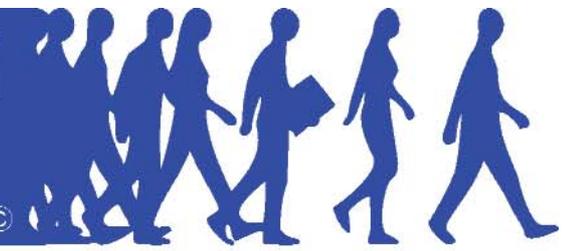
Die Untersuchungen zum Klima des Fichtelgebirges der Universität Bayreuth, die in den letzten Jahren durch eine studentisches Forschergruppe angestellt wurden, haben gezeigt, dass der Niederschlag in der Jahressumme zwar kaum Veränderungen zeigt, jedoch die

Monate April und Mai signifikante Niederschlagsabnahmen in den letzten 40 Jahren zu verzeichnen hatten. Dies wird im Juli und im Herbst kompensiert. Der extrem trockene April 2003 mit nur 26 mm (Liter pro Quadratmeter) Niederschlag in Bayreuth, die nur an wenigen Tagen fielen, war Anlass, diesen Monat nochmals näher zu untersuchen. Die Niederschlags-summe betrug im April dieses Jahres nur 57 % des normalerweise zu erwartenden Niederschlags (1971-2000). Betrachtet man sich das Diagramm, so sind deutliche Schwankungen zwischen den einzelnen Jahren festzustellen. Jedoch ist ein abnehmender Niederschlagstrend von ca. 4mm / Jahrzehnt unverkennbar, der sogar statistisch gesichert ist. Ein vergleich-

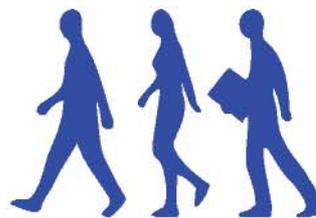
barer Trend wurde für die Jahre 1961-2002 auch für den Monat Mai festgestellt. Dies bedeutet, dass gegenüber der Mitte des vergangenen Jahrhunderts in den Monaten April und Mai gegenwärtig mehr als 30 mm Niederschlag weniger fallen, also ca. 2/3 eines gesamten Monatsniederschlags in den Frühlingsmonaten fehlen. Ursache für diese signifikante Veränderung in den Frühling-niederschlägen, die deutschlandweit beobachtet wird, sind Zirkulationsumstellungen bzw. veränderte Häufigkeiten der Wetterlagen, die durch die starke Erwärmung der Erdatmosphäre, vorrangig durch anthropogene Treibhausgase, bedingt ist. ■



AIESEC



AIESEC ist die größte internationale Studentenorganisation mit weltweit mehr als 30.000 Studierenden die sich ehrenamtlich in über 80 Ländern engagieren.



Wir bieten bayreuther Studenten Praktikantenstellen in der ganzen Welt an, und fördern unsere Mitarbeiter durch Schulungen, Konferenzen und andere Aktivitäten.

Interessierst Du dich für fremde Kulturen, möchtest Du Dich weiterentwickeln, bist Du auf der Suche nach dem richtigen Praktikum?



Komm doch einfach mal bei uns vorbei:

Wir treffen uns jeden Mittwoch um 20 Uhr im S40 im RW oder sind im RW, Zimmer 1.62 (1.Stock) zu erreichen.

Oder auch im Internet unter: www.aiesec.de/ba
oder per E-Mail: Ba@de.aiesec.org