



# **Chemische Innovationen an niedersächsischen Hochschulen**

**Chancen und Lösungen für Wirtschaft,  
Umwelt, Technik**



## Vorwort

Chemische Prozesse sind in unserem Leben allgegenwärtig und spielen in nahezu jedem Wissenschafts- und Technikzweig eine wichtige Rolle – von der Lebens- und Arzneimittelbranche über Hightech-Materialien und Kunststoffe bis hin zu Lacken und Beschichtungen. Entsprechend groß sind die Herausforderungen einer zukunftsverträglichen, nachhaltigen Entwicklung. Die Chemie wird entscheidend dazu beitragen, Fortschritte im Bereich Ernährung, Gesundheit, Wohnen, Energieversorgung und Verkehr zu erzielen. Basis für eine nachhaltige Entwicklung und die dafür erforderlichen Innovationen sind eine intensive Grundlagenforschung, die Weiterentwicklung in der angewandten Forschung und die Umsetzung in der Wirtschaft. Es kommt zudem darauf an, strategische Allianzen einzugehen, Kooperationsmöglichkeiten zu nutzen und neue Märkte zu erschließen.

Die chemische Industrie ist einer der führenden Wirtschaftszweige in Deutschland. Rund ein Drittel ihres Umsatzes erzielt sie mit Produktinnovationen. Um diese Leistungsstärke weiter auszubauen, ist es notwendig, dass Ergebnisse und Entwicklungen zwischen Grundlagenforschung und angewandter Forschung ausgetauscht und gemeinsam umgesetzt werden. Dieser Prozess wird von zahlreichen Einrichtungen und Netzwerken des Landes Niedersachsen unterstützt. Die Transferstellen der niedersächsischen Hochschulen fördern den Dialog zwischen

Wissenschaftlern und Unternehmern. Sie vermitteln Projektpartner und Kontakte zu Netzwerken. Thematische Schwerpunkte setzen hierbei Kompetenzzentren und Technologie-Institute, deren Dienstleistungs- und Kooperationsangebote sich in erster Linie an kleine und mittlere Unternehmen wenden.

Die niedersächsischen Ministerien für Wissenschaft beziehungsweise Wirtschaft fördern Innovationen, die in Kooperation niedersächsischer Unternehmen mit Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen entstanden sind. So zeichnet etwa der Kooperationspreis des Landes Niedersachsen hervorragende Kooperationsleistungen zwischen Forschungseinrichtungen und der Wirtschaft aus. Im Jahr 2003 erhielten das Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie in Göttingen und das dort ansässige Biotechnologieunternehmen DeveloGen AG die Auszeichnung für die Forschungsergebnisse in dem Projekt „Entwicklungskontrollgene in Diagnose und Therapie“. Diese Zusammenarbeit ist ein gutes Beispiel dafür, wie neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Stoffwechselerkrankungen beträchtlich ausgebaut werden können und diese Ergebnisse der Grundlagenforschung den Weg in die Anwendung finden.

In der vorliegenden Broschüre stellen 18 Forschergruppen aus Niedersachsen exemplarisch ihre aktuellen innovativen Entwicklungen und ihre praktische Anwendbarkeit vor. Dabei geht es etwa

um optimierte Herstellungsverfahren und verfeinerte Analysemethoden, die in vielen Arbeitsbereichen Anwendung finden können. Ein weiterer Abschnitt der Broschüre behandelt neuartige Funktionsmaterialien, die zu den Forschungsschwerpunkten in der Chemie zählen und ganz neue Einsatzmöglichkeiten und Prozessverbesserungen eröffnen. Im Bereich Umwelt und Gesundheit schließlich sind bedeutende Fortschritte erzielt worden, die Ressourcen schonen und Therapien wirkungsvoller machen. Es ist nur ein kleiner Ausschnitt aus dem umfangreichen Forschungsspektrum niedersächsischer Hochschulen und außeruniversitärer Forschungseinrichtungen, doch er macht deutlich, wie erfolgreich Kooperationen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft verlaufen können und welches Entwicklungspotenzial Forschungsergebnisse bergen.

Ich möchte Sie einladen, mit den Verantwortlichen an den Hochschulen und Forschungseinrichtungen des Landes das persönliche Gespräch zu suchen und das dort vorhandene Know-how für die Bedürfnisse Ihres Unternehmens zu nutzen.

Lutz Stratmann  
Niedersächsischer Minister  
für Wissenschaft und Kultur



# Inhalt

	<b>4</b>	Kompetenzen im Bereich Chemie
PROZESSE	<b>6</b>	Umfassende Rechenmodelle zur Optimierung von Chemieanlagen
	<b>8</b>	Analyse des Reinheitsgrades von Raketenbauteilen
	<b>10</b>	Neue Trennmethode für bioaktive Verbindungen
	<b>12</b>	Innovative Methode zur Proteinaufreinigung
	<b>14</b>	Hocheffektive Stofftrennung und chemische Membranreaktoren
MATERIALIEN	<b>16</b>	Stabilere Membranen für Brennstoffzellen
	<b>18</b>	Neuartige Technologien für Displays und optische Filter
	<b>20</b>	Herstellung und Funktionsanalyse biochemischer Schichten
	<b>22</b>	Modifizierung von Holzoberflächen durch Plasmabehandlung
	<b>24</b>	Mit Hochdruck zu neuen Gläsern
	<b>26</b>	Neue Herstellungsmethoden von Hartstoffen
UMWELT	<b>28</b>	Alternative Kühlschmierstoffe aus Tier- und Altspisefetten
	<b>30</b>	Umweltfreundliche Herstellung von Pulverlacken ohne Lösemittel
	<b>32</b>	Intelligente Wärmedämmung mit innovativen Materialien
	<b>34</b>	Tierarzneimitteln in der Umwelt auf der Spur
GESUNDHEIT	<b>36</b>	Arzneimittel aus Phospholipiden
	<b>38</b>	Immuntherapie gegen Krebs mit geringen Nebenwirkungen
	<b>40</b>	DNA-Chiptechnologie zur Analyse der Genfunktion
	<b>42</b>	Glossar
	<b>44</b>	Kontaktadressen
	<b>46</b>	Liste der Kompetenzzentren in Niedersachsen



## Kompetenzzentren und Netzwerke

# Kompetenzen im Bereich Chemie

Das fachliche Wissen aus Forschung und Wirtschaft wird in thematisch eindeutig ausgerichteten Kompetenzzentren gebündelt. Sie fördern die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaftlern und regionalen Unternehmen, begleiten in der Regel Forschungsvorhaben und vermitteln Fachleute für spezielle Fragestellungen. Durch diese Transfer-tätigkeit bilden die Zentren ein interdisziplinäres Netzwerk aus Experten auf dem jeweiligen Gebiet. Im Folgenden stellen wir Ihnen diejenigen Kompetenzzentren beziehungsweise Teilbereiche von Netzwerken in Niedersachsen vor, die sich insbesondere mit dem Thema Chemie befassen. Eine Auflistung aller niedersächsischen Kompetenzzentren finden Sie auf Seite 46.

### Deutsches Institut für Kautschuktechnologie

Unter der Schirmherrschaft des niedersächsischen Wirtschaftsministeriums und des Wirtschaftsverbandes der deutschen Kautschukindustrie konstituierte sich 1981 das Deutsche Institut für Kautschuktechnologie (DIK) in Hannover. Es widmet sich der interdisziplinären Forschung und Entwicklung von elastomeren Hochleistungswerkstoffen. Zu den Forschungsschwerpunkten zählen das thermodynamische Verhalten und die Rheologie von Kautschukmischungen, die Verarbeitung sowie die chemischen und physikalischen Eigenschaften von Elastomeren und deren Charakterisierung. Ein weiteres Spezialgebiet ist die



Entwicklung von Modellen zu Wirkungsmechanismen, zur Verstärkung und zur Vernetzung.

Neben der industrienahen Grundlagenforschung bietet das DIK Aus- und Weiterbildung sowie zahlreiche Dienstleistungen an. Es führt physikalische und chemische Standardprüfungen zur Qualitätskontrolle von Roh- und Werkstoffen durch. Es fertigt komplexe Schadensanalysen, Umwelt- und Arbeitsschutzanalysen durch und entwickelt neue Materialien. Das DIK arbeitet mit der Universität Hannover zusammen.

Internet: [www.dikautschuk.de](http://www.dikautschuk.de)

### Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik

Innerhalb des Kompetenzzentrums Ernährungswirtschaft befasst sich das Deutsche Institut für Lebensmitteltechnik (DIL) in Quakenbrück als privates, industrienahes Forschungsinstitut mit Analytik, Rohstoffen, Verfahrenstechnik und Anlagenentwicklung. Unter anderem werden Methoden zur Behandlung



und Zubereitung von Lebensmitteln untersucht und weiterentwickelt. Die mit Prozessen wie Backen oder Braten beeinflussten Produkteigenschaften, zum Beispiel Farbe, Geschmack, Textur, entstehen durch komplizierte physikalisch-chemische Vorgänge und stehen damit im direkten Zusammenhang zur Produktqualität.

Auf dem Gebiet Acrylamid, dem Nachweis im Produkt und seiner Bildungswege, hat sich das DIL zu einem führenden Analytik-Institut entwickelt. Das Kompetenzteam setzt sich aus Biochemikern, Lebensmittelchemikern, Verfahrenstechnikern und Lebensmitteltechnologern zusammen. Sie bieten Unternehmen der Ernährungsindustrie und Forschergruppen praxiserge und

kompetente Beratung an und leisten einen Beitrag zu hoher Produktqualität und zum Verbraucherschutz.

Internet: [www.dil-ev.de](http://www.dil-ev.de)

### Innovationsnetzwerk Polymertechnik

Das Wissens- und Innovationsnetzwerk Polymertechnik (WIP) in Wolfsburg berät mittelständische Unternehmen im Bereich der Polymere – von der Synthese bis zum Recycling eines Produkts. Interessenten können über das WIP auf ein Netzwerk aus Polymerexperten zugreifen. Zu diesem Netzwerk haben sich Kunststoffhersteller und -verarbeiter, Zulieferer, Verbände sowie Forschungseinrichtungen zusammengeschlossen. Das WIP bietet auch Projektmanagement für Entwicklungs- und Forschungsvorhaben an.

Das Institut für Recycling der Fachhochschule in Wolfsburg leitet das Projekt in enger Kooperation mit dem Franz-Patat-Zentrum für interdisziplinäre Polymerforschung in Braunschweig sowie dem Institut für interaktive Medien in Lüneburg. Weiterhin haben zahlreiche Unternehmen der niedersächsischen Kunststoffindustrie (unter anderem Dow, Läufer, Solvay) den Förderverein Kompetenzzentrum Kunststoffsysteme gegründet, um das WIP unternehmerisch zu unterstützen. Es wird von der Stadt Wolfsburg, dem Land Niedersachsen sowie der Europäischen Union gefördert.

Internet: [www.wip-kunststoffe.de](http://www.wip-kunststoffe.de)



## Kompetenznetz für Nachhaltige Holznutzung

Energiegewinnung aus Holz und Emissionsminderung bei der Holzverarbeitung sind zwei der Leitthemen des Niedersächsischen Kompetenznetzes für



Nachhaltige Holznutzung (NHN) in Göttingen. Außerdem werden neuartige Klebstoffe und Verleimungstechniken auf Basis von Stärke, Lignin, Proteinen oder Pflanzenölderivaten erprobt. Ein weiteres Forschungsfeld ist die chemische sowie thermische Modifikation von Holz. Hier entstehen völlig neue Eigenschaften, die Holz konkurrenzfähig zu herkömmlichen Materialien wie Metallen, Kunststoffen und Beton machen. Dabei verändert sich auch das Verhalten in Verbindung mit anderen Materialien, wie die Haftfestigkeit von Farben und Lacken.

Gegründet wurde das NHN von der Georg-August-Universität Göttingen, der Fachhochschule Hildesheim/Holzminde/Göttingen, der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt und vom Wilhelm-Klauditz-Institut für Holzforschung. Es wird vom Land Niedersachsen und mit Mitteln des europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) gefördert.

Internet: [www.kompetenznetz-holz.de](http://www.kompetenznetz-holz.de)

## Kompetenzzentrum Functional Food

Zu der Gruppe von funktionellen Lebensmitteln – Functional Food – gehören natürliche oder verarbeitete Nahrungsmittel, die neben ihrem ernährungsphysiologischen Wert noch einen Zusatznutzen für die Gesundheit aufweisen. Diese Kategorie bietet ein großes Entwicklungspotenzial für die Nahrungsmittelindustrie. Da hohe Entwicklungs- und Investitionskosten sowie fehlende rechtliche Rahmenbedingungen für funktionelle Lebensmittel ein schwer kalkulierbares unternehmerisches Risiko darstellen, investiert die Wirtschaft nur zögerlich. An diesem Punkt setzt das vom Land und von Unternehmen geförderte Kompetenzzentrum Functional Food für Niedersachsen (KFF) an.

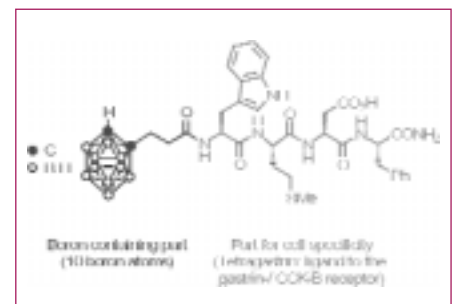


Das an der Universität Hannover eingerichtete KFF hat sich zum Ziel gesetzt, das in Niedersachsen vorhandene Potenzial mit Hilfe mittelständischer Unternehmen auszuschöpfen, die Marktposition der Firmen zu stärken und das Marktsegment Functional Food zu etablieren. Es bietet für die Entwicklung neuer funktioneller Lebensmittel und den Aufbau von Produktionslinien ein umfangreiches Dienstleistungsprogramm für Unternehmen und Wissenschaftler. Es liefert wissenschaftliche Informationen, veranstaltet Vortragsreihen, betreut Projekte, vermittelt Kooperationspartner und Fachberater.

Internet: [www.functional-food.org](http://www.functional-food.org)

## Kompetenzzentrum MBM

Auf die aktive Verwertung von Forschungsergebnissen hat sich das Kompetenzzentrum Medizintechnik, Biotechnologie und Messtechnik (MBM) der Universität Göttingen spezialisiert.



Das Angebot richtet sich an Unternehmen der oben genannten Bereiche sowie an Forschergruppen der Universität Göttingen. So werden Marktrecherchen durchgeführt, Kooperations- und Vertragspartner vermittelt und Schutzrechtsanmeldungen sowie Vertragsabschlüsse vorbereitet und begleitet.

Mit Beginn 2004 werden im Zuge der Ausgründung des MBM neben den bereits bestehenden Sektionen voraussichtlich weitere Schwerpunkte in den Bereichen Chemie und Physik entstehen. Bereits jetzt betreut das MBM den von Prof. Lutz F. Tietze am Institut für Organische Chemie entwickelten neuen Ansatz für eine Bor-Neutroneneinfangtherapie (boron neutron capture therapy, BNCT), die selektiv Tumorzellen durch Bestrahlung mit thermischen Neutronen zerstört. Bor soll mit hoher Selektivität in Krebszellen eingelagert werden, und es werden Verbindungen mit einer möglichst geringen Toxizität gesucht. Gefördert wird das MBM vom Land und der Europäischen Union (EFRE).

Internet:

[www.kompetenzzentrum-mbm.de](http://www.kompetenzzentrum-mbm.de)

# Umfassende Rechenmodelle zur Optimierung von Chemieanlagen

Die Entwicklung, Auslegung und Optimierung von Chemieanlagen erfolgt heutzutage fast ausschließlich mit Hilfe von Prozesssimulatoren. Für die Vorausberechnung sind neben kinetischen Informationen für die chemische Reaktion vor allem zuverlässige Reinstoff- und Gemischdaten erforderlich. Um die Investitions- und Betriebskosten der Anlage zu senken, die in der Regel zu 60-80 Prozent durch thermische Trennprozesse (zum Beispiel Rektifikation, Extraktion und Kristallisation, siehe

Glossar) verursacht werden, muss besonders das Phasengleichgewicht (siehe Glossar) des zu trennenden Systems in Abhängigkeit von Temperatur, Druck und Zusammensetzung bekannt sein.

Ein großer Teil der benötigten experimentellen Daten liegt allerdings nicht vor. Für ein Zehnkomponentensystem ergäbe sich zum Beispiel eine Messzeit von mehr als 37 Jahren. Aus diesem Grund besteht großes Interesse an Modellen, mit denen das Phasengleichgewichtsverhalten der betrachteten Systeme zuverlässig abgeschätzt werden kann. Eine Arbeitsgruppe am Institut für Reine und Angewandte Chemie der Universität Oldenburg entwickelte sehr zuverlässige und vielfältig anwendbare Rechenmodelle.

Firma DDBST GmbH. Inzwischen ist die DDB die weltweit größte Faktendatenbank für thermophysikalische Daten. Chemie- und Ingenieurfirmen weltweit nutzen die Datenbank als Software-Version oder über den Internetzugang. Etwa 15 Prozent der Daten sind in mehr als 40 Buchbänden veröffentlicht.

Mit den gespeicherten und systematisch gemessenen Daten werden Vorausberechnungsmethoden entwickelt. Die so genannte Modified UNIFAC-Methode (siehe Glossar) ist ein breit anwendbares Modell, das die verschiedensten Phasengleichgewichte zuverlässig vorausberechnet. Um auch Systeme mit überkritischen Gasen beschreiben zu können, wurde an der Universität Oldenburg die SRK-Zustandsgleichung (siehe Glossar) mit dem Gruppenbeitragskonzept kombiniert (PSRK, siehe Glossar). Weiterhin wurden für dieses Modell die erforderlichen Parameter für 30 Gase wie Kohlendioxid, Schwefelwasserstoff und Methan unter Verwendung der Dortmunder Datenbank angepasst. Aufgrund der zuverlässigen Resultate und breiten Anwendbarkeit sind die genannten Vorausberechnungsmethoden Basis aller Prozesssimulatoren, die täglich von tausenden Ingenieuren

## VISITENKARTE



Carl von Ossietzky Universität Oldenburg  
Institut für Reine und Angewandte Chemie  
26111 Oldenburg

Forschungsbereiche:  
Prozessentwicklung, Angewandte  
Thermodynamik, Entwicklung computer-  
gesteuerter Messtechniken, Thermische  
Trennprozesse, Reaktive Rektifikation  
(inkl. Versuche im Pilot-Maßstab)

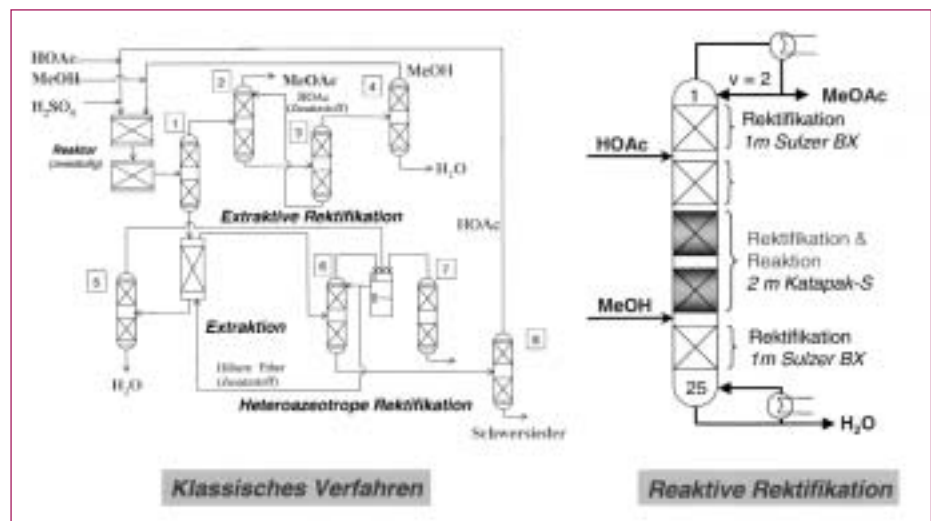
Kooperationspartner:  
DECHEMA, Frankfurt/Main  
FIZ Chemie, Berlin  
Mehr als 40 Firmen im In- und Ausland

Firmenausgründungen:  
LTP GmbH, 1999  
CAT GmbH & Co KG, 2003

Ansprechpartner:  
Prof. Dr. Jürgen Gmehling  
Tel.: 04 41/7 98-38 31  
Fax: 04 41/7 98-33 30  
E-Mail:  
gmehling@tech.chem.uni-oldenburg.de  
Internet: www.uni-oldenburg.de/tchemie/

## Vorausberechnung – zuverlässig und erweiterbar

Eine Arbeitsgruppe von Prof. Jürgen Gmehling begann 1973 an der Universität Dortmund, alle weltweit zugänglichen experimentellen Reinstoff- und Gemischdaten in einer computergestützten Datensammlung, der Dortmunder Datenbank (DDB), zu erfassen. Dies übernahm 1989 die aus gegründete



Links ist der klassische Weg (Reaktor und viele Trennkolonnen) der Veresterung von Methanol (MeOH) und Essigsäure (HOAc) zu Methylacetat dargestellt. Durch reaktive Rektifikation (rechts) kann dieser Prozess in nur einer Kolonne realisiert werden.



Pilotanlage für reaktive Rektifikationsprozesse

eingesetzt werden. Aus diesem Grund unterstützen auch mehr als 40 Firmen die Weiterentwicklung der Methoden.

## Modelle mit vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten

Die Modelle werden am Institut außerdem zur Entwicklung reaktiver Rektifikationsprozesse (siehe Glossar) eingesetzt. Reaktive Rektifikationsprozesse weisen durch die Kombination von Reaktion und Trennung viele Vorteile

auf: etwa höhere Umsätze oder höhere Selektivitäten gegenüber klassischen Chemieanlagen. Es werden Reaktionskinetik, Phasengleichgewicht und Stofftransport gemessen. Die verschiedenen Prozesse werden mit Hilfe von Experimenten in einer halbtechnischen Kolonne (12 m hoch) und durch Prozesssimulation optimiert. Ein besonders beeindruckendes Beispiel der Vorteile der reaktiven Rektifikation ist die Synthese von Methylacetat (siehe Abbildung).

Die Wissenschaftler der Universität Oldenburg haben die thermodynamischen Modelle und die Datenbank mit den erforderlichen Softwarepaketen gekoppelt und damit ein elegantes Werkzeug geschaffen, um die verschiedensten Fragestellungen aus unterschiedlichen Bereichen zu beantworten. Anwendung finden sie:

- bei der Entwicklung von Chemieanlagen,
- im Umweltschutz (Verbleib der Chemikalien in der Umwelt, Bioakkumulation),
- bei Sicherheits- und Arbeitsschutzfragen,
- für Vorhersagen chemischer Reaktionen (Gleichgewicht, Reaktionsenthalpie).

Um für die chemische Industrie Auftragsforschungen und Messungen übernehmen zu können, gründete die Universität Oldenburg das An-Institut LTP GmbH.



# Analyse des Reinheitsgrades von Raketenbauteilen

In der Raumfahrt verwendete Bauteile und Systeme müssen höchsten technischen Ansprüchen genügen. Die in den Rohrleitungssystemen vorhandenen Partikel und nicht verdampfenden organischen Rückstände, welche im tiefkalten Zustand als feste Partikel vorliegen, können beispielsweise die Funktion von Armaturen, Ventilen, Dichtungen und Triebwerken negativ beeinträchtigen

beziehungsweise außer Funktion setzen. Gelangen Partikel in Bereiche, in denen flüssiger Sauerstoff vorhanden ist, besteht eine noch größere Gefahr, da die Partikel beschleunigt werden und sich durch Wandreibung in den Rohrleitungen entzünden und damit einen Brand auslösen können. Organische Bestandteile reagieren mit Sauerstoff sofort und können bei entsprechend großer Menge zur Selbstentzündung und Zerstörung des Rohrleitungssystems und somit auch zum vorzeitigen Ende der Mission führen.

## VISITENKARTE



Fachhochschule  
Braunschweig/Wolfenbüttel  
Institut für Verfahrensoptimierung  
und Entsorgungstechnik  
Am Exer 3  
38302 Wolfenbüttel

Forschungsbereiche:  
Analytische Chemie  
Werkstoffkunde und Innenraumhygiene  
Bussysteme zur Gebäudeautomation

Kooperationspartner:  
BUTTING, Knesebeck  
EADS SPACE TRANSPORTATION, Bremen

Ansprechpartner:  
Prof. Dr. Carmen Genning  
Thomas Krause  
Tel.: 05331/939-7700  
Fax: 05331/939-7702  
E-Mail: c.genning@fh-wolfenbuettel.de  
Internet: www.ive-analytik.de

## Rohrleitungssysteme für den Antrieb

Aus diesen potenziellen Gefahrenpunkten heraus sind höchste Anforderungen an die Reinheit von Rohrleitungssystemen und -komponenten für Trägerraketen gestellt. Für ihre Herstellung sind streng spezifizierte Analysemethoden erforderlich, damit Partikel die zugelassenen Mengen und Größen nicht überschreiten. Das Institut für Verfahrensoptimierung und Entsorgungstechnik an der Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel hat in Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber BUTTING in Knesebeck und der EADS SPACE TRANSPORTATION in Bremen ein Bestimmungsverfahren für kleinste Mengen fester Partikel und nicht verdampfbarer organischer Bestandteile entwickelt. Für diesen Bereich gab es bislang keine Analysemethoden, die alle Substanzen selbst in geringsten Mengen erfassen konnte.



Anlage zur Spülung der Rohrleitungssysteme unter Re

Der Edelstahlverarbeiter BUTTING fertigt Rohrleitungsbauteile aus nichtrostendem Stahl für den von EADS hergestellten kryogenen Oberstufenantrieb ARIANE 5 ESC-A, welcher die Nutzlast, etwa Satelliten, in den Orbit freisetzt. Dieser Antrieb verwendet flüssigen Sauerstoff und Wasserstoff bei tiefkalten Temperaturen als Brennstoff.



Nach dem Reinigungsprozess wird die Spülösung mit den entfernten Partikeln in Abdampfschalen eingeeengt und dann ausgewogen.





raumbedingungen (BUTTING)

## Gewichtsmessung der Verunreinigungen

Beim Reinigungs- und Analyseprozess entfernt eine Spüllösung die Partikel in den fertig gestellten Rohrleitungssystemen. Die Spüllösungen werden dann in speziellen Abdampfschalen bis zur Gewichtskonstanz eingengt und ausgewogen. Da die ausgewogenen Mengen an Partikeln und organischen Bestandteilen im Bereich von wenigen Milligramm liegen und mit einer hohen Genauigkeit ausgewogen werden müssen, ist die Prozedur mit äußerster Sorgfalt durchzuführen. So darf zum Beispiel auf der Oberfläche der Abdampfschalen kein Wasser anhaften, da es sonst das Messergebnis verfälscht.

Um ein präzises Ergebnis sicherzustellen, werden außerdem Kontrollproben aus einer synthetisch hergestellten Modelllösung mit analysiert. Dieser Schritt signalisiert Schwankungen in der Analytik und zeigt an, ob ein Messwert überhaupt realistisch sein kann. Außerdem setzte das Institut Grenzwerte fest, ab wann ein Rohrleitungssystem als rein angesehen werden kann. Die Wissenschaftler haben die Analyseverfahren so angelegt, dass sie sich auch auf andere Reinigungsverfahren anpassen lässt.

# Neue Trennmethode für bioaktive Verbindungen

Die Aussagen von über 250 epidemiologischen Studien sind eindeutig: Ein hoher Verzehr von Gemüse und Obst soll langfristig gesehen vor der Entstehung von Krebs und Herz-Kreislaufkrankungen schützen. Als Schutzfaktoren gelten die sekundären Pflanzenstoffe, unter anderem phenolische Antioxidantien, Phytoöstrogene, Carotinoide, Glucosinolate und organische Schwefelverbindungen, von denen bislang etwa 10.000 in Lebensmitteln nachgewiesen werden konnten.

## VISITENKARTE



Technische Universität Braunschweig  
Institut für Lebensmittelchemie  
Schleinitzstraße 20  
38106 Braunschweig

Forschungsbereiche:  
Naturstoffe, Bioaktivität, Analytik

Kooperationspartner:  
Bundeforschungsanstalt  
für Ernährung, Karlsruhe  
Charité, Berlin  
Deutsches Institut  
für Ernährungsforschung, Potsdam  
Deutsches Krebsforschungszentrum,  
Heidelberg

Ansprechpartner:  
Prof. Dr. Peter Winterhalter  
Tel.: 05 31/3 91-72 00  
Fax: 05 31/3 91-72 30  
E-Mail: p.winterhalter@tu-bs.de  
Internet: www.tu-bs.de/ilc

Bei genauer Betrachtung sind aber noch viele Fragen zu klären. Oftmals sind die eigentlichen Wirksubstanzen noch nicht identifiziert oder es fehlt an Daten zur Bioverfügbarkeit und biologischen Wirksamkeit der aktiven Substanzen im menschlichen Organismus. Auch gilt es weitere Effekte zu untersuchen, einschließlich möglicher toxischer Wirkungen bei Einnahme einzelner Wirkstoffe in hohen Einzeldosen, zum Beispiel als Nahrungsergänzungsmittel, oder Wechselwirkungen mit Arzneistoffen. Fortschritte auf diesem Gebiet sind so mühsam, weil ausreichende Mengen an Testsubstanzen fehlen oder sehr teuer sind (in Einzelfällen bis 500 Euro pro Milligramm) und damit einen breiteren Einsatz in Bioverfügbarkeits- und Bioaktivitätsstudien verhindern.

## Chromatographie mittels Teflonschläuchen

Seit fünf Jahren arbeitet eine Forschergruppe am Institut für Lebensmittelchemie der Technischen Universität Braunschweig an Methoden zur präparativen Isolierung bioaktiver Lebensmittelinhaltsstoffe. Sie hat hierbei eine innovative chromatographische Technik mitentwickelt (siehe Glossar), die Inhaltsstoffe einer Probe besonders effektiv voneinander trennt: die Gegenstrom-

verteilungs-Chromatographie (engl. Countercurrent Chromatography, CCC). Standardgeräte trennen Substanzen im 10-Gramm-Maßstab, Prototypen erlauben Probenaufgaben von bis zu 150 Gramm. Das neue Verfahren ist schonend, verlustfrei und extrem kostengünstig, da auf teure Säulenmaterialien verzichtet werden kann.

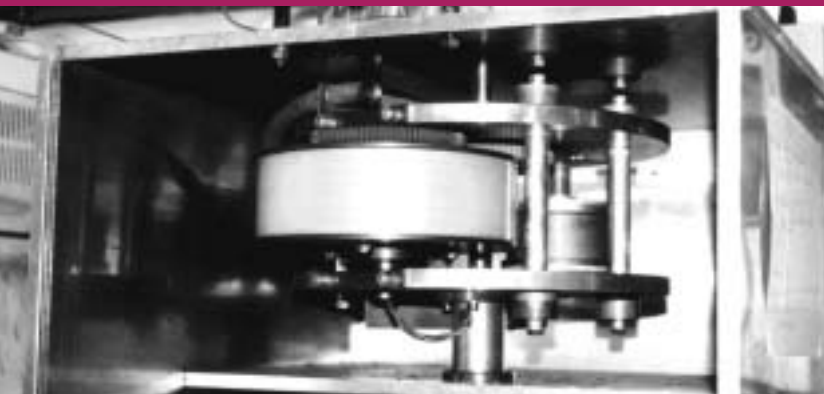
Die CCC-Anlage besteht aus einem in mehreren Lagen um eine Spule gewickelten Teflonschlauch, der mit zwei nicht mischbaren flüssigen Trennphasen gefüllt wird. Die Spule führt eine Planetenbewegung durch, das heißt sie dreht sich um die Zentralachse wie auch in gleicher Richtung um die eigene Achse. Durch die planetare Bewegung wirken permanent wechselnde Kräfte auf mobile und stationäre Phase, woraus häufige Mischungs- und Entmischungsvorgänge (etwa 50.000 Verteilungsvorgänge pro Stunde) im Trennschlauch resultieren. Die Verbindungen werden letztlich aufgrund unterschiedlicher Löslichkeiten getrennt.

## Isolierung wenig erforschter Substanzen

Die Leistungsfähigkeit der CCC wurde an der Trennung und Isolierung zweier bioaktiver Verbindungsklassen – Lignane



Die Slow rotating CCC ist mit speziellen spiralförmigen Trennschläuchen ausgerüstet.

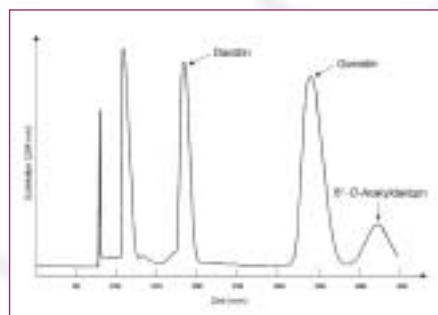


Die Countercurrent Chromatography (CCC) eröffnet den Zugang zu wenig erforschten Wirksubstanzen.

und Isoflavone – innerhalb eines DFG-Verbundforschungsvorhabens demonstriert. Lignane sind Vorstufen von Verbindungen, die hormonell wirken und die Tumorbildung hemmen. Darüber hinaus wird eine Prävention der Atherosklerose-Entstehung durch die antioxidativen Eigenschaften der Lignane diskutiert. Die genauen Wirkmechanismen sind bislang jedoch noch unklar. Ein Lebensmittel mit außergewöhnlich hohem Lignananteil ist der Leinsamen, der hauptsächlich Seco-Isolariciresinoldiglucosid (SDG) enthält. Nach einer speziell entwickelten Probenvorbereitung konnte mittels CCC erstmals SDG im präparativen Maßstab isoliert und weiteren biologischen Tests zugeführt werden.

Als so genannte Phytoöstrogene zeigen Isoflavone präventive Effekte bei hormonabhängigen Krebsformen. Mittels CCC konnten Isoflavone aus Sojamehl als Reinsubstanzen gewonnen werden.

in einer Reinheit von über 93 Prozent erhalten werden. Die Forschergruppe arbeitet derzeit aktiv an einer Vergrößerung der Anlage, so dass in Kürze auch Trennungen im Kilogramm-Maßstab vorstellbar sind.



CCC-Trennung von Isoflavonen aus Sojamehl



Präparative Isolierung von Seco-Isolariciresinoldiglucosid aus Leinsamen

Die nächste Herausforderung ist die Übertragung der CCC-Technik auf einen größeren Maßstab. Erste Schritte in diese Richtung sind bereits getan. So ist zum Beispiel die Slow rotating CCC, ausgerüstet mit speziellen spiralförmigen Trennschläuchen (convoluted tubing), eine vielversprechende Technik, mit der es bereits gelang, 150 Gramm eines Grüntee-Extraktes in einem Durchlauf aufzutrennen. Bei dieser Trennung konnten 40 Gramm an bioaktivem Epigallocatechin 3-O-gallat

# Innovative Methode zur Proteinaufreinigung

Die genetische Information zur Produktion von Proteinen ist im Genom gespeichert. Nachdem nun das Humangenom (nahezu) aufgeklärt ist, gewinnt die Erforschung der Proteine und ihrer Funktionen rasant an Bedeutung. Es gibt noch eine Vielzahl unbekannter Aufgaben von bereits charakterisierten Proteinen, aber auch eine große Zahl noch gänzlich unbekannter Proteine. Es gilt, effiziente Verfahren und Methoden zur vollständigen Analyse kompletter Proteinexpressionsprofile (Expression siehe Glossar) inklusive der Aufklärung der Proteinfunktionen zu entwickeln.

## VISITENKARTE

Universität Hannover 



Universität Hannover  
Institut für Technische Chemie  
Callinstraße 3  
30167 Hannover

Forschungsbereiche:  
Biotechnologie, Biochip-Technologie,  
Enzymtechnik, Bioinformatik,  
Tissue engineering, Bioanalytik,  
Zellkulturtechnik

Kooperationspartner:  
Vivascience AG, Hannover

Ansprechpartnerin:  
Dr. Cornelia Kasper  
Tel.: 05 11/7 62-29 67  
Fax: 05 11/7 62-30 04  
E-Mail: [Kasper@iftc.uni-hannover.de](mailto:Kasper@iftc.uni-hannover.de)  
Internet: [www.tci.uni-hannover.de/](http://www.tci.uni-hannover.de/)

Dieser Forschungszweig wird als Proteomforschung oder Proteomics bezeichnet.

## Isolierung aus komplexen Gemischen

Proteine bestimmen als biologisch aktive Substanzen Struktur und Funktion jeder Zelle und steuern den Stoffwechsel. Viele, vor allem pharmazeutisch wirksame Proteine wie zum Beispiel Gerinnungsfaktoren zur Behandlung von Herzinfarkten werden heute biotechnologisch hergestellt. Sie werden häufig von Mikroorganismen und Säugerzellkulturen produziert. Wesentlicher Faktor bei der Gewinnung dieser Wertstoffe ist die Aufreinigung von Proteinen aus den Zellkulturen. Die Isolierung reiner Proteine aus komplexen Gemischen von mehreren tausend Eiweißstoffen ist in der biomedizinischen Forschung sowie anderen biologischen und biotechnologischen Bereichen ein zentrales Problem.

Das am häufigsten genutzte Verfahren zur Reindarstellung von Proteinen ist die Chromatographie (siehe Glossar). Hierbei werden die Biomoleküle an ein Trägermaterial (stationäre Phase) beispielsweise aufgrund ihrer unterschiedlichen Oberflächenladung gebunden. Anschließend werden sie abhängig von ihrer unterschiedlichen Bindungsstärke zum Trägermaterial voneinander getrennt. Sind die Trägermaterialien in Säulen verpackt, wird das Proteingemisch aufgetragen und durch Niederdruck (FPLC – Fast Protein Liquid Chromatography) beziehungsweise Hochdruck (HPLC – High Performance Liquid Chromatography) in einem geeigneten Lösungsmittel durch die Säule gedrückt (mobile Phase). Diese Verfahren haben jedoch den Nachteil, dass sie sehr zeit- und kostenintensiv sowie störanfällig sind und vergleichsweise aufwändige Apparaturen benötigen.



Proteintrennung mit klassischer Säulenchromatographie



Die neuartige Zentrifugeneinheit wird mit einer Proteinprobe beladen.

## Trenneinheiten für die Zentrifuge

Eine Arbeitsgruppe am Institut für Technische Chemie (TCI) der Universität Hannover hat zusammen mit der Firma Vivascience AG eine innovative Trennmethode für den Anwendungsbereich der Proteomforschung entwickelt. Diese Aufreinigungseinheiten basieren auf einer bewährten Membran-Adsorbentechnologie, bei der die Biomoleküle über verschiedene Wechselwirkungen an eine funktionalisierte Membranoberfläche binden. Neuartig ist der Einsatz als zentrifugierbare Einheiten, in die die Membranen gestapelt werden.

Das TCI setzt diese Produkte bei der Aufreinigung von Proteinen, zum Beispiel Blutgerinnungsfaktoren, aus komplexen Proben wie etwa Zellkulturüberständen ein. Die Zentrifugensäulchen

ermöglichen es, das Zielprotein in weniger als 30 Minuten abzutrennen, es können sogar verschiedene Proteine in einem Schritt isoliert werden. Hierdurch werden enorme Kosten und vor allem Zeit eingespart, und es können aufwändige chromatographische Verfahren wie HPLC oder FPLC durch diese einfache Anwendung ersetzt beziehungsweise ergänzt werden.

Die neuartigen Zentrifugeneinheiten sind besonders gut für die schnelle Aufreinigung einer Vielzahl einzelner Proteine geeignet und finden so Einsatz sowohl in Forschungslabors als auch in Biotechnologie-Unternehmen, die in der Proteomforschung aktiv sind. Die neue Methode bietet sich auch dafür an, andere Substanzen schnell und effektiv voneinander trennen zu können.



# Hocheffektive Stofftrennung und chemische Membranreaktoren

Nanostrukturierte Keramikmembranen sind vielfältig einsetzbar und haben zahlreiche Vorteile: Sie halten hohen Temperaturen stand, sind chemisch inert, wirken als Katalysator, lassen sich sterilisieren und oxidativ regenerieren. Diese Eigenschaften ermöglichen ganz neue Anwendungen in der Stofftrennung, in der von Membranen

unterstützten katalytischen Stoffwandlung, in Bioreaktoren oder bei der Aufarbeitung von Pharmaka.

Im Zentrum für Festkörperchemie und Neue Materialien werden am Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie der Universität Hannover innovative Funktionsmembranen entwickelt. Um die technische Anwendbarkeit zu gewährleisten, werden die dünnen Funktionsschichten auf mechanisch stabilen Trägerkeramiken mit Rohrgeometrie aufgetragen. Sie lassen sich somit für vielfältige Verfahren anpassen.



## VISITENKARTE

Universität Hannover 



Universität Hannover  
Zentrum für Festkörperchemie  
und Neue Materialien  
Institut für Physikalische Chemie  
und Elektrochemie  
Callinstr. 3-3A  
30167 Hannover

Forschungsbereiche:  
Funktionsschichten, Membranen, Katalyse,  
Stofftrennung, Sensorik, Abgaskatalyse

Kooperationspartner:  
Thyssen-Uhde, Bayer AG, Borsig GmbH

Patente:  
„Oxidkeramischer Körper mit ultrafeinen  
Poren, Verfahren zu seiner Herstellung und  
Verwendung“  
(Manfred Noack, Jürgen Caro et al.),  
Deutsches Patent 100 21 580 A1 (2001),  
Europäisches Patent 1 151 974 A2 (2002);  
„Molekularsiebmembran auf Basis poröser  
Träger und Kristallisationsverfahren“  
(Manfred Noack, Jürgen Caro et al.),  
Europäisches Patent 1 151 725 A2 (2002);  
„Gasdurchlässige Membran und deren Ver-  
wendung zur Steuerung des Gasdurchgan-  
ges“ (Manfred Noack, Jürgen Caro et al.),  
Europäisches Patent 1 151 345 A2 (2000)

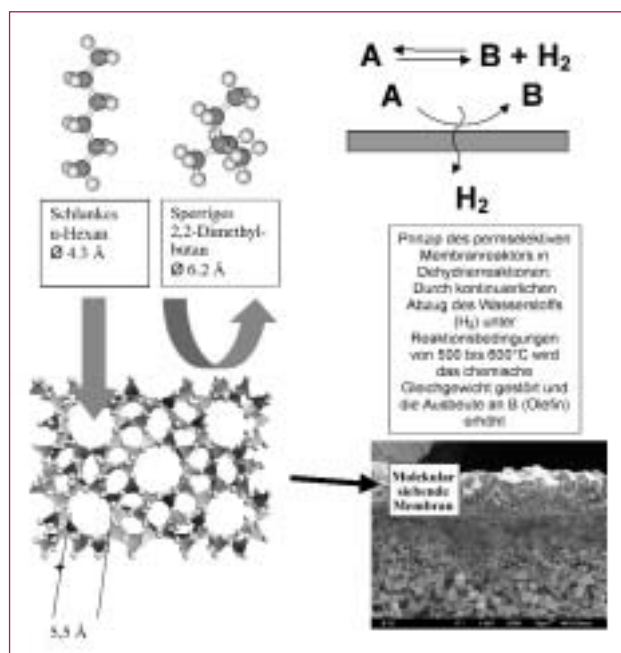
Ansprechpartner:  
Prof. Dr. Jürgen Caro  
Dr. Michael Wark  
Tel.: 0511/762-3175  
Fax: 0511/762-19121  
E-Mail: caro@pci.uni-hannover.de  
Internet: www.pci.uni-hannover.de

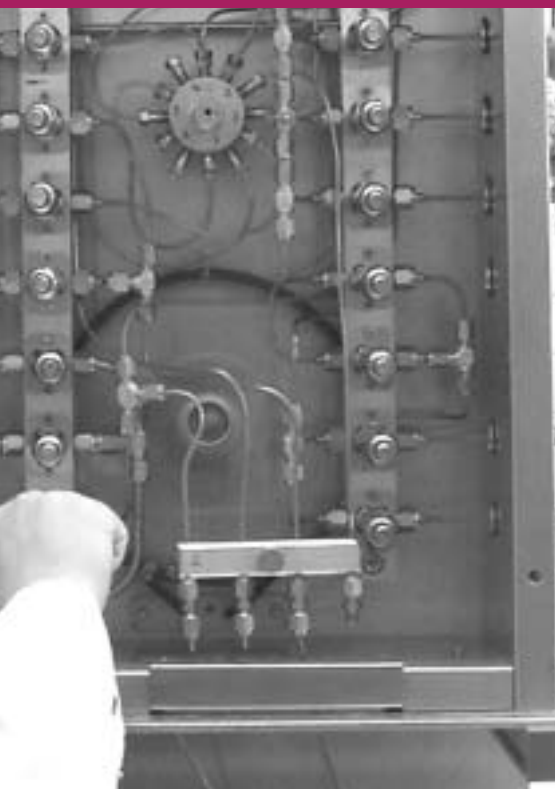
## Trennung nach Molekülgröße

Zeolithmembranen (siehe Glossar) gestatten erstmals eine kontinuierliche selektive Trennung von Molekülen nach ihrer Größe und Struktur. Das eignet sich besonders für Moleküle, die sich lediglich in ihrer Gestalt, nicht aber in ihren Siedepunkten unterscheiden und daher nicht über Destillation zu trennen sind. Beispielsweise trennt die Zeolithmembran Hexan-Isomere (n-Hexan und Dimethylbutan), die die gleiche Anzahl Atome ( $C_6H_{14}$ ), aber eine unterschiedliche Struktur haben.

Durch den Einsatz von Wasserstoffselektiven Zeolithmembranen wurde zum Beispiel der Ertrag bei der industriell bedeutenden Erzeugung von Propen erhöht, das unter anderem in Folien, Tüten, Rohrleitungen oder Stoßdämpfern verwendet wird. Bei der Dehydrierreaktion reagiert Propan zu Propen und Wasserstoff. Das chemische Gleichgewicht zwischen den Reaktionspartnern verhinderte bislang eine vollständige Umsetzung von Propan. Findet die Reaktion nun in einem Membranreaktor statt, kann der Wasserstoff aus dem Reaktor kontinuierlich über eine Zeolithmembran

Kristalline Zeolith-Membranschicht auf einem porösen keramischen Träger: Das schlanke n-Hexan passt durch die Poren der Membran, das sperrige Dimethylbutan wird abgewiesen. Im Membranreaktor für Dehydrierreaktionen kann nur das kleine Wasserstoffmolekül die Membran passieren. (Zusammenarbeit mit Noack, ACA Berlin-Adlershof)





Membranreaktor im Betrieb



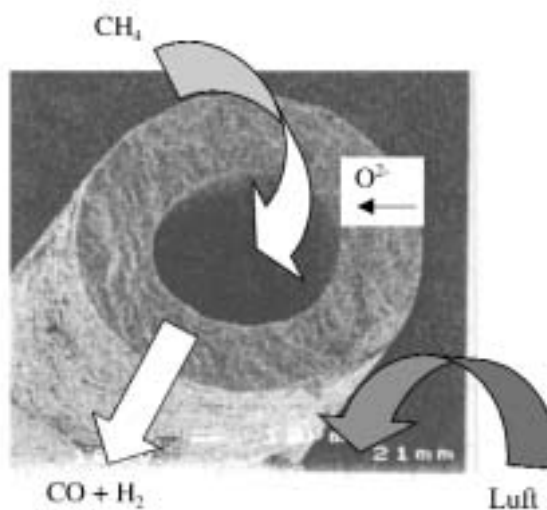
hinausdiffundieren. Die Propenausbeute konnte dadurch um 40 Prozent gesteigert werden.

### Membran als Reaktionspartner

Hochtemperaturstabile Perowskit- und Palladiummembranen (siehe Glossar) verbessern auch die Wasserstofferzeugung aus Erdgas für Brennstoffzellen. Die Membranen unterstützen effektiv die Reaktion von Methan zu Synthesegas (siehe Glossar) nach der Reaktionsgleichung  $\text{CH}_4 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{CO} + 2 \text{H}_2$ :

- Der für die Methanoxidation benötigte Sauerstoff wird kontinuierlich aus der Perowskitmembran abgezogen. Aufgrund des Sauerstoffverbrauchs diffundiert neuer Sauerstoff in den Reaktor nach. Dieses Prinzip ersetzt das kostenintensive kryogene Linde-Verfahren zur Erzeugung reinen Sauerstoffs durch Luftverflüssigung.
- Der unter der Bedingung des chemischen Gleichgewichtes entstehende Wasserstoff wird ständig über die Palladiummembran aus dem Reaktor abgezogen.

An der Universität Hannover erfolgt die katalytische Prüfung der neuen Membranen in entsprechenden Membranreaktoren.



Membranunterstützte Partialoxidation von Erdgas zu Synthesegas an einer Perowskithohlfaser (Faserproduktion am FHI für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik Stuttgart): Durch Sauerstoffionendiffusion gelangt Sauerstoff aus der Umgebungsluft in das Innere der Kapillare, wo die Reaktion des Methans zum Synthesegas erfolgt.

# Stabilere Membranen für Brennstoffzellen

Die Brennstoffzellen gelten als Schlüsselemente einer künftigen Energieversorgung. Diese innovative Zukunftstechnologie ist prinzipiell für mobile Anwendungen, zum Beispiel in Automobilen, Schiffen, Bahnen, Laptops und Handys, und für eine stationäre umweltfreundliche Energieversorgung etwa von Gebäuden und Industrieanlagen von großem Interesse. Prognosen der Automobilindustrie sagen allein in Deutschland einen Bedarf an Brennstoffzellen für fünf Millionen Fahrzeuge bis 2010 voraus, das entspricht etwa zehn Prozent des Bestandes.

Für die mobilen Anwendungen wird der Brennstoffzellentyp mit Membran dominieren. Eine spezielle Kunststoff-

membran trennt hierbei die Elektrodenräume voneinander, damit sich die Reaktionskomponenten nicht vermischen. Die wasserstoffbetriebene Protonenaustauschmembran-Brennstoffzelle (PEMFC) weist eine hohe Leistungsdichte und eine Arbeitstemperatur um 100 °C auf. Sie hat im Vergleich mit Verbrennungsmotoren einen etwa zehnzehnjährigen höheren Wirkungsgrad.

Das Funktionsprinzip beruht darauf, zur Anode Wasserstoff ( $H_2$ ) und zur Kathode Sauerstoff ( $O_2$ ) oder Luft heranzuführen.  $H_2$  und  $O_2$  reagieren in einer kontrollierten Knallgasreaktion miteinander. Die frei werdende Energie wird zur Stromerzeugung genutzt. Die Protonenaustauschmembran (PEM) lässt dabei Wasserstoff-Protonen von der Anode zur Kathode wandern, hierbei entsteht an der Kathode Wasser ( $H_2O$ ). In der Brennstoffzelle werden viele solcher Einzelzellen zu einem Stapel in Serie geschaltet.

## Preisgünstigere, alternative Membranen

Die marktbeherrschenden Membranen für PEMFC werden unter der Marke Nafion® vertrieben. Diese Perfluor-Sulfonsäure-Membranen verursachen mit ihren hohen Kosten einen erheblichen Anteil an den Gesamtkosten der Brennstoffzelle. Weltweit gibt es zahlreiche Aktivitäten zur Entwicklung von alternativen Membranmaterialien, die vor allem kostengünstiger bei gleichen oder besseren Eigenschaften sein sollten. Bisherige Produkte haben jedoch einen entscheidenden Nachteil: Diese Membranen sind meist gegenüber Sauerstoff nicht stabil und werden während des Betriebs abgebaut. Das Institut für Technische Chemie der Technischen Universität Clausthal hat das Membranmaterial weiterentwickelt, um es gegenüber dem oxidativen Abbau durch Sauerstoff, der immer in der Brennstoffzelle vorhanden ist, zu schützen.

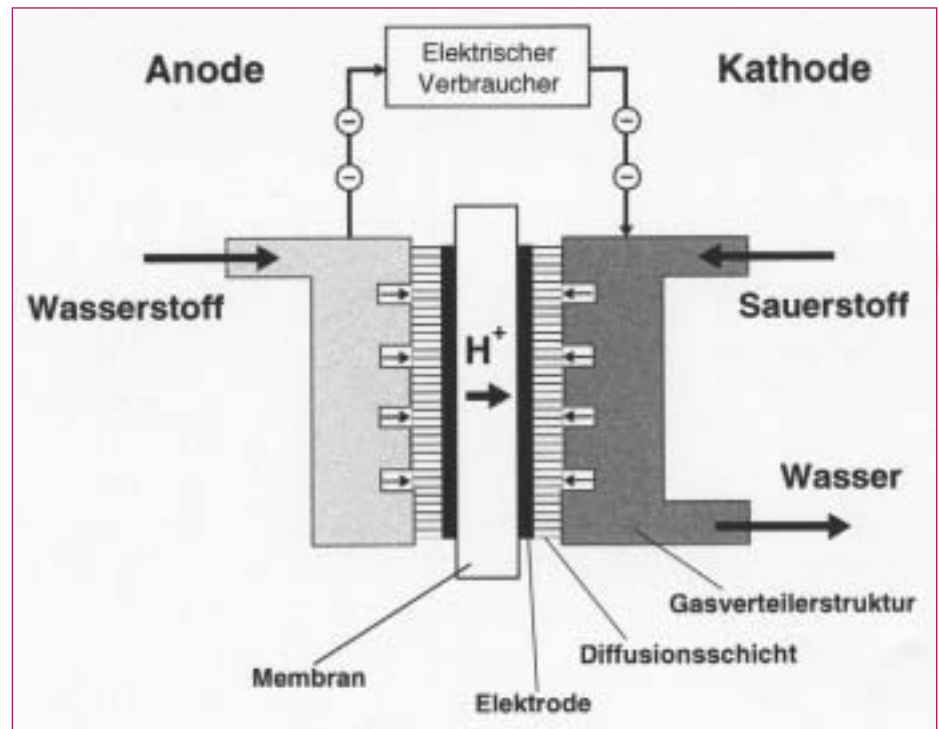
## VISITENKARTE



Technische Universität Clausthal  
Institut für Technische Chemie  
Erzstraße 18  
38678 Clausthal-Zellerfeld

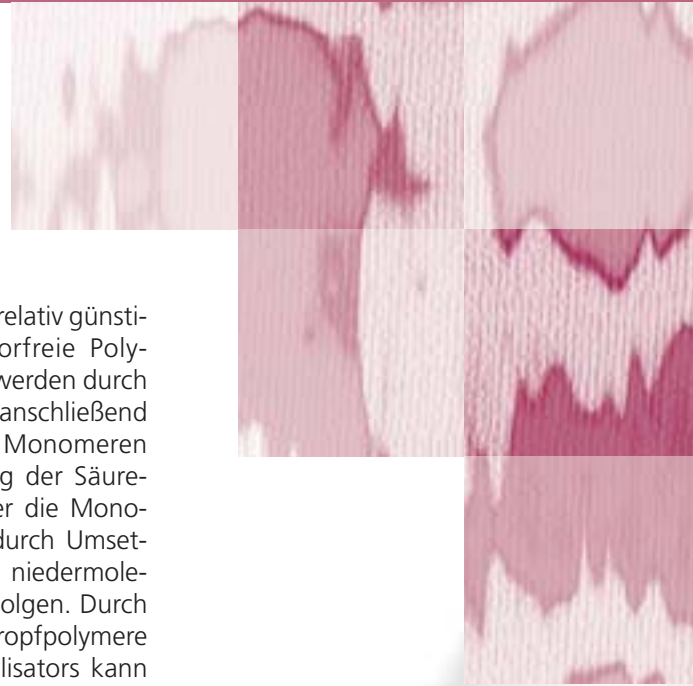
Forschungsbereiche:  
Polymersynthese  
Polymermodifizierung  
Polymeranalyse  
Modellierung

Ansprechpartnerin:  
Prof. Dr. rer. nat. habil. Gudrun Schmidt  
Tel.: 0 53 23/72-2035,-2036  
Fax: 0 53 23/72-36 55  
E-Mail: Gudrun.Schmidt@itc.tu-clausthal.de  
Internet: www.itc.tu-clausthal.de



Funktionsprinzip einer Brennstoffzelle mit Austauschmembran für Protonen ( $H^+$ )





Die Herstellung der alternativen Membranen erfolgt in drei Prozessschritten: Bestrahlen, Pfropfen, Sulfonieren. Fluorpolymer-Folien werden bestrahlt und dadurch aktiviert, damit sie sich mit anderen Substanzen wie zum Beispiel Styrol verbinden können (Pfropfen). In einem weiteren Behandlungsschritt werden organische Sulfonsäuregruppen eingeführt (Sulfonieren). Die vom Paul Scherrer Institut in der Schweiz auf diese Weise hergestellten Membranen auf Poly(tetrafluorethylenhexafluorpropylen)-Basis erreichen hohe Stromdichten ( $500 \text{ mA/cm}^2$  bei  $240 \text{ mV}$ , Kurzschlussspannungen von  $680$  und  $790 \text{ mV}$  bei  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Das Verhalten der Styrol-Membran ist vergleichbar mit Nafion®, nicht jedoch die Stabilität der Membran.

## Widerstandsfähiger gegenüber Oxidation

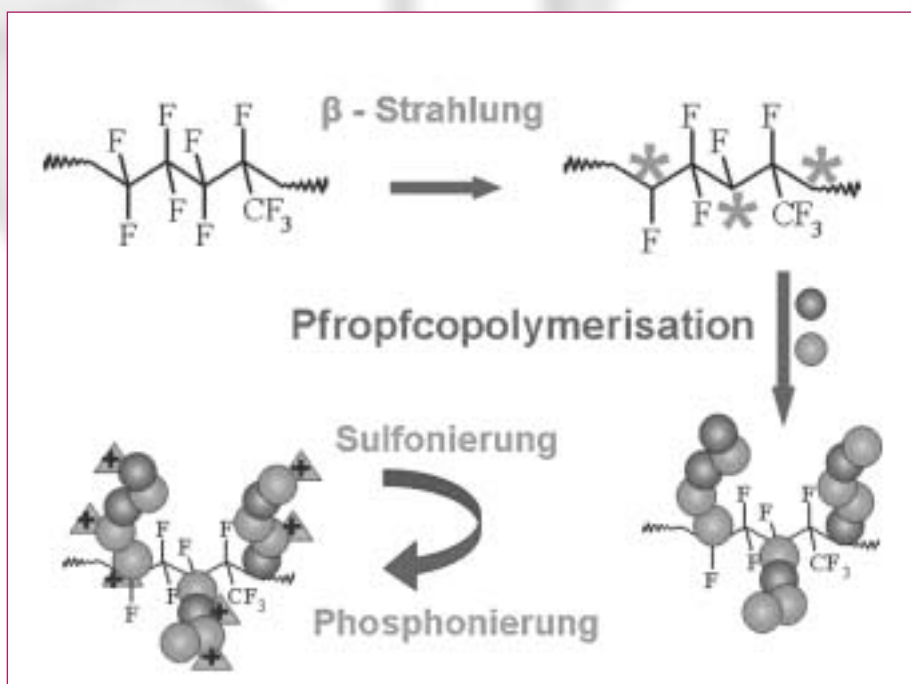
Die Clausthaler Forscher haben nun Membranen entwickelt, die nicht ausschließlich auf Polystyrolsulfonsäure beruhen und somit haltbarer

sind. Handelsübliche und relativ günstige fluorhaltige und fluorfreie Polymerfolien (siehe Glossar) werden durch  $\beta$ -Strahlung aktiviert und anschließend mit oxidationsstabileren Monomeren gepfropft. Die Einführung der Säuregruppen kann direkt über die Monomere oder nachträglich durch Umsetzungen mit säurehaltigen niedermolekularen Verbindungen erfolgen. Durch die Verwendung dieser Pfropfpolymeren und eines weiteren Stabilisators kann die Stabilität der Membranen in oxidativer Umgebung erheblich verbessert werden.

Diese weiterentwickelten Membranen erfüllen alle relevanten Kriterien, die Eigenschaften sind größtenteils sogar besser als bei Nafion®:

- hohe spezifische Leitfähigkeit ( $> 0,1 \text{ } \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$ )
- undurchlässig für  $\text{H}_2$  oder Methanol und  $\text{O}_2$
- hohe mechanische Stabilität
- gutes Wasserbindevermögen unter Betriebsbedingungen
- geringe Kosten

Die Forschung erfolgt im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms „Neuartige Schichtstrukturen für Brennstoffzellen“. Mit Partnern aus der Praxis, die die Membranen einsetzen, sollen die neuartigen PEM weiterentwickelt und für die Anwendung angepasst werden.



Schematische Herstellung der neuartigen Protonenaustauschmembran

# Neuartige Technologien für Displays und optische Filter

Innovative Displaytechnologien ergänzen zunehmend die in die Jahre gekommene Kathodenstrahlröhre (CRT). Eine überragende Rolle spielen dabei Flüssigkristall-Displays (LCD). Ursprünglich auf die Darstellung von Zahlen und Buchstaben beschränkt, gibt es LCD-Displays schon als größere TV-Bildschirme und sie verdrängen bereits die CRT-Monitore für Computer. Weitere Alternativen sind (siehe Glossar): Plasmadisplays (PDP), die Elektrolumineszenzdisplays (EL, insbesondere deren organische Variante OLED) und elektrochrome Displays. Entweder wird dabei weißes Licht elektronisch gesteuert gefiltert (LCD, elektrochrome Displays) oder sie produzieren elektronisch gesteuert Licht (PDP, EL, OLED). Gemeinsamer Vorteil: Es handelt sich durchweg um

Konstruktionen mit flachen Bildschirmen (flat panel display). Wo die verschiedenen Techniken angewendet und welche Marktanteile sie einnehmen werden, ist noch offen. Die Herstellungskosten, die erreichbare Auflösung, die Schaltzeiten, das Entwicklungspotenzial und der Energieverbrauch für den jeweiligen Anwendungsbereich des Displays beziehungsweise Filters spielen dabei eine wichtige Rolle.

## Farbänderung je nach Ladung

Ein aussichtsreiches Entwicklungspotenzial wird den elektrochromen Materialien zugeschrieben. Sie verändern ihre Farbe, wenn sie reduziert oder oxidiert werden, das heißt Elektronen aufnehmen oder abgeben. Das Phänomen gibt es in Festkörpern, aber auch in Lösungen, zum Beispiel bei der Stoffgruppe der Viologene. Wird das farblose, zweifach geladene Kation durch Anlegen einer elektrischen Spannung zum einfach geladenen Kation reduziert, färbt sich die Lösung tief blau.

Elektrochrome Schichten können auch in elektrochemische Zellen eingebaut werden, wo sich wechselseitig chemische und elektrische Energie umwan-

deln. Der Ladungszustand der elektrochromen Schicht bestimmt, ob die Zelle transparent ist oder sich nach Ladungsänderung färbt und damit absorbierende Eigenschaften besitzt. Zum Aufbau eines Filters werden zwei fluordotierte Zinnoxidschichten auf Glas verwendet, die für elektrische Leitfähigkeit sorgen. Auf diesen Elektroden liegen die elektroaktiven Schichten auf – eine kann ihre Farbe je nach Ladung ändern, die andere ist nicht elektrochrom und wahrt die Elektroneutralität.

Elektrochrome Zellen sind bisher als Display kaum eingesetzt worden mit Ausnahme weniger Armbanduhren-Prototypen. Sie haben sich aber in der Architektur im Zusammenhang mit elektrisch einfärbbaren Fensterscheiben und im Automobilbereich bei automatisch abblendenden Rückspiegeln einen Namen gemacht.

## Farbverstärkung durch Nanotechnologie

In Zusammenarbeit mit einer Forschungsgruppe in Lausanne hat das Institut für Chemie der Universität Osnabrück ein neuartiges, nanotechnologisches Prinzip gefunden, das die Farbe in elektrochromen Displays und

## VISITENKARTE



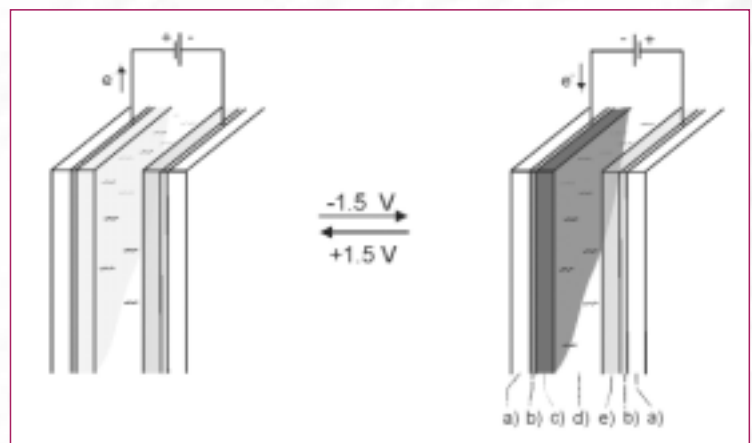
Universität Osnabrück  
Institut für Chemie  
Barbarastraße 7  
49069 Osnabrück

Forschungsbereiche:  
Organische- und Bio-Elektrochemie,  
Elektrochromie, Biosensorik

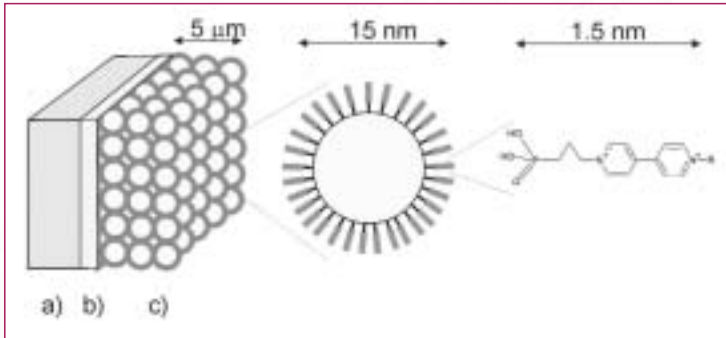
Kooperationspartner:  
EPFL, Lausanne, Prof. Michael Grätzel;  
Flachglas AG (Pilkington Deutschland),  
Gelsenkirchen; Ntera Ltd, Dublin/Irland

Patente:  
„Electrochromic or photoelectrochromic devices“ (Pierre Bonhote, Lorenz Walder, Michael Grätzel), US6,067,184, US6,428,227, DE6,970,971,0T2, DE6,970,971,0C0, AT0,209,366E, EP0,886,804A2, WO9,735,227A2;  
„Displays for high-resolution images and methods“ (Martin Möller, Lorenz Walder), PCT WO 03/001,288 A2 weltweit, EP1,271,227A1

Ansprechpartner:  
Prof. Dr. Lorenz Walder  
Simona Asaftei, Martin Möller  
Tel.: 05 41/9 69-24 95, -24 96  
Fax: 05 41/9 69-33 08  
E-Mail: LoWalder@uos.de  
Internet: www.uni-osnabrueck.de



Aufbau einer elektrochromen Zelle: zwei fluordotierte Zinnoxidschichten (b) auf Glas (a) als Elektroden, Elektrolyt (d), elektrochrome Schicht (c), aufladbare Schicht (e); je nach Ladung ist die elektrochrome Schicht transparent oder farbig.



An versinterten TiO<sub>2</sub>-Kristallen werden über einen Anker die Viologene (rechts) gebunden, die bei Ladungsänderung ihre Farbe ändern. In mehreren Lagen bilden die Kristalle die elektrochrome Schicht und verstärken damit den Farbeffekt.

Filtern verstärkt. Dabei werden auf einer Indium-Zinnoxidschicht halbleitende Titandioxid-Nanokristalle versintert (siehe Glossar). Es entsteht dadurch eine dreidimensionale, transparente Elektrode mit einer entsprechend großen Oberfläche. Auf diesen TiO<sub>2</sub>-Kristallen werden Viologene, versehen mit speziellen Ankergruppen wie Phosphonaten, als monomolekulare Schicht abgesetzt. Somit verteilt sich viel elektrochromes Material über das elektrisch leitende TiO<sub>2</sub>-Netzwerk, das effizient und schnell über Ladungsänderungen die Farbe ändern kann. Nach dem oben dargestellten Verfahren wurden transparente Filter und reflektierende Displays (4-Pixel-Prototyp-Displays) aufgebaut. Verglichen mit den bekannten elektrochromen Materialien zeigen diese neuartigen Displays und Filter eine höhere Farbdichte und schnellere Schaltzeiten. Diese Arbeiten entstanden in Kooperation mit der Flachglas AG.

### Hohe Auflösung, wenig Energie

Kürzlich ist der Osnabrücker Forschungsgruppe ein Durchbruch bei schaltbaren, hoch aufgelösten elektrochromen Bildern (siehe Glossar) gelungen. Diese Bilder lassen sich ein- und ausschalten und können in Displays verwendet werden, die zum Beispiel festgelegte Pictogramme anzeigen. Der große Vorteil gegenüber anderen

Technologien ist, dass lediglich das Ein- und Ausschalten Energie kostet. Das Halten der Information beziehungsweise des Bildes ist energiefrei. Somit eignen sich die neuartigen Bilder besonders für mobile, stromsparende Telekommunikationsgeräte. Zurzeit arbeiten die Forscher zusammen mit N-Tera Ltd., Irland, an der weiteren chemischen Fixierung und Verstärkung dieser Bilder. Aus Rücksicht auf Patentanmeldeverfahren kann an dieser Stelle die Herstellung dieser elektrochromen Variante noch nicht bekannt gegeben werden.



Transparente Filter und reflektive Displays



Mit einer neuen Technologie hergestellt können elektrochrome Bilder mit bisher unerreichter Qualität an- und ausgeschaltet werden. Das Halten der beiden Zustände ist stromfrei.

# Herstellung und Funktionsanalyse biochemischer Schichten

Für den technischen Einsatz werden Biomoleküle wie Enzyme oder Antikörper häufig an Oberflächen gebunden. Die Kombination dieser biochemischen Schichten als neuartige Funktionsmaterialien mit elektronischen Bauelementen findet bereits in technischen Produkten wie Glucosetestgeräten für Diabetiker Anwendung. Für die Zukunft zeichnen sich vielfältige weitere

Produkte ab, die zum Beispiel analog zu den schon existierenden DNA-Chips (siehe Glossar) auch Protein-Chips, Sensoren, elektrochrome Oberflächen (siehe Glossar), selbstreinigende Oberflächen und neuartige Displaytechnologien umfassen.

## Variable Prototypen für Funktionsflächen

In vielen Fällen bestimmt die flexible Struktur der Moleküle in den aufgetragenen Schichten die besondere Funktionalität der Oberflächen. Die Moleküle müssen gleichzeitig an der Unterlage fest verankert sein – gefragt sind also maßgeschneiderte Grenzschichten, die Flexibilität und Stabilität miteinander verbinden. In der Mikro- und Nanotechnologie müssen Funktionsschichten zudem in immer kleineren Maßstäben strukturiert werden. Allerdings zerstören die Prozessbedingungen in der Produktion fester oder kristalliner Chips meist die Funktion der empfindlichen Biomoleküle und damit der biochemischen Schichten. Neue Technologien für weiche Oberflächen, zum Beispiel in Form von Gelen, sollen den Durchbruch bringen.



Mitarbeiter bereiten Proben für eine Messung mit einem

Eine Arbeitsgruppe am Institut für Reine und Angewandte Chemie der Universität Oldenburg entwickelte mehrere Technologien zur Herstellung und Strukturierung von organischen Dünnschichten. Dabei schauten die Forscher Selbstorganisationsprozesse von der Natur ab, übertrugen sie in technische Systeme und steuern diese gezielt durch die Wahl der Reaktionsbedingungen. Sie verwenden softlithographische Methoden (siehe Glossar), um mikroskopische Muster zu stempeln oder zu formen. In diesen Mustern können sie durch mikro- und nanoelektrochemische Methoden wie ein Chirurg

## VISITENKARTE

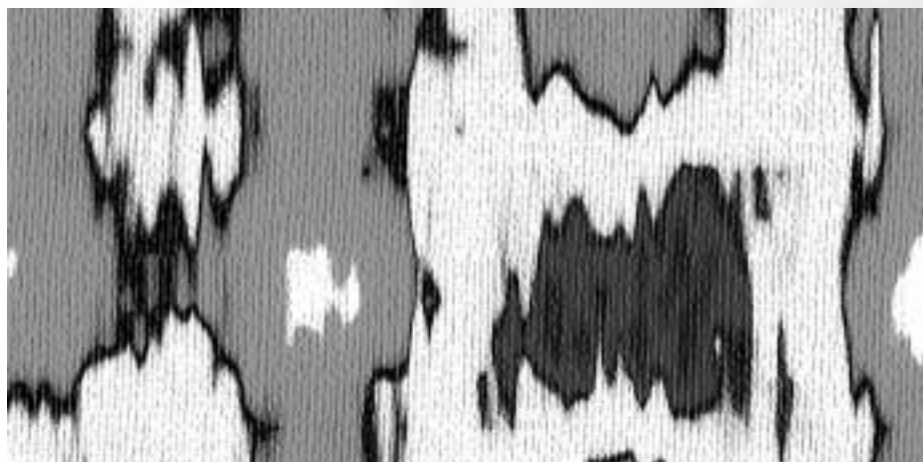


Carl von Ossietzky Universität Oldenburg  
Arbeitsgruppe Physikalische Chemie  
Institut für Reine und Angewandte Chemie  
und Institut für Chemie und Biologie des Meeres  
26111 Oldenburg

Forschungsbereiche:  
Organische und biochemische  
Funktionsschichten,  
Mikro- und Nanoelektrochemie,  
Schaltbare Funktionsmaterialien,  
Entwicklung und Anwendung von  
Rastersondenverfahren,  
Funktionalisierte Grenzflächen  
in Mikrosystemen

Preise:  
Zimmer International Scholar  
der University of Cincinnati, 2003

Ansprechpartner:  
Prof. Dr. Gunther Wittstock  
Tel.: 04 41/7 98-39 70  
Fax: 04 41/7 98-39 79  
E-Mail:  
gunther.wittstock@uni-oldenburg.de  
Internet:  
<http://agwittstock.chemie.uni-oldenburg.de>



Die Aufnahme mit dem elektrochemischen Rastermikroskop gibt den Umsatz des Enzyms Meerrettichperoxidase (mittelgrau entspricht dem höchsten Umsatz) in Abhängigkeit von dem Abstand zur Glucoseoxidase (dunkle Region Mitte rechts) auf dem Chip wieder.



Rastersondenmikroskop vor.

Komponenten entfernen oder neue einführen und dadurch sehr variable Prototypen für hochintegrierte Funktionsflächen fertigen.

### Mikroskopische Messfühler erfassen Funktionalität

Seit Jahren arbeitet die Forschergruppe führend an einer speziellen Mikroskopietechnik, mit der sich überprüfen lässt, ob die aufgebrachten Schichten tatsächlich die angestrebte Funktionalität besitzen. Die Schichten werden unter anderem für miniaturisierte Anordnungen von Enzymsensoren entwickelt, die in einer winzigen Probe mehrere Parameter, etwa verschiedene Zuckerarten in einer Blutprobe, gleichzeitig ermitteln. Strukturierte Zwischenschichten sollen das Übersprechen von Signalen eines Sensors auf die benachbarten Messfühler vermeiden.

Die elektrochemische Rastermikroskopie (SECM) gestattet es, die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen zu kartieren. Bei solchen Messungen erfassen sehr kleine Elektroden mit Durchmessern zwischen 10 Nanometern und 25 Mikrometern die von den Enzymen umgesetzten Substanzen. Über das Elektrodenpotenzial lässt sich einstellen, welches Enzym untersucht werden soll. Die benötigten Elektroden werden

am Institut hergestellt. Ein hochpräzises Positioniersystem bewegt die Elektrode in einem Raster über die zu untersuchende Oberfläche. Der an jedem Punkt gemessene Strom wird in einen Farbton übersetzt und von einem Computer zu einer mikroskopischen Abbildung zusammengesetzt, die der Kontrolle der angestrebten Funktionalität dient.

Die Wissenschaftler entwickeln die elektrochemische Rastermikroskopie weiter und bieten Interessenten ihr Know-how zu Geräten und Software an. Sie kombinieren diese Technik mit anderen chemischen, auf dem Rasterprinzip beruhenden Mikroskopiearten. Zum Leistungsspektrum zählen Rasterkraftmikroskopie und Rastertunnelmikroskopie, deren Messfühler andere Eigenschaften erfassen. Dadurch werden die Anwendungsgebiete erweitert, unter anderem für Untersuchungen von Korrosion oder von Elektrokatalysatoren in Brennstoffzellen.



# Modifizierung von Holzoberflächen durch Plasmabehandlung

Der nachwachsende Rohstoff Holz gehört im Bauwesen zu den ältesten Werkstoffen. Ob beim Einsatz von Vollhölzern oder so genannten Leimbindern – meist muss für die Nutzung die Holzoberfläche modifiziert werden. Durch die Vorbehandlung werden die Adhäsionseigenschaften der Oberfläche verbessert, die Verleimungen bleiben fester und der Anstrich als wirksamer Oberflächenschutz hält besser.

## VISITENKARTE



Fachhochschule  
Hildesheim/Holzminde/Göttingen  
Institut für Chemie  
Schlehenbusch 9  
37603 Holzminde

Forschungsbereiche:  
Baustoffanalytik, Instrumentelle Analytik

Firmenausgründung:  
Institut für Mechatronik und angewandte  
Photonik der NATI Technologieagentur  
Niedersachsen GmbH, 2002

Patent:  
„Method for modifying wooden surfaces  
by electrical discharges at atmospheric  
pressure“ (Wolfgang Viöl),  
Europäisches Patent 00 993 244.3

Ansprechpartner:  
Prof. Michael Leck  
Prof. Dr. Gisela Ohms  
Prof. Dr. Wolfgang Viöl  
Tel.: 05531/9359-14  
Fax: 05531/9359-59  
E-Mail:  
michael.leck@chemie.fh-holzminde.de  
Internet: www.fh-holzminde.de

Mit der Laser- und Plasmabehandlung (siehe Glossar) von Holzoberflächen stellt das Institut für Chemie der Fachhochschule Hildesheim/Holzminde/Göttingen einen neuen Ansatz vor, der Oberflächenmorphologie und -energie gleichzeitig verändert. Die Oberflächenenergie wirkt auf einen Flüssigkeitstropfen derart ein, dass er entweder eine große oder kleine Fläche benetzt. Dabei hat die Plasmabehandlung den Vorteil, dass sie gegenüber der in speziellen Bereichen bereits eingesetzten Lasertechnik eine größere Variationsvielfalt bei der chemischen Oberflächenmodifizierung zulässt. Sie ist nach heutigem Kenntnisstand zudem deutlich kostengünstiger. Je nach Art des verwendeten Plasmas können die Oberflächen hydrophiler (wasseranziehender) oder hydrophober (wasserabweisender) werden.

## Kaltes Plasma

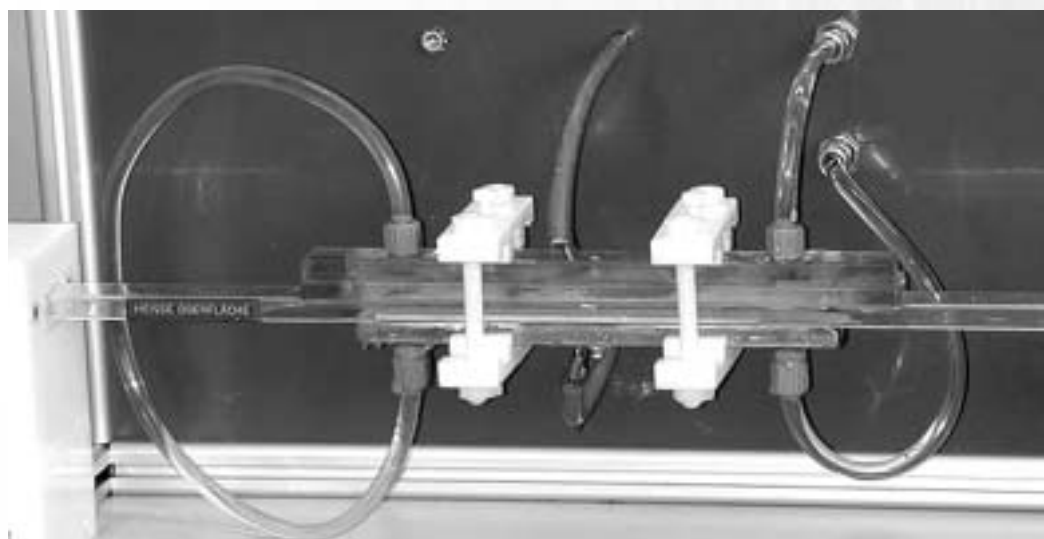
Technische Grundlage des Verfahrens bildet eine dielektrisch behinderte Gasentladung (siehe Glossar) bei Atmosphärendruck. Unter den Versuchsbedingungen entsteht ein schwach ionisiertes, so genanntes kaltes Plasma. Durch Wechselwirkung der Ionen mit dem Substrat wird die Substratoberfläche morphologisch und chemisch verändert,

durch Änderung der Plasmaeigenschaften wird die Art der Wechselwirkung gesteuert.

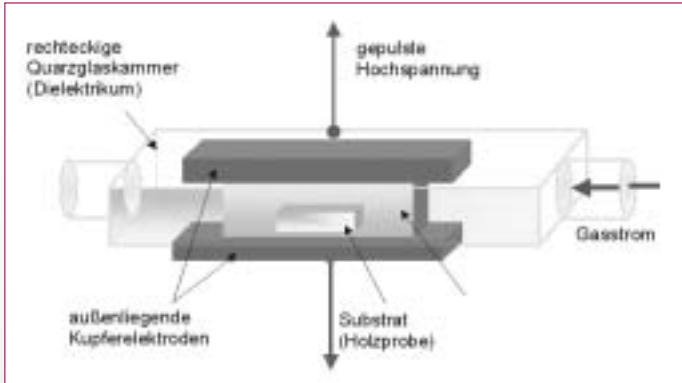
In der Praxis ist die Erzeugung einer homogenen Entladungszone unter atmosphärischen Bedingungen aber mit hohem experimentellen Aufwand verbunden. Anders als bei kommerziellen Niederdruckanlagen erfolgt die Zündung und Aufrechterhaltung der Gasentladung über einen Hochspannungsgenerator in einer überschlafesten und hochreinen Plasmakammer. Das Reaktionsgas wird unter Normaldruck mit konstantem Fluss durch die Kammer geleitet. Die wahlweise verwendeten verschiedenen Gasgemische lassen einen breiten Variationsspielraum zur Optimierung der Oberflächeneigenschaften zu.

## Veränderte Oberflächen

Die Oberflächenbehandlung wirkt sich im Benetzungsverhalten aus. Je nach Plasmaart kann die Eindringzeit eines Wassertropfens signifikant gesenkt werden, indem Randwinkel und Grenzflächenspannung verringert werden und der Tropfen dadurch eine größere Fläche benetzt. Die Oberfläche wird hydrophiler. Somit können auch wässrige Klebdispersionen besser ins Holz eindringen und die Verklebung festigen.

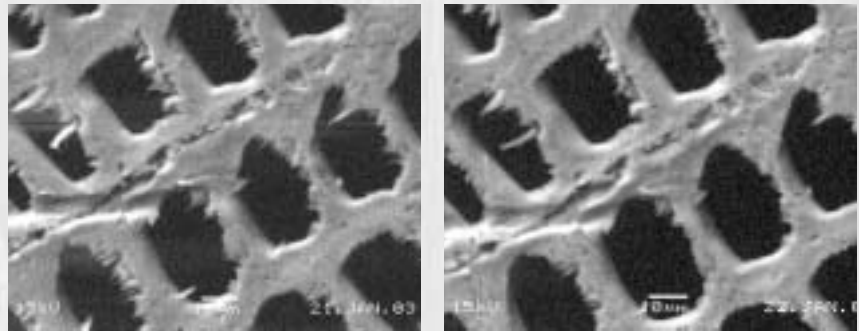


In der Plasmakammer wird die Holzoberfläche bearbeitet.



Schema einer Barriereentladungsapparatur

Die Überprüfung der Ergebnisse erfolgt mittels Rasterelektronenmikroskopie. Die Proben können ohne weitere Oberflächenbehandlung (Besputterung oder Bedampfung) im Low-Vacuum-Betrieb untersucht werden. Diese relativ neue Technik lässt es auch bei nicht leitfähig gemachten Proben zu, geringe topologische Unterschiede mit einem empfindlichen BEI-Detektor (Backscattered Electron Imaging) sichtbar zu machen.



Fichtenholz vor (links) und nach der Plasmabehandlung (Aufnahme im Rasterelektronenmikroskop)

Die Infrarotspektroskopie eignet sich zur Untersuchung der chemischen Modifizierung der Oberfläche, insbesondere um Veränderungen im Bereich funktioneller Gruppen zu erkennen und die Kontaktflächen zu analysieren. Es können unter anderem verschiedene Oberflächentechniken, insbesondere die ATR-Infrarotmikroskopie (Abgeschwächte Totalreflexion), aber auch Reflexionstechniken eingesetzt werden.



Ein Wassertropfen auf unbehandeltem (links) und auf plasmabehandeltem Fichtenholz

Mittels Headspace-GC/MS – einem speziellen gaschromatographischen und massenspektrometrischen Analyseverfahren für Gasphasen – werden zudem während der Plasmabehandlung auftretende reaktive Gase und aus den Holzproben austretende leichtflüchtige Produkte bestimmt. Die Techniken sind soweit entwickelt, dass sie mit einem Holz verarbeitenden Unternehmen in die Praxis umgesetzt werden können.

# Mit Hochdruck zu neuen Gläsern

In der Natur existieren wasserreiche vulkanische Gläser wie zum Beispiel der Pechstein, aus dem der berühmte Götterfelsen bei Meißen besteht. In früheren Jahren wurden diese Gläser als Beimengungen für die Herstellung technischer Gläser genutzt. Weiterhin wurde Pechstein erhitzt und daraus künstlicher Bimsstein gewonnen, um ihn als Isolationsmaterial einzusetzen. Einer breiten Verwendung dieser natürlichen wasserhaltigen Gläser stand insbesondere die mangelnde chemische Reinheit entgegen.

Wasserhaltige Gläser künstlich zu erzeugen, war bislang ebenfalls schwierig. Technische Gläser und Spezialgläser werden normalerweise durch Aufschmelzen von Oxid- und Karbonat-

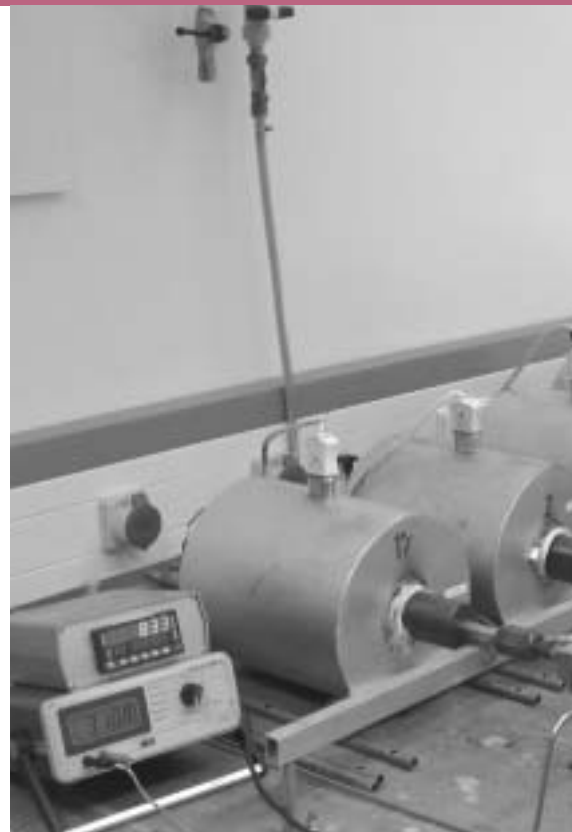
mischungen bei Normaldruck hergestellt. Unter diesen Bedingungen können aber leicht flüchtige Substanzen wie Wasser und Kohlendioxid nicht in Gläser eingebracht werden, da ihre Löslichkeiten zu gering sind. Am Institut für Mineralogie der Universität Hannover können jetzt wasserhaltige Gläser aus hochreinen Ausgangsstoffen hergestellt werden. Diese Gläser zeigen eine Reihe von interessanten Eigenschaften, die sie von konventionellen Gläsern unterscheiden.

## Aufquellen und Aufschmelzen

Wassergehalte von einigen Gewichtsprozent können in Gläsern nur bei Drücken eingebracht werden, die den Atmosphärendruck um das Hundert- oder Tausendfache übersteigen. In der Arbeitsgruppe Experimentelle Geochemie am Institut werden zwei Produktionsmethoden eingesetzt:

- Aufquellen von Glaspulver oder Glasstücken in Wasser bei niedrigen Temperaturen (400-600°C)
- Aufschmelzen von Oxidpulvern und Wasser bei hohen Temperaturen (oberhalb von 800°C)

Im ersten Fall setzen die Forscher von außen beheizte Hochdruckautoklaven für die Synthese ein, wobei sie den Druck mit komprimiertem Argon erzeugen. Für Experimente bei höheren Temperaturen haben sie intern beheizte Gasdruckapparaturen entwickelt, mit denen sie Temperaturen von 1500°C bei Drücken von 5000 bar erreichen. Durch eine spezielle Abschreckvorrichtung werden auch Schmelzen mit einer



Versuchsvorbereitung mit einem extern beheizten Hoch-

druckautoklaven. Die Gläser zeigen eine starken Tendenz zur Kristallisation in Gläser überführt. Damit die Gläser nicht verunreinigen, werden die Ausgangsmaterialien in Edelmetallkapseln eingeschweißt. Mit diesen Methoden produzieren die Forscher im Labor Proben, zum Beispiel in Form von Glaszylindern, von maximal einigen Gramm. Das Material kann dunkel oder durchsichtig wie Fensterglas sein.

## Eigenschaften und Anwendungen

Die Stabilität der wasserhaltigen Gläser hängt stark von deren chemischer Zusammensetzung und der Menge an gelöstem Wasser ab. In manchen Gläsern können mehr als zehn Gewichtsprozent Wasser eingebaut werden, das bei Raumtemperatur auch über einen Zeitraum von mehreren Jahren nicht entweicht. Bei Wassergehalten bis vier Gewichtsprozent geht selbst bei Erwärmung bis 100°C oft kein Wasser verloren. Durch stärkeres Erhitzen kann es zum Aufschäumen der Gläser kommen. Diese Eigenschaft ist wichtig für Brennschutzstoffe, da durch das Aufschäumen eine poröse Dämmschicht entsteht.

## VISITENKARTE

Universität Hannover 



Universität Hannover  
Institut für Mineralogie  
Callinstraße 3  
30167 Hannover

Forschungsbereiche:  
Vulkanismus, Speicherminerale,  
Gesteins- und Bodenerosion,  
Mikroanalytik

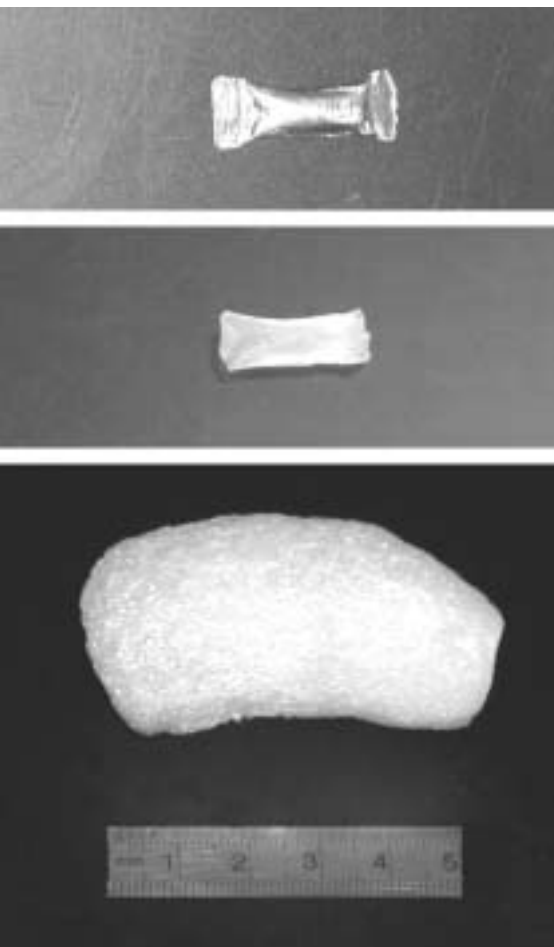
Kooperationspartner:  
Zentrum für Festkörperchemie und Neue  
Materialien der Universität Hannover,  
Technische Universität Clausthal,  
Bundesanstalt für Materialprüfung in Berlin

Ansprechpartner:  
Dr. Harald Behrens  
Tel.: 05 11/7 62-80 54  
Fax: 05 11/7 62-30 45  
E-Mail:  
h.behrens@mineralogie.uni-hannover.de  
Internet: www.min.uni-hannover.de





druckautoklaven.



Probenkapsel, wasserhaltiges Glas und durch Erhitzen gewonnener künstlicher Bimsstein



Das gelöste Wasser beeinflusst die Lichtabsorption im nahen und mittleren Infrarotbereich sehr stark. Bestimmte Frequenzen werden im Glas herausgefiltert, während bei anderen noch eine sehr gute Durchlässigkeit vorhanden ist, was bei Lichtleitern von Interesse ist. Einige Gläser ändern durch den Einbau von Wasser ihre Farbe stark. So sind trockene nickelhaltige Aluminosilikatgläser braun, durch Lösen von Wasser werden die Gläser grün. Mit einer hydrothermalen Behandlung können die Wissenschaftler bereits bei relativ niedrigen Temperaturen von 200-500°C dünne hydratisierte Schichten von wenigen Mikrometern auf Glasstücken erzeugen. Die Schichten zeigen eine deutlich andere Lichtbrechung als das Grundglas. Durch thermische oder chemische Nachbehandlung können die Schichten weiter modifiziert werden.

Außerdem entwickelt die Arbeitsgruppe durch Einbau von Wasser in die Glasstruktur neue Wasserstoffionenleiter. Zum Beispiel ist trockenes Bariumsilikatglas nicht elektrisch leitend. Nach Einbau von ein bis zwei Gewichtsprozent Wasser wird bei Temperaturen ab 200°C eine deutliche elektrische Leitfähigkeit beobachtet. Die Gruppe ist daran interessiert, diesen Leiter in der Praxis zu testen.

# Neue Herstellungsmethoden von Hartstoffen

Besonders harte und hoch schmelzende Stoffe – Carbide, Boride, Silicide oder auch Nitride bestimmter Metalle – spielen in Extrembereichen der Technik eine immer wichtigere Rolle. Diese speziellen Eigenschaften machen es aber auch besonders schwierig, die Werkstoffe herzustellen und in die notwendige Form zu bringen. Eine zunächst zufällige Entdeckung am Institut für Anorganische Chemie der Universität Hannover führte zu einem neuen Verfahren, bei dem die Synthese und die Formung der Hartstoffe prinzipiell in einem einzigen Schritt erfolgen. Diese Untersuchung fand nach ihrer Publikation ein

ungewöhnliches Echo und wurde unter anderem als „Highlight“ vom Wissenschaftsmagazin „Nature“ in seinem Online-Dienst „Nature Science Update“ herausgestellt.

## Reaktion und Formung in einem Schritt

Bei dem Verfahren reagiert ein Metall mit einer leicht verdampfenden Verbindung der Elemente Silicium, Bor oder Kohlenstoff. Beide Reaktionspartner gehen bei Temperaturen um 1000°C eine feste chemische Bindung zu dem gewünschten Produkt ein: Es entsteht ein Silicid, Borid oder Carbid des jeweiligen Metalls. Unerwarteterweise bleibt bei einer solchen Reaktion die Form des eingesetzten Metalls wie Draht, Blech oder Folie erhalten. Da Metalle prinzipiell leicht verformbar sind, können so die Zielmaterialien in einem Schritt gleich in der gewünschten Form erhalten werden. Als Anwendungsfelder kommen die Bereiche moderner Technik in Betracht, bei denen besonders harte und temperaturstabile Stoffe benötigt werden.

Ein besonderer Vorteil des Verfahrens ist die kurze Reaktionsdauer. Während klassische Synthesen solcher Stoffe lange Reaktionszeiten bei sehr hohen Temperaturen und damit sehr hohe Energieeinträge erfordern, läuft die Herstellung nun viel schneller ab. Der zusätzliche Arbeitsschritt, das Werkstück bei gleichfalls hohen Temperaturen zu formen, wird gänzlich eingespart.

Die Wissenschaftler haben eine beträchtliche Anzahl weiterer Reaktionen gefunden, die eine breite Palette von Anwendungen ermöglichen. Hartstoffe sind in der Regel sehr resistent gegenüber chemischen Einwirkungen. Dementsprechend werden sie in Umgebungen eingesetzt, die solche Eigenschaften erfordern. Die Anwendung erstreckt sich von der Hochofentechnologie (Konverterpfannen) bis zur Raumfahrttechnik (Raketentriebwerke).

## Beschichtung an unzugänglichen Stellen

Über die vollständige Umsetzung eines Metalls hinaus gelingt es mit dem neuen Verfahren problemlos, metallische Werkstoffe auch an unzugänglichen Stellen mit Schichten aus den genannten Materialien zu überziehen. So ist es zum Beispiel denkbar, Metallrohre von innen gezielt zu beschichten. Die Schichtdicke

## VISITENKARTE

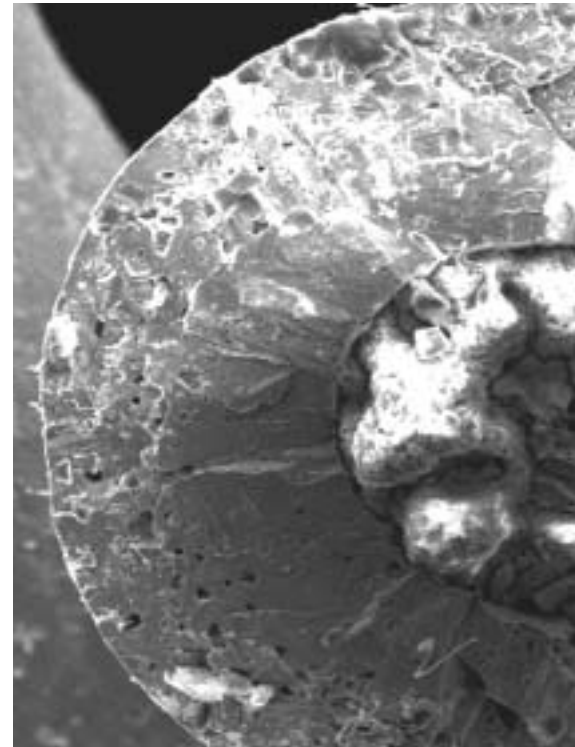
Universität Hannover 



Universität Hannover  
Institut für Anorganische Chemie  
Callinstraße 9  
30167 Hannover

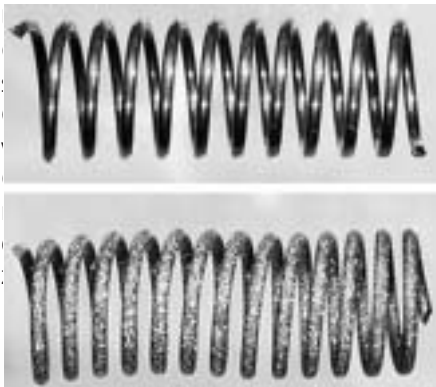
Forschungsbereiche:  
Synthese und Formgebung von  
Hochtemperaturwerkstoffen,  
Ionische Mischphasen,  
Synthese und Funktionalisierung  
von Nanopartikeln

Ansprechpartner:  
Prof. Dr. Michael Binnewies  
Tel.: 0511/762-2254, -9062  
Fax: 0511/762-19032  
E-Mail: [binn@aca.uni-hannover.de](mailto:binn@aca.uni-hannover.de)  
E-Mail: [mike.schuette@aca.uni-hannover.de](mailto:mike.schuette@aca.uni-hannover.de)  
Internet:  
<http://sun1.rrzn.uni-hannover.de/ak.binnewies/>



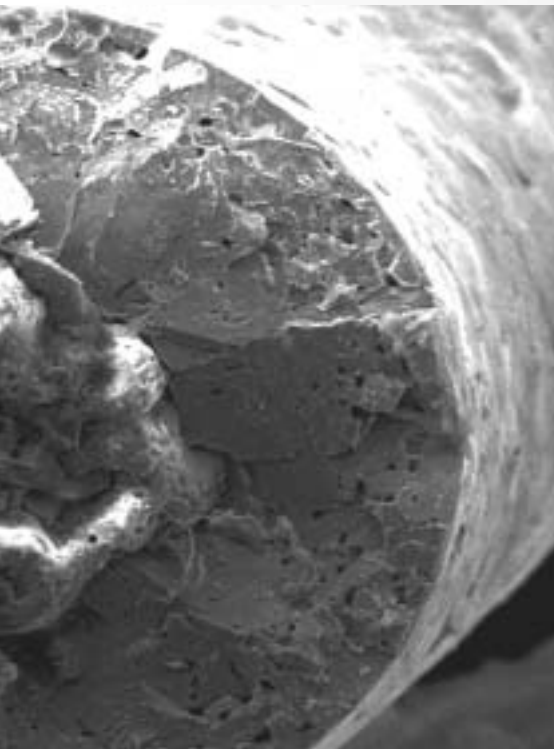
Ein Titandraht (Zentrum) ist mit einer Schicht aus Titan (mikroskop). Bei noch längerer Reaktionsdauer würde die

lässt sich sehr variabel einstellen, sie kann in erster Linie über die Reaktionsdauer reguliert werden. Über die Reaktionsparameter Temperatur und Druck können in komplexeren Stoffsystemen gezielt einzelne Verbindungen als kompaktes Material oder Schicht erhalten werden.



Aus dem Eisendraht hat sich nach der Behandlung Eisensilicid gebildet, die Spiralform blieb dabei erhalten.

Über das an den wissenschaftlichen Grundlagen orientierte Interesse hinaus strebt das Institut für Anorganische Chemie eine Zusammenarbeit mit werkstoffkundlich ausgerichteten Gruppen und Industrieunternehmen nachdrücklich an, um die neuen Produkte für entsprechende Applikationen zu testen und anzupassen.



icid überzogen (Querschnitt im Rasterelektronen-Titan gänzlich zu Titansilicid reagieren.



# Alternative Kühlschmierstoffe aus Tier- und Altspeisefetten

Kühlschmierstoffe kühlen Werkzeug und Werkstück beim Schleifen von Oberflächen und führen die abgetragenen Späne fort. In der Metallbearbeitung basieren diese Stoffe in der Regel auf Mineralöl mit zugesetzten Additiven und gefährden dadurch Umwelt und Personal. Das Institut für Ökologische Chemie und Abfallanalytik der Technischen Universität Braunschweig entwickelt in einem Verbundprojekt mit Industrie- und Hochschulpartnern umweltfreundliche und

kostengünstige Alternativen auf Basis nachwachsender Rohstoffe. Aus tierischen und pflanzlichen Fetten können technisch so hochwertige Schmierstoffe hergestellt werden, dass sie gefährliche Additive nicht mehr benötigen. Bisher hatten diese Produkte jedoch einen vergleichsweise hohen Preis.

## Neue Verwertungswege

Als kostengünstiger Rohstoff bieten sich Altfette aus der Lebensmittelproduktion an. So produzieren etwa deutsche Schlachthäuser und Tierkörperbeseitigungsanstalten zurzeit rund 300.000 Tonnen technisches Tierfett pro Jahr. Weiterhin werden jährlich etwa 120.000 Tonnen Altspeisefette aus Gastronomie und Lebensmittelindustrie gesammelt. Ausgelöst durch die BSE-Krise und eine Reihe von Tierfutter- und Lebensmittelskandalen werden diese Rohstoffe kaum noch als Tierfutterergänzungsmittel eingesetzt. Einen neuen Verwertungsweg eröffnet der Einsatz in der spanenden Bearbeitung von Metallen.

Die Analyse fettspezifischer Parameter hat wertvolle Hinweise für die Planung, Auslegung und Optimierung des tech-

nischen Prozesses zur Herstellung von Fettsäureestern aus Tier- und Altspeisefetten geliefert. So müssen die Fette beispielsweise zunächst filtriert und entwässert werden. Anschließend werden sie nach chemisch-physikalischen Eigenschaften getrennt. Die Behandlung mit Methanol ergibt Biodiesel, der in Fraktionen zerlegt und mit höheren Alkoholen weiterbehandelt wird. Durch diese Umesterung (Modifizierung der Fette, siehe Glossar) werden aus den Fetten Grundöle für die Herstellung von Kühlschmierstoffen gewonnen. Die hierfür geeigneten gesättigten Fettsäuren sind bis zu 55 Prozent im Rohmaterial enthalten.

Die Verwendung tierischer und pflanzlicher Fette zur Gewinnung von Schmierstoffen bringt eine Reihe von Vorteilen mit sich: Die Zusammensetzung und Qualität des Rohmaterials sind recht konstant, Fettsäurespektrum und Viskosität schwanken nur gering und nicht saisonabhängig. Der Spurenanalytik nach sind die Rohfette nur sehr niedrig mit anorganischen und organischen Schadstoffen belastet. Selbst wenn die Ausgangsstoffe kontaminiert sein sollten, werden die Schadstoffe zuverlässig erkannt. Sie reichern sich während des Herstellungsprozesses in

## VISITENKARTE

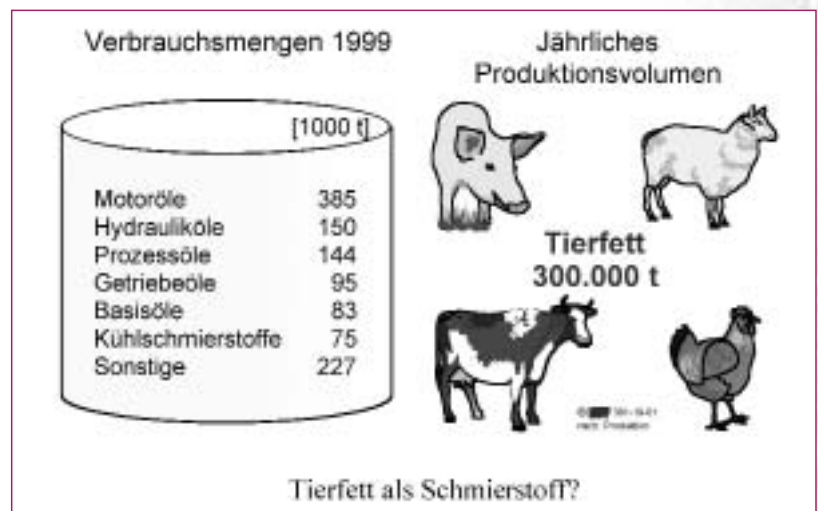


Technische Universität Braunschweig  
Institut für Ökologische Chemie  
und Abfallanalytik  
Hagenring 30  
38106 Braunschweig

Forschungsbereiche:  
Umweltchemie, Abfallanalytik,  
Chemie des Brandes, Pestizidchemie,  
Ökotoxikologie

Kooperationspartner:  
Volkswagen AG, Deutsche Castrol  
Industrieöl GmbH, Lömi GmbH,  
Hoffmann Maschinen- und  
Apparatebau GmbH,  
Berndt GmbH, Record GmbH und  
weitere Partner der TU Braunschweig  
und TU München-Weihenstephan

Ansprechpartner:  
Prof. Dr. mult. Dr. h.c. Müfit Bahadır  
Tel.: 05 31/3 91-59 60  
Fax: 05 31/3 91-57 99  
E-Mail: m.bahadir@tu-bs.de  
Internet:  
[www.tu-bs.de/institute/oechem/oechem.html](http://www.tu-bs.de/institute/oechem/oechem.html)



Aufgrund des hohen Verbrauchs an technischen Ölen werden Tierfette als Rohstoffquelle erschlossen.



Tierfettester haben die bessere Umweltbilanz verglichen mit Produkten aus Mineralöl oder Rapsöl.

den Rückstandfraktionen an und sind im Fertigprodukt nicht mehr enthalten. Auch unter dem Aspekt der Arbeitsplatzhygiene und -sicherheit wird eine hohe Produktakzeptanz dieser neuen Generation von Kühlschmierstoffen erwartet. In der Ökobilanz verursacht sie über ihren Lebensweg betrachtet deutlich weniger Umweltprobleme als mineralöl- oder pflanzenölbasierte Schmierstoffe.

## Erfolgreiche Testläufe

Im Rahmen des von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt finanzierten Projektes wurden in einer Technikumsanlage eines Projektpartners der TU München-Weihenstephan Kühlschmierstoffe aus Tier- und Altspeisefetten produziert und erfolgreich an Versuchsschleifmaschinen des Instituts für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik der TU Braunschweig eingesetzt. Eines dieser Produkte wurde bereits in der Serienfertigung bei der Volkswagen AG getestet, weitere Tests stehen demnächst an. Das Institut hat Interesse an weiteren Kooperationspartnern. Es ist unter anderem am „Kompetenzzentrum für internationalen Technologietransfer Umwelt und Infrastruktur – KiTU“ beteiligt. Ziel ist es, Technologien zusammen mit deutschen Unternehmen weltweit zu vermarkten beziehungsweise umzusetzen.



Kühlschmierstoff im Einsatz an einer Schleifmaschine

# Umweltfreundliche Herstellung von Pulverlacken ohne Lösemittel

Pulverklarlacke verdrängen aufgrund ihrer höheren Qualität und ihrer ökologischen Vorteile zunehmend konventionelle Lacke. Sie schützen gegen Witterungseinflüsse und sorgen zudem für den Glanz der Oberflächen. Zurzeit werden weltweit pro Jahr etwa 700.000 Tonnen Pulverlacke produziert, vor allem für den Einsatz in der Automobilindustrie, wobei hier noch ein enormes Wachstumspotenzial besteht. Im Gegensatz zu konventionellen Lacken enthalten gebrauchsfertige Pulverlacke

keine Lösemittel mehr, so dass bei der Anwendung eine Belastung durch Lösemitteldämpfe entfällt. Pulverlacke stellen eine umweltfreundliche Alternative zu konventionellen Lacken dar. Sie bestehen zu etwa 70 Prozent aus einem polymeren Bindemittel, das aus wenigstens drei Arten von Monomeren aufgebaut ist.

Bislang setzt man im Herstellungsprozess von Pulverlacken noch organische Lösemittel ein. Der Lehrstuhl für Technische und Makromolekulare Chemie der Georg-August-Universität Göttingen arbeitet daran, die Synthese des polymeren Binders in einem unbedenklichen und umweltfreundlichen Medium durchzuführen und gleichzeitig zu verbessern. Solch ein Medium ist überkritisches Kohlendioxid ( $\text{scCO}_2$ ). Die Wissenschaftler haben nachgewiesen, dass  $\text{scCO}_2$ , das sich in einem besonderen, von gängigen flüssigen und gasförmigen Phasen verschiedenen Zustand befindet, auch für konventionelle Polymere als Prozessmedium sehr geeignet ist. Damit kann auf organische Lösemittel gänzlich verzichtet werden. In diesem Medium können zudem während der Synthese weitere Komponenten wie UV-Härter oder Verlaufsmittel zugefügt

sowie schließlich die gebrauchsfertigen, eng verteilten Pulverlack-Partikel gebildet werden.

## Überkritisches Kohlendioxid als Medium

Im überkritischen Bereich bei Temperaturen oberhalb von  $31\text{ °C}$  und Drücken über  $74\text{ bar}$  kann die Dichte des Kohlendioxids kontinuierlich zwischen gasartigen und flüssigkeitsähnlichen Werten verändert und somit an die jeweiligen Anforderungen eines Experiments optimal angepasst werden. Für Polymerisationen (siehe Glossar) ist es besonders vorteilhaft, dass die Viskosität der Reaktionsmischung verringert wird und dass  $\text{scCO}_2$  sehr leicht vom polymeren Endprodukt abzutrennen ist. Der so eingesparte energieintensive Reinigungsschritt und die Vermeidung organischer Lösemittel sind besonders wichtig für einen nachhaltigen Prozess. Als Prozessmedium für die Partikelbildung ist  $\text{scCO}_2$  hervorragend geeignet, da es sich beim Entspannen sehr schnell abkühlt. Für die Prozesssicherheit ist es zudem von großem Vorteil, dass Kohlendioxid ungiftig, nicht brennbar und nahezu unbegrenzt verfügbar ist.

## VISITENKARTE



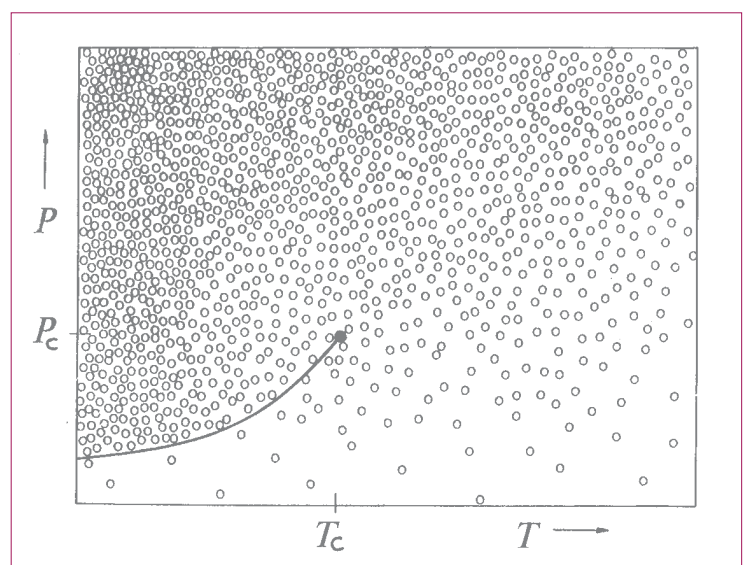
Georg-August-Universität Göttingen  
Lehrstuhl für Technische und  
Makromolekulare Chemie  
Tammannstraße 6  
37077 Göttingen

Forschungsbereiche:  
Modellierung technischer Polymerisationen,  
Messung der Zerfallskinetik und Effektivität  
von Peroxyverbindungen, laserinduzierte  
radikalische Polymerisationen, chemische  
Prozesse unter extremen Bedingungen

Kooperationspartner:  
DuPont Performance Coatings, Wuppertal

Patent:  
„Process for the preparation of polymer  
powder using supercritical fluid“,  
Europäisches Patent 1 201 682 A9

Ansprechpartner:  
Prof. Dr. Michael Buback  
Dr. Sabine Beuermann  
Tel.: 05 51/39-31 41  
Fax: 05 51/39-31 44  
E-Mail: mbuback@gwdg.de  
E-Mail: sbeuerm@gwdg.de  
Internet:  
[www.uni-pc.gwdg.de/buback/bubackstart.html](http://www.uni-pc.gwdg.de/buback/bubackstart.html)



Druck und Temperatur beeinflussen die Dichte des Kohlendioxids.

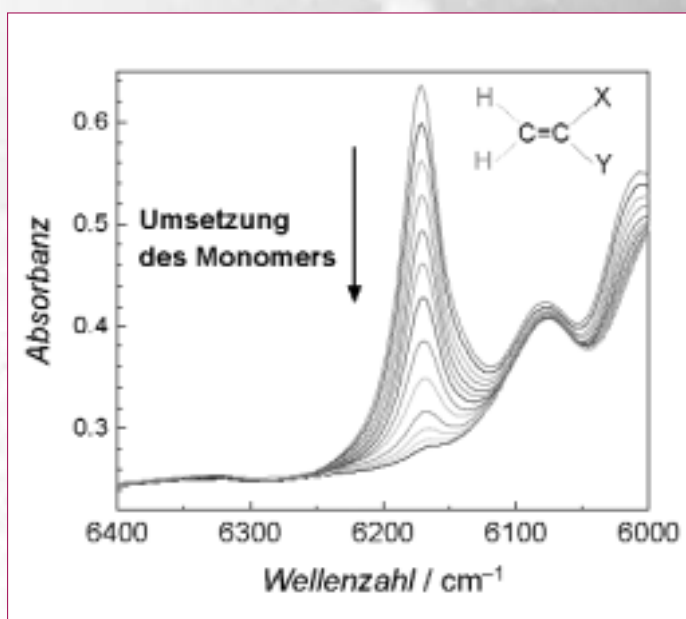


Pulverförmiges Bindemittel



## Vorteile des integrierten Verfahrens

Die Wissenschaftler untersuchten einige, den technischen Bindermaterialien sehr ähnelnde Modellsysteme. Es zeigte sich, dass die Synthese von Bindern, die aus den Monomeren Styrol, Methylmethacrylat und Glycidylmethacrylat bestehen, in Gegenwart von  $scCO_2$  in homogener Phase gelingt. Die Synthese erfolgt ohne Zusatz von teuren und die Produkteigenschaften beeinträchtigenden Stabilisatoren. Im Hinblick auf ein integriertes Verfahren, in dem die Teilschritte Bindersynthese, Pulverlack-Formulierung (durch Zufügen weiterer Komponenten) und Partikelgenerierung unmittelbar verknüpft werden, ist eine kontinuierliche Reaktionsführung besonders wichtig. Sie ist auch aus sicherheitstechnischen Erwägungen heraus sehr vorteilhaft, da kleine Reaktoren eingesetzt werden können. Am Lehrstuhl wird mit einem Strömungsrohrreaktor gearbeitet. Zur genauen Messung des Reaktionsfortschritts wird die Polymerisation unter Druck und bei Reaktionstemperatur durch quantitative Inline-Nahinfrarot-Spektroskopie beobachtet. Für Pulverlacke werden gewünschte einheitliche Bindermaterialien ohne Farbanteil mit mittlerer Molmasse hergestellt.



Die Nahinfrarot-Spektrenserie zeigt, wie die anfänglich hohe Monomerkonzentration kontinuierlich abnimmt, wenn die Monomere sich zum Bindemittel verknüpfen.

Das Projekt wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert und erfolgte in Kooperation mit der Firma DuPont Performance Coatings. Der Herstellungsprozess wurde zum Patent angemeldet. Auf dieser Basis können Polymere auch für andere technische Anwendungen in überkritischem Kohlendioxid hergestellt und behandelt werden.

# Intelligente Wärmedämmung mit innovativen Materialien

Für die Beheizung von Räumen wird ein Großteil der in Deutschland erzeugten Energie benötigt. Dies ist mit der problematischen Emission von Kohlendioxid bei der Verbrennung der fossilen Energieträger verbunden. Die ideale regenerative Energieform stellt die Sonnenenergie dar. Berechnungen zeigten, dass entgegen der landläufigen Meinung auch in unseren Breiten die Strahlungsintensität nicht nur an sonnigen Tagen ausreicht, um einen großen Teil des Wärmeenergiebedarfes zu decken. Durch die intensive Wärmestrahlung der Sonne bildet sich in einer Hauswand

eine Wärmewelle aus, die durch diese hindurch wandert. Diese Ausbreitung muss zeitlich verzögert werden, damit die Wärme erst abends im Hausinneren zur Verfügung steht. Aufgrund der noch nicht ausreichenden Effizienz scheiden Photovoltaik-Anlagen als Lösungsansatz aus. Auch solarthermische Ansätze scheitern an dem Problem, dass sie die Energie nicht ausreichend speichern können.

## Moleküle in Mikrokapseln speichern Wärme

Ganz neue Möglichkeiten eröffnen latente Wärmespeicher. In Form von Molekülen oder Molekülgemischen benötigen sie Energie für die Phasenumwandlung von fest nach flüssig beziehungsweise setzen bei der Umwandlung von flüssig nach fest Wärme frei. Die Energiedichte, das heißt die pro Volumen speicherbare Energie, der latenten Wärme ist um ein Vielfaches größer als die der fühlbaren Wärme in einem bestimmten Temperaturbereich. Das Schmelzen von Paraffinen entspricht beispielsweise 198 kJ/kg, ein

Kilogramm Wasser müsste dafür von 20 auf 70°C erwärmt werden, um die gleiche Wärmemenge zu speichern. Typische Latentwärmespeicher sind Paraffine oder Salzhydrate, die einen Schmelzpunkt im Bereich zwischen 10 und 100°C haben. Nach bisherigem Stand der Technik werden diese Substanzen in Kunststoffe eingekapselt und können entsprechend eingesetzt werden. Allerdings kann diese Technik nicht in der Gebäudesanierung angewendet werden, weil diese Materialien einerseits die Brandlast erhöhen und andererseits mit Putz schlecht zu kombinieren sind.

Das vom Institut für Reine und Angewandte Chemie der Universität Oldenburg entwickelte Verfahren beseitigt diese Probleme. Die Wissenschaftler verwenden zur Einkapselung von Paraffinen, zum Beispiel Hexadekan, siliciumorganische Materialien (Siloxane). Nach der Einkapselung wird die organische Gruppe der Paraffine abgespalten, typischerweise die Alkoholatgruppe. So entstehen Mikrokapseln, die man mit gefülltem Sand vergleichen kann, die sich problemlos mit Putz

## VISITENKARTE



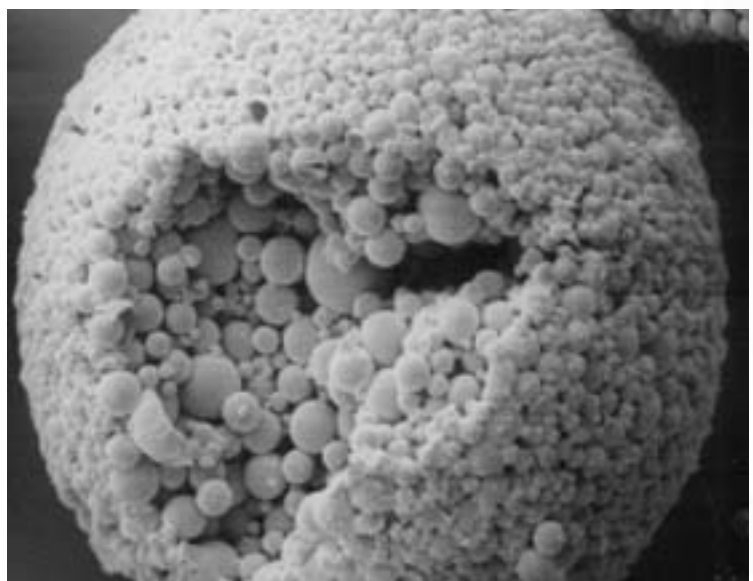
Universität Oldenburg  
Institut für Reine und Angewandte Chemie  
Technische Chemie 2  
Uhlhornsweg 49-55  
26129 Oldenburg

Forschungsbereiche:  
heterogene Katalyse (Aminierung, Acylierung),  
chemische Verwertung von Erdgasbestandteilen

Kooperationspartner:  
Remmers Bauchemie, Lönigen  
Follmann, Minden

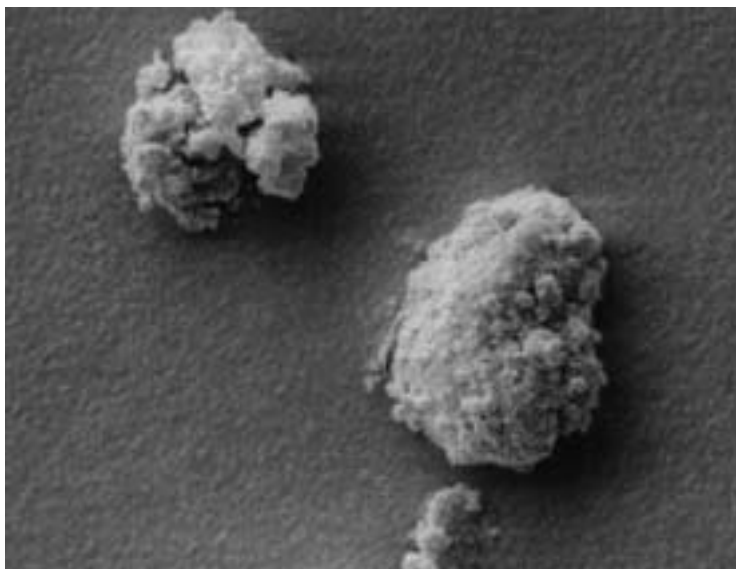
Patente:  
„Verwendung von siliciumorganischen Mikrokapseln als Latentwärmespeicher“  
(Frank Rößner, Doris Elberfeld),  
Deutsches Patent 19954772 (2001);  
„Silicon-organic microcapsules enclosing a water-soluble solid for latent heat storage“  
(Frank Rößner, Doris Elberfeld),  
Deutsches Patent 9954771 (2001);  
„Mikroverkapselung enthaltend einen adsorptionsbeladenen Feststoff“  
(Frank Rößner, Doris Elberfeld),  
Deutsches Patent 19954769 (2001)

Ansprechpartner:  
Prof. Dr. Frank Rößner  
Tel.: 04 41/7 98-33 55  
Fax: 04 41/7 98-33 60  
E-Mail: frank.roessner@uni-oldenburg.de  
Internet: <http://fb9-tc2.chemie.uni-oldenburg.de>



Mikrokapseln von Hexadekan als latentem Wärmespeicher mit Polymerhülle





Mikrokapseln von Adsorbatsystemen mit Siloxanhülle



verarbeiten lassen. Als Füllmaterialien können auch länger-kettige Alkohole, Salzhydrate oder Adsorbatsysteme (siehe Glossar) verwendet werden. Durch diese breite Auswahl lässt sich die entsprechende Temperatur der Phasenumwandlung definiert einstellen.

Dieser Spezialputz hat nun folgenden Effekt: Ein Teil der Wärme, die tagsüber durch die Wand wandert, wird über die Phasenumwandlung gespeichert. Im Laufe des Nachmittages, wenn die Außentemperaturen fallen, wird dieser Prozess umgekehrt und die Latentwärme wird freigesetzt. Simulationsrechnungen haben ergeben, dass bereits eine vier Zentimeter starke Schicht mit Mikrokapseln ausreichend ist, um abends zu einem bestimmten Zeitpunkt eine Temperaturerhöhung um 7°C an der Innenwand zu erreichen. Somit brauchen Bewohner die Raumheizung erst später einzuschalten, was den Verbrauch der Primärenergie reduziert.

### Vorteile für Verarbeitung und Raumklima

- Gegenüber der klassischen Wärmedämmung, zum Beispiel mit Styropor, wird die Wand nicht versiegelt, das heißt Sie bleibt durchlässig für Wasserdampf. Dies wirkt der Schimmelbildung im Wohnbereich entgegen.
- Das Wohlbefinden wird verbessert, da die Wärme nicht von einer punktförmigen Quelle wie einem Heizkörper ausgeht, sondern von einer großen Fläche strahlt.
- Die Hausfassade kann erhalten bleiben, weil keine zusätzlichen Schichten aufgebracht werden müssen. Das ist auch vom Standpunkt des Denkmalschutzes interessant.

Das Institut ist an einem Referenzprojekt aus der Bauindustrie interessiert, um diese Technik anzuwenden und weiterzuentwickeln.

# Tierarzneimitteln in der Umwelt auf der Spur

Die Wirkung von Arzneimittelrückständen in der Umwelt rücken zunehmend ins Zentrum des Interesses. Wo kommen sie vor? Wie verhalten sie sich? Welche Probleme verursachen sie? Die Zentrumsabteilung für Lebensmitteltoxikologie der Tierärztlichen Hochschule gehört zu den ersten, die auf dem Gebiet der Tierarzneimittel systematisch forschen und Analysemethoden entwickeln.

## VISITENKARTE



Tierärztliche Hochschule Hannover  
Zentrumsabteilung für  
Lebensmitteltoxikologie  
Bischofsholer Damm 15  
30173 Hannover

Forschungsbereiche:  
Lebensmittel- und Umweltanalytik,  
Ersatz- und Ergänzungsmethoden  
zum Tierversuch,  
Folate, Vitamin A und Retinoide

Kooperationspartner:  
Bund/Länderausschuss Chemikaliensicherheit, Länderausschuss Bodenschutz,  
Niedersächsisches Landesamt für  
Bodenforschung, Nutrinova GmbH,  
Umweltbundesamt

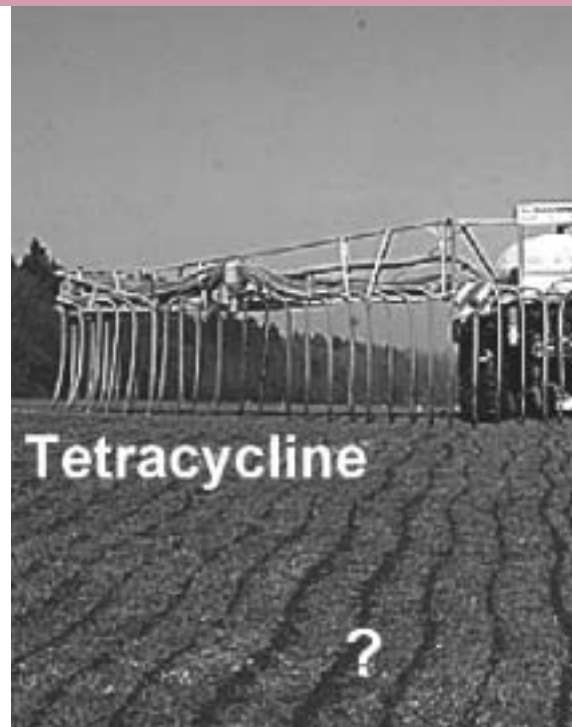
Ansprechpartner:  
Prof. Dr. Dr. h.c. Heinz Nau  
Dr. Gerd Hamscher  
Tel.: 05 11/8 56-76 01  
Fax: 05 11/8 56-76 80  
E-Mail: Heinz.Nau@tiho-hannover.de  
E-Mail: Gerd.Hamscher@tiho-hannover.de  
Internet:  
[www.tiho-hannover.de/einricht/lmtox/index.htm](http://www.tiho-hannover.de/einricht/lmtox/index.htm)

Untersuchungen in den vergangenen Jahren zeigten, dass Humanarzneimittel vor allem über Kläranlagenabflüsse in die Oberflächengewässer gelangen. Über in beträchtlichen Mengen verwendete Tierarzneimittel gelangten in erster Linie Tetracycline und Sulfonamide in die Gülle und in den Boden sowie im Falle der Sulfonamide auch in das Grundwasser. Eine aktuelle Studie belegt, dass in der Tierhaltung eingesetzte Antibiotika auch über die Futtermittel sowie getrocknete Exkremate in den Staub der Tierställe gelangen und somit von Menschen inhaliert werden können.

## Probleme und Risiken

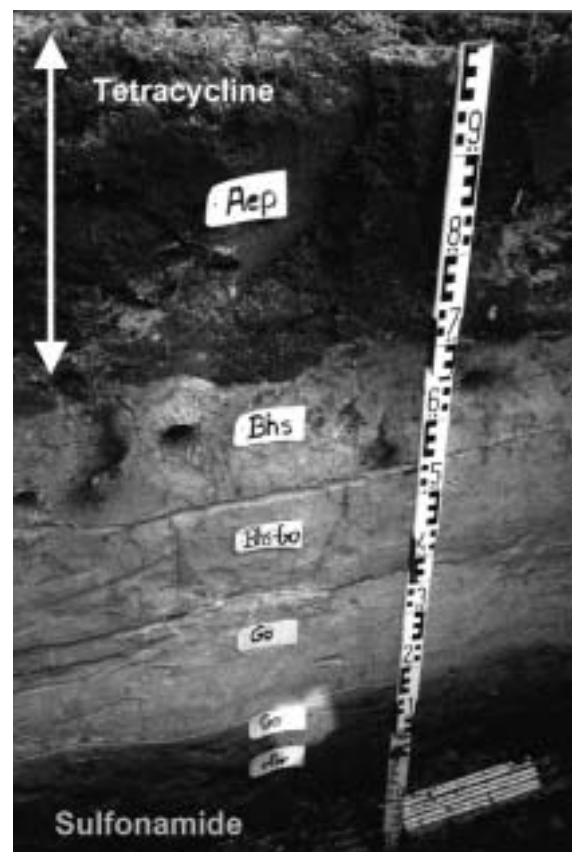
Der Eintrag von Tierarzneimitteln in die Umwelt führt in ganz unterschiedlichen Bereichen zu Problemen und Risiken. Antibiotisch wirksame Stoffe in Böden und im Grundwasser können dazu beitragen, dass sich bei Boden- und Wasserbakterien Resistenzen dagegen bilden. Weiterhin könnten Antibiotika die Struktur und/oder die Funktion von mikrobiellen Lebensgemeinschaften im Boden beeinflussen, was sich wiederum auf die landwirtschaftlichen Erträge auswirken würde. So traten wiederholt Störungen beim Betrieb von Fermentern und Biogasan-

Querschnitt durch einen norddeutschen Sandboden, der zum Anbau von Futtermais genutzt wird. Während die Wirkstoffgruppe der Tetracycline im humusreichen Oberboden (0-30 cm) festgehalten wird, können Sulfonamide in oberflächennahes Grundwasser (1,40 m Tiefe) gelangen.



Durch das Düngen mit Gülle gelangen die in der Tierha (Tetracycline und Sulfonamide) in den Boden. Für viele detaillierten Untersuchungen vor.

lagen auf, wenn antibiotikahaltige Gülle verwendet wurde. Dies kann – bedingt durch Ausfallzeiten und Wartungsarbeiten – zu beträchtlichen wirtschaftlichen Schäden führen.





## Sulfonamide

?

ung am häufigsten eingesetzten Antibiotika  
ndere (Tier-)Arzneimittel liegen bislang noch keine

Die Belastung von Stäuben mit Antibiotika in landwirtschaftlichen Betrieben stellt ein bislang nicht beachtetes Risiko insbesondere für den Menschen dar. Es ist davon auszugehen, dass auch bei der Herstellung von Antibiotika vergleichbare Kontaminationen möglich sind. Es könnten sich dadurch beim Menschen Resistenzen gegen Antibiotika oder aufgrund allergieauslösender Eigenschaften einiger dieser Wirkstoffe gesundheitliche Beeinträchtigungen ergeben.

### Hochspezifische Analysen

Der erste Schritt der Forscher im Rahmen einer Risikoabschätzung ist es zu untersuchen, wo und wie die Substanzen in die Umwelt gelangen. Hierfür ist es unverzichtbar, moderne spurenanalytische Verfahren einzusetzen und weiterzuentwickeln. Hierfür koppelten die Wissenschaftler der Tierärztlichen Hochschule chromatographische Hochleistungstechniken (HPLC, siehe Glossar) mit empfindlichen und spezifischen tandem-massenspektrometrischen Methoden (siehe Glossar). Das versetzte sie in die Lage, beispielsweise Stäube aus Ställen zu untersuchen und den Gehalt an Tierarzneimitteln zu

quantifizieren. Seit 1999 führen die Wissenschaftler zusammen mit dem Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung kontrollierte Feldstudien an Dauerbeobachtungsflächen durch. Insbesondere der Eintragsweg Gülle-Boden-Grundwasser wird hier praxisnah untersucht. Auf diesem Wege haben sie wichtige Daten zum Umweltverhalten von Tierarzneimitteln gesammelt.

Die bislang etablierten Nachweisverfahren lassen sich nach der Entwicklung spezifischer Vorbereitungstechniken auch auf andere Untersuchungsproben wie Blut oder Lebensmittel übertragen. Mit dem vorhandenen Know-how könnten darüber hinaus Schnelltests entwickelt werden, um zum Beispiel antibiotikabelastete Gülle vor der Biogas-erzeugung zu identifizieren. Die daraus resultierenden Behandlungsmaßnahmen ließen sich im Rahmen eines Kooperationsprojektes zwischen Tierärztlicher Hochschule und Industrie beziehungsweise landwirtschaftlicher Produktion erforschen. Im Bereich der Herstellung und Anwendung von Tierarzneimitteln könnten die bestehenden analytischen Verfahren genutzt werden, um den Gefährdungsgrad des Menschen zu erfassen und Kontaminationswege aufzudecken. Durch eine entsprechende Umstellung der Produktions- und/oder Arbeitsprozesse könnte hierdurch der vorbeugende Gesundheitsschutz wesentlich verbessert werden.



# Arzneimittel aus Phospholipiden

Die Eigenschaften biologischer Membranen werden wesentlich durch Proteine und Phospholipide bestimmt. Insbesondere die Phospholipide sind durch einfache Syntheseverfahren einer Arbeitsgruppe am Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie in Göttingen auch in großtechnischem Maßstab zugänglich gemacht worden. Das eröffnet eine Fülle von Möglichkeiten, die biologischen Eigenschaften dieser wichtigen Naturstoffklasse therapeutisch sowohl als Wirkstoffe als auch als Trägersysteme für Arzneistoffe zu nutzen. Ein eindrucksvolles Ergebnis dieser

Arbeiten ist die Entdeckung der Alkylphosphocholine, einer neuen Wirkstoffklasse zur Therapie von Krebs und zur Heilung von Leishmaniose. Verschiedene Vertreter aus der Gruppe der Alkylphosphocholine wurden bereits als Arzneimittel in unterschiedlichen Indikationen zugelassen. Die vergleichsweise geringen Nebenwirkungen könnten mit der strukturellen Nähe zu Phospholipiden erklärt werden.

## Therapie zur Krebsbekämpfung

Als erstes Phospholipid weltweit wurde für Hexadecylphosphocholin im Jahre 1992 von der Forschergruppe eine Zulassung als Arzneimittel zur örtlichen Behandlung von Hautmetastasen erreicht. Unter dem Handelsnamen Miltex® wird das Mittel mit gutem Erfolg eingesetzt; mehr als 60 Prozent der Betroffenen profitieren von dieser nebenwirkungsarmen Therapie.

Versuche, Hexadecylphosphocholin in einer systemisch wirksamen Form gegen solide Tumoren einzusetzen, waren jedoch wenig erfolgreich. Verträgliche Dosen waren kaum wirksam.

Deshalb hat die Göttinger Forschergruppe große Anstrengungen unternommen, um durch Strukturvariationen in Alkylphosphocholinen die angestrebten therapeutischen Ziele doch noch zu erreichen. Neben der Verlängerung der Alkylkette hat sich die Verwendung ungesättigter Alkylketten mit cis-Doppelbindung (betrifft die räumliche Anordnung der Atome oder Gruppen) sehr bewährt. So sind beispielsweise Oleylphosphocholin und Erucylphosphocholin im Tierexperiment deutlich wirksamer als Hexadecylphosphocholin. Auch die Verträglichkeit ist nachhaltig besser.

Bei Studien mit Erucylphosphocholin zeigte sich, dass diese Substanz sich auch im Gehirn gut anreicherte, obwohl die Blut-Hirn-Schranke erfahrungsgemäß eine undurchdringliche Barriere für die meisten Wirkstoffe darstellt. Diese Beobachtung war ausschlaggebend für die Entscheidung, Erucylphosphocholin als Antitumormittel in einer klinischen Studie bei soliden Tumoren und bei Hirntumoren zu prüfen. Die Vorbereitungen dazu sind abgeschlossen – eine klinische Phase-I-Studie wird im Oktober beginnen.

## VISITENKARTE



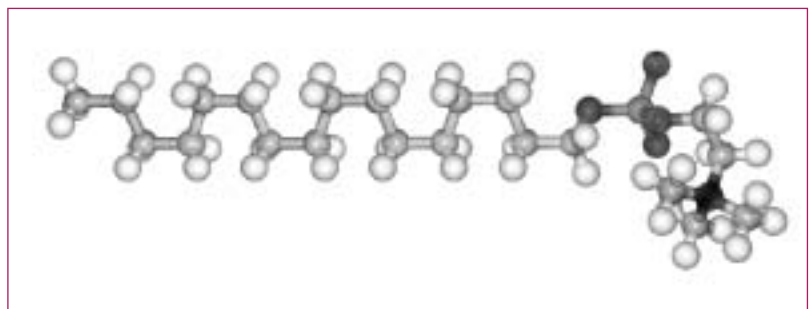
Max-Planck-Institut  
für biophysikalische Chemie  
Am Fassberg 11  
37077 Göttingen

Forschungsbereiche:  
Synthese biologisch aktiver Phospholipide,  
Solubilisierung von Wirkstoffen mit neuartigen Phospholipiden, Transport von Wirkstoffen über die Blut-Hirn-Schranke, thermosensitive Liposome – gezielte Freisetzung des Wirkstoffs zwischen 40 und 41°C, Liposome mit kurzer und langer Zirkulationszeit

Kooperationspartner:  
Baxter Oncology, Frankfurt  
Genzyme, Cambridge/USA  
Novartis AH, Basel/Schweiz  
Sebapharma GmbH, Boppard – Bad Salzig  
Strathmann AG, Hamburg  
Zentaris GmbH, Frankfurt

Patente:  
Über die zahlreichen Patente informiert der Ansprechpartner.

Ansprechpartner:  
Prof. Dr. Hansjörg Eibl  
Tel.: 05 51/201-16 86  
Fax: 05 51/201-17 53  
E-Mail: H.Eibl@mpi-bpc.mpg.de  
Internet:  
[www.mpibpc.gwdg.de/abteilungen/145](http://www.mpibpc.gwdg.de/abteilungen/145)



Hexadecylphosphocholin – gesättigte Alkylkette mit 16 Kohlenstoffatomen



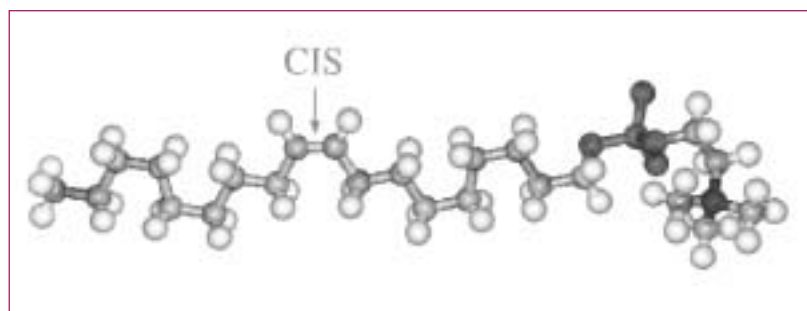
Ein Beispiel für die Behandlung eines an Leishmaniose erkrankten Hundes mit Oleylphosphocholin: „Schwäbli“ vor und nach der Therapie

## Heilung von Leishmaniose

Leishmaniose gehört zu den weit verbreiteten Infektionskrankheiten mit tödlichem Verlauf. Nach Angaben der Weltgesundheitsorganisation leben 350 Millionen Menschen in gefährdeten Gebieten, die Anzahl der jährlichen Neuinfektionen wird auf zwei Millionen geschätzt. Hinzu kommen auch in Europa mehrere Millionen erkrankter Hunde, die ein gefährliches Reservoir für die Weiterverbreitung der Leishmaniose darstellen.

Vor diesem Hintergrund fanden die Göttinger Forscher erste Hinweise, dass Hexadecylphosphocholin gegen Leishmaniose wirkt – in der Zellkultur, im Tier und sogar nach oraler Gabe im Menschen. Für Hexadecylphosphocholin wurde im Jahre 2003 unter dem Handelsnamen Impavido® eine Zulassung als Arzneimittel zur oralen Therapie der viszeralen Leishmaniose (mit Befall von inneren Organen) erreicht. Es ist die erste orale Therapie für diese Krankheit mit tödlicher Prognose. Die Chance auf Heilung in den bisherigen Studien liegt bei mehr als 96 Prozent.

Die orale Therapie mit Impavido® konnte bei Hunden wegen schlechter Verträglichkeit nicht durchgeführt werden. Auch hier wurden die in der Krebstherapie gemachten Erfahrungen, dass Alkylphosphocholine mit



Oleylphosphocholin – ungesättigte Alkylkette mit 18 Kohlenstoffatomen und cis-Doppelbindung

cis-Doppelbindung wirksamer und nebenwirkungsärmer sind als Hexadecylphosphocholin, eindrucksvoll bestätigt. Oleylphosphocholin konnte bei Hunden subkutan und intravenös problemlos angewendet werden, wobei Liposome als Trägersysteme fungieren. Liposome sind kleine Kügelchen aus Phospholipiden, die den Wirkstoff ohne Wechselwirkung mit dem Blutserum an den Wirkort transportieren. Mit einer hitzesterilisierbaren Formulierung, die eine längere Haltbarkeit des Arzneimittels erzielen soll, wird eine Zulassung für die Therapie von Hunde-Leishmaniose im Jahre 2004 angestrebt.

# Immuntherapie gegen Krebs mit geringen Nebenwirkungen

Die Krebstherapie ist eine der großen Herausforderungen der modernen Medizin. Die drei wichtigsten Behandlungsmethoden sind die operative Entfernung des Tumors, die Radiotherapie und die Chemotherapie; eine Heilung ist jedoch bisher nur in begrenztem Maße möglich. So ist insbesondere die Chemotherapie mit dem Auftreten zahlreicher Nebenwirkungen verbunden, aufgrund derer häufig ein Abbruch der Therapie oder eine Reduktion der

erforderlichen Arzneimitteldosen erforderlich wird, so dass eine vollständige Abtötung der Tumorzellen nicht möglich ist.

## Lokale Aktivierung des Medikaments

Einen neuen vielversprechenden Weg zur Krebsbehandlung stellt die Antibody-directed Enzyme Prodrug Therapy (ADEPT) dar. Sie beruht auf einem immunologischen Ansatz und wird am Institut für Organische Chemie der Universität Göttingen in Zusammenarbeit mit der Abteilung Hämatologie und Onkologie im Zentrum Innere Medizin bearbeitet. So können normale von malignen Zellen anhand tumorassoziierter Antigene (siehe Glossar) differenziert werden, die auf der Zelloberfläche von Krebszellen auftreten. Zur Therapie werden vergleichsweise wenig toxische Vorstufen von Medikamenten, so genannte Prodrugs, gegeben, die enzymatisch in hoch aktive Wirkformen umgewandelt werden; diese können dann die Krebszellen zerstören. Das

normale Gewebe bleibt bei dieser Therapie weitgehend unbeeinflusst, weil das Zytostatikum aus dem Prodrug durch ein Enzym fast ausschließlich an der Oberfläche von Krebszellen freigesetzt wird. Dies gelingt dadurch, dass das Enzym zur Spaltung des Prodrugs mit einem monoklonalen Antikörper (siehe Glossar) verknüpft ist, der bevorzugt an Krebszellen bindet.

## Großer Wirkunterschied zwischen Vorstufe und Toxin

Dieser Ansatz erfordert jedoch einige Voraussetzungen. Die Wissenschaftler zeigen in vielfältigen Studien, dass eine erfolgreiche Therapie nur dann möglich sein wird, wenn das freigesetzte Toxin einen entsprechenden Wirkungsgrad aufweist: Der  $IC_{50}$ -Wert (siehe Glossar) sollte unterhalb von 10 Nanomol liegen, das heißt, eine Toxin-Konzentration von weniger als 10 Nanomol muss ausreichen, um bei 50 Prozent der Zielzellen die Zellteilung und damit das Tumorzellwachstum zu unterbinden. Zum anderen sollte die Zytotoxizität des Prodrugs

## VISITENKARTE



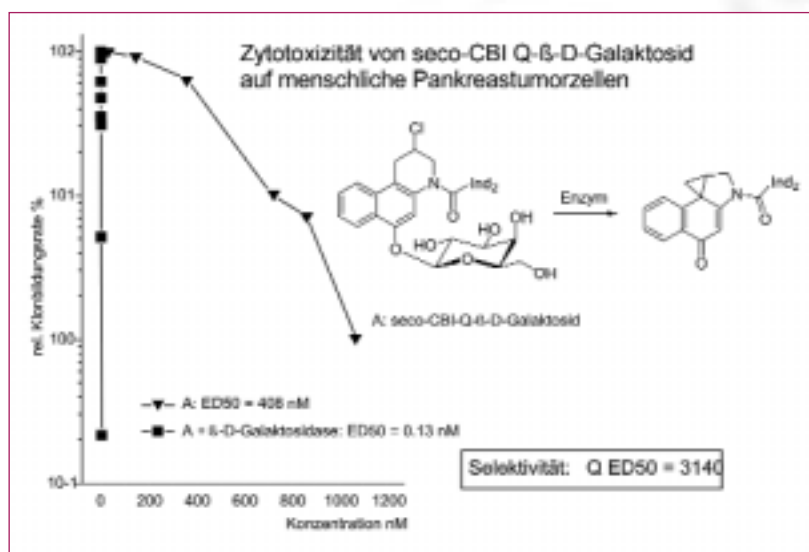
Georg-August-Universität Göttingen  
Institut für Organische Chemie  
Tammannstraße 2  
37077 Göttingen

Forschungsbereiche:  
Entwicklung selektiver, effizienter  
Synthesemethoden, Metallorganische  
Chemie, Totalsynthese von Naturstoffen,  
Kombinatorische Chemie,  
Hochdruckchemie,  
Entwicklung von Immunotoxinen

Kooperationspartner:  
Georg-August-Universität Göttingen,  
Bereich Humanmedizin,  
Abteilung Hämatologie und Onkologie,  
Prof. Dr. Lorenz Trümper,  
Priv.-Doz. Dr. Frauke Alves;  
Roche Diagnostics, Penzberg

Patent:  
„Neue Prodrugs von 6-Hydroxy-2,3-dihydro-1H-indolen, 5-Hydroxy-1,2-dihydro-3H-pyrrolo[3,2-e]indolen und 5-Hydroxy-1,2-dihydro-3H-benzo[e]indolen sowie von 6-Hydroxy-1,2,3,4-tetrahydrobenzo[f]chinolin-Derivaten für eine selektive Krebstherapie“, Patent WO 01/83448 A2 für Deutschland, Europa, USA

Ansprechpartner:  
Prof. Dr. Dr. h.c. Lutz F. Tietze  
Dr. Ingrid Schuberth  
Tel.: 05 51/39-32 71, -32 54  
Fax: 05 51/39-94 76  
E-Mail: ltietze@gwdg.de  
E-Mail: ischube@gwdg.de  
Internet:  
[wwwuser.gwdg.de/~ucoc/tietze/abteil.htm](http://wwwuser.gwdg.de/~ucoc/tietze/abteil.htm)



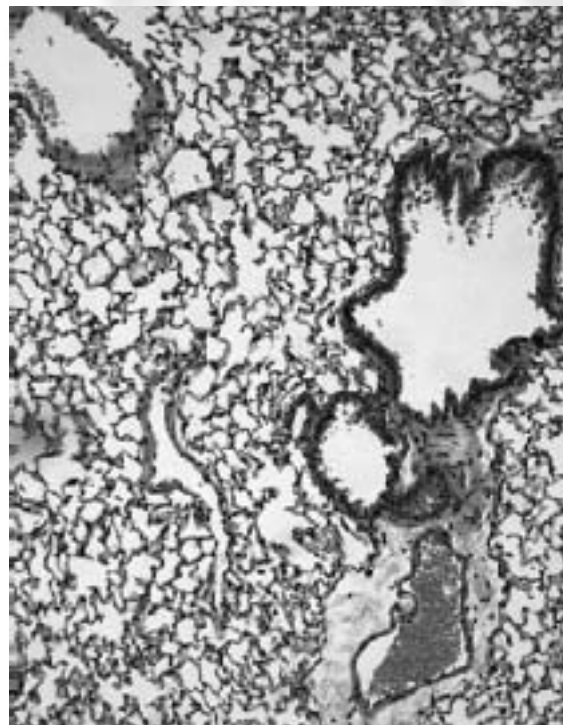
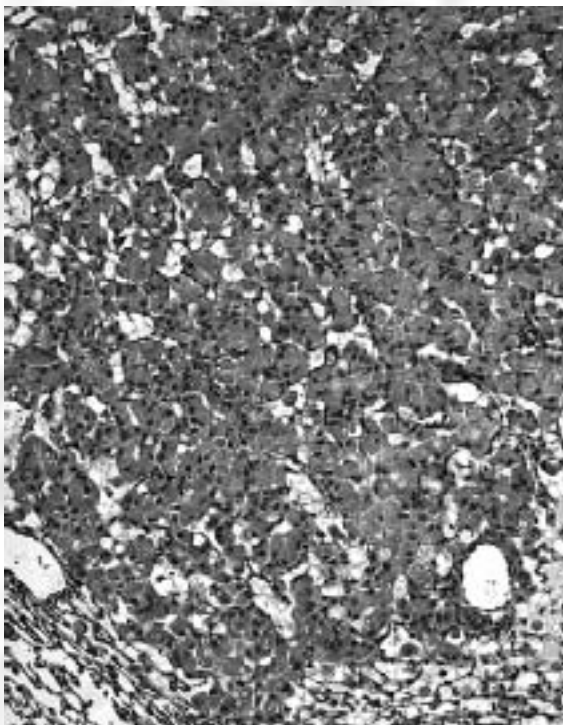
Bestimmung der Toxizität des Prodrugs alleine und des Prodrugs in Gegenwart des Enzyms Galactosidase auf Pankreastumorzellen. Die fast senkrechte Kurve für das Prodrug in Gegenwart des Enzyms Galactosidase zeigt die hohe Toxizität des daraus freigesetzten Zytostatikums. Die flachere Kurve für das Prodrug zeigt die vergleichsweise geringe Toxizität dieser Verbindung.



und des aktiven Wirkstoffs beziehungsweise des Prodrugs in Gegenwart des Enzyms stark differieren. So belastet das wenig wirksame Prodrug nach der Verabreichung das gesunde Gewebe nicht und das aktivierte Medikament kann lokal die Tumorzellen umso effektiver angreifen.

Der Arbeitsgruppe ist es kürzlich gelungen, neuartige glykosidische Prodrugs auf Basis der Antibiotika CC-1065 und Duocarmycine herzustellen, die aus dem Pilz *Streptomyces zelensis* gewonnen werden. In Zellkultur-Untersuchungen zeigen diese Prodrugs einen Zytotoxizitätsunterschied zum daraus gebildeten Toxin um den Faktor 3000.

Dies sind Selektivitäten, die bisher weltweit nicht erreicht wurden. Hervorzuheben ist weiterhin, dass die zugrunde liegenden Toxine einen hervorragenden  $IC_{50}$ -Wert von 0.03 Nanomol aufweisen. Außerdem zeigen die Prodrugs in vorläufigen Toxizitätsuntersuchungen an Mäusen bei Applikation therapeutischer Dosen keine Wirkung auf den ganzen Organismus. In ersten Tierversuchen konnte unter Verwendung einer Verbindung aus einem Antikörper und dem Enzym  $\beta$ -D-Galactosidase nach Gabe eines Prodrugs mit einer Galactose-Einheit (seco-CBI-Q- $\beta$ -D-Galactosid) in einigen Fällen das Tumorwachstum im Vergleich zu Kontrollen reduziert werden.



Links ist das dunkel gefärbte Tumorgewebe aus der Lunge einer Maus ohne Behandlung zu sehen, rechts das gesunde Lungengewebe nach Behandlung mit dem Prodrug seco-CBI-Q- $\beta$ -D-Galactosid und Enzym.

# DNA-Chiptechnologie zur Analyse der Genfunktion

Nach der (nahezu) vollständigen Sequenzierung des menschlichen Erbguts konzentrieren sich Biowissenschaftler nun vor allem darauf, die Genfunktion und ihre Regulation zu verstehen. Neue Erkenntnisse sind in der biologischen Grundlagenforschung und für die medizinische Diagnostik von immenser Bedeutung. Die unterschiedliche Aktivität der Gene in der Zelle wird als differenzielle Genexpression bezeichnet und ist zum Beispiel dafür verantwortlich, dass Raupe und Schmetterling zwei

völlig unterschiedliche Gestalten annehmen, obwohl sie das identische Erbgut besitzen. Auch in vielen Krankheitsbildern sind Gene anders reguliert als in der gesunden Zelle, und ihre Regulation kann durch extreme Umwelteinflüsse wie Hitze und Kälte, durch Medikamente oder durch Lebensmittelinhaltsstoffe beeinflusst werden.

## Parallele Untersuchung tausender Gene

Die Expression tausender Gene oder ganzer Genome gleichzeitig zu analysieren ist jedoch sehr aufwändig und erfordert parallele Ansätze im Experiment. Dieser Herausforderung werden nur wenige Techniken gerecht und klassische, molekularbiologische Methoden reichen hierzu nicht mehr aus. Als beste Methode für die Analyse und quantitative Erfassung von Genexpression auf breitester Ebene bieten sich so genannte DNA-Chips (siehe Glossar) an. Das Institut für Technische Chemie der Universität Hannover hat die DNA-Chiptechnologie vollständig bis zur routinemäßigen Anwendung in Forschung und Diagnostik etabliert. Bis zu 30.000 Gene können in einem Experiment über Nacht untersucht werden.



Auslesen eines DNA-Chips mit einem Fluoreszenzlasers

Das Prinzip eines Chip-Experiments besteht darin, eine große Anzahl genau definierter DNA-Fragmente, die im Idealfall das gesamte Genom einer Zelle beinhalten, auf eine modifizierte Glasoberfläche aufzutragen und damit die Genaktivität zu untersuchen. Von den in der Zelle aktiven Genen werden fluoreszenzmarkierte Kopien (cDNA) hergestellt, die sich wieder mit den komplementären Genen auf dem Chip verbinden. Demnach werden in einem Schritt alle Genproben auf dem Chip parallel hybridisiert, was zu einem charakteristischen Hybridisierungsmuster mit entsprechender Intensität führt.

## VISITENKARTE

Universität Hannover 



Universität Hannover  
Institut für Technische Chemie  
Callinstraße 3  
30167 Hannover

Forschungsbereiche:  
Bioanalytik, Enzymtechnik,  
Zellkulturtechnik, Functional Food

Kooperationspartner:  
Institut für Mikrobiologie,  
Universität Hannover  
Experimentelle Unfallchirurgie,  
Medizinische Hochschule Hannover  
MWG Biotech-AG

Ansprechpartner:  
Dr. Frank Stahl  
Tel.: 0511/762-2968  
Fax: 0511/762-3004  
E-Mail: [stahl@iftc.uni-hannover.de](mailto:stahl@iftc.uni-hannover.de)  
Internet: [www.tci.uni-hannover.de](http://www.tci.uni-hannover.de)



Herstellung von DNA-Chips mit dem Affymetrix System





scanner



Wissenschaftler können damit in einem bisher nicht gekanntem Ausmaß zellspezifische Antworten auf genomischer Ebene analysieren und Einblicke in die molekulargenetischen Veränderungen innerhalb der Zelle erhalten. Das versetzt sie in die Lage, komplexe regulative Zusammenhänge zu entschlüsseln.

### Vielfältige Einsatzgebiete für Chips

Die DNA-Chiptechnologie eröffnet eine Reihe von Anwendungen in der biomedizinischen Forschung und Diagnostik, aber auch in anderen Gebieten der modernen Analytik. DNA-Chips können langwierige und teure diagnostische Verfahren massiv vereinfachen und beschleunigen. Zu den Einsatzgebieten der Chips gehören:

- Auslegung patientenspezifischer Therapien aufgrund individueller Empfindlichkeiten gegenüber Arzneimitteln (mittels Polymorphismen – vererbten Veränderungen im Erbgut)
- Mutationsanalyse zur Erkennung genetischer Erkrankungen in der pränatalen Diagnostik
- HLA-Typisierung (Human Leucocyte Antigene) im Rahmen der Transplantationsmedizin
- Identifizierung von Mikroorganismen in der modernen Lebensmittelanalyse

- Klassifizierung von Geweben entsprechend ihrer Genexpression
- Analyse pathologisch veränderter Genexpression
- zeitlicher Verlauf der Genexpression

Im Institut für Technische Chemie steht ein komplettes Affymetrix Chipsystem zur Verfügung, bestehend aus einem Roboter zur Chipproduktion und einem Fluoreszenzlaserscanner. Es wurden humane und murine organspezifische DNA-Chips, ein humaner Tumorchip sowie ein zellzyklusspezifischer Hefechip entwickelt. Die Arbeitsgruppe verfügt über umfangreiche Erfahrungen im Expressionsprofiling, im Sondendesign, in der Datenauswertung und Klassifizierung, bei pharmazeutischen Tests sowie in der Entwicklung und Optimierung neuer Chipoberflächen. Das komplette DNA-Chiplabor ist ein Poollabor, das von allen interessierten Arbeitskreisen der Universität Hannover und von Externen mitgenutzt werden kann. Es bestehen zahlreiche Kooperationen mit Biotech-Firmen. Zum Beispiel führt das Universitätslabor Feldtests durch und ist Referenzlabor für die Firma MWG.

# Glossar

**Adsorbatsystem:**

System aus einem Feststoff und kleineren Molekülen, die daran haften

**Antigen:**

Fremde Moleküle in einem Organismus, gelöst und zellgebunden, die eine Immunreaktion hervorrufen; Antigene binden mit Antikörpern.

**Antikörper:**

Proteine, die sich spezifisch fest an ein Antigen binden; monoklonal werden Antikörper bezeichnet, bei denen jedes Molekül gleich aufgebaut ist und die gleiche Spezifität für Antigene hat.

**Chromatographie:**

Physikalisch-chemisches Verfahren zur Trennung von Stoffgemischen; die Komponenten bewegen sich in einer mobilen Phase, binden zeitweise über verschiedene Prinzipien unterschiedlich stark an eine stationäre Phase und werden dadurch voneinander getrennt.

**Dielektrisch behinderte****Gasentladung:**

Bei dieser auch „stille Entladung“ oder „Barrierenentladung“ genannten Gasentladung kann ein Niedertemperaturplasma durch kurze, intermittierende Hochspannungsimpulse auch unter Atmosphärendruck erzeugt werden. Ein Dielektrikum begrenzt als Barriere den Stromfluss.

**DNA-Chip:**

Oberflächen, die mit einer großen Anzahl von genau definierten DNA-Fragmenten in einem Raster versehen sind; an ihnen kann in einem Arbeitsgang die Aktivität aller Gene aus einer Zelle untersucht werden. Ähnlich funktionieren Protein-Chips (Antigen-Antikörper-Interaktion).

**Elektrochromie:**

Materialien, die bei elektrochemischer Oxidation oder Reduktion die Farbe ändern, heißen elektrochrom.

**Elektrochrome Bilder:**

Durch lateral aufgelöste Auftragung der elektrochromen Schicht oder durch Matrixadressierung einer elektrochromen Schicht gelangt man zu schaltbaren, elektrochromen Bildern.

**Elektrochrome Filter:**

Durch elektrochemische Reaktion veränderliche Lichtabsorption zwischen zwei leitenden Glasplatten

**Elektrochrome Oberflächen**

... ändern ihre Farbe bei Anlegen eines bestimmten elektrischen Potentials.

**Elektrolumineszenzdisplays:**

Unter Elektrolumineszenz versteht man die nicht-thermische Emission von Licht bei Anlegen einer elektrischen Spannung an ein Material (Umkehrung der Siliziumsolarzelle). Ursprünglich wurden Elektrolumineszenzdisplays mittels anorganischer Materialien realisiert, heute gelangen immer mehr organische Halbleiter zur Anwendung (OLED).

**Expression:**

Alle Vorgänge zur Neusynthese eines Proteins, vom Ablesen des codierenden Gens bis zur Bildung des Proteins

**HPLC:**

**H**igh **P**erformance **L**iquid **C**hromatography – Hochleistungs-Flüssigchromatographie

**IC<sub>50</sub>:**

Toxinkonzentration zur Abtötung von 50 Prozent der Zielzellen (hier: Krebszellen)

**Matrixadressierung:**

Adressierung eines Bildpunktes in einer schachbrettartigen Anordnung durch elektrische Ansteuerung einer bestimmten Kombination von Zeile und Spalte

**Modified UNIFAC-Methode:**

Gruppenbeitragsmethode (Vorausrechnungsmethode), die eine Vorausberechnung der erforderlichen Phasengleichgewichte allein aus der Struktur der betrachteten Komponenten ermöglicht

**Perowskit:**

Mischoxid, das in einem Hochtemperaturbereich (> 850 °C) Sauerstoffionen transportiert

**Phasengleichgewicht:**

Das Phasengleichgewicht beschreibt die Verteilung der Komponenten in den verschiedenen Phasen (fest, flüssig, dampf(gas)förmig). Die unterschiedliche Konzentration zum Beispiel von Ethanol im System Ethanol-Wasser in der flüssigen und dampfförmigen Phase wird zur Trennung durch Rektifikation ausgenutzt.

**Plasma:**

Überhitztes Gas, bei dem Atome, Moleküle, elektrisch geladene und andere Teilchen nebeneinander vorliegen

### **Plasmadisplays**

... gehören zu den lichtemittierenden Displays. Durch Elektroden wird ein eingeschlossenes Gas ionisiert (Plasma). Die UV-Strahlung trifft auf eine Phosphorschicht, die je nach Dotierung in verschiedenen Farben leuchtet. Jeder Bildpunkt besteht aus einer einzelnen Zelle.

### **Polymerisation:**

Zahlreiche Moleküle niedermolekularer Verbindungen (Monomere) verknüpfen sich zu einem Makromolekül (Polymer).

### **PSRK-Zustandsgleichung:**

PSRK (**P**redictive **S**oave-**R**edlich-**K**wong) stellt eine Kombination der SRK-Zustandsgleichung mit der Gruppenbeitragsmethode UNIFAC dar. Sie gestattet die Vorausberechnung der Phasengleichgewichte ohne Kenntnis experimenteller Daten.

### **Reaktive Rektifikation:**

Bei Gleichgewichts- und Folgereaktionen ergeben sich Nachteile bei klassischen Chemieanlagen mit der sequenziellen Anordnung von Reaktions- und Trennschritt. Durch Kombination von Reaktion und Trennung lassen sich diese Nachteile überwinden, was zu höheren Umsätzen und Selektivitäten führt. Die verschiedenen thermischen Prozesse können dabei eingesetzt werden. Besondere Bedeutung hat die Kombination von Reaktion und Rektifikation in einer Kolonne – Reaktive Rektifikation – erlangt.

### **Sintern:**

Oxid-Kristalle lassen sich durch Druck bei erhöhter Temperatur in einen porösen Festkörper umwandeln.

### **Softlithographie:**

Familie von Mikrostrukturierungstechniken, die flexible Stempel aus Polydimethylsiloxan nutzt; bekannt sind das Stempeln, die Nutzung von Kanalstrukturen als Gussformen, das von Lösungsmitteln unterstützte Prägen und einige weitere Varianten. Die Technik lässt sich sowohl für ebene als auch für gekrümmte Oberflächen einsetzen, da sich der weiche Stempel an Krümmungen harter Oberflächen anpassen kann.

### **SRK-Zustandsgleichung:**

Von Soave weiterentwickelte kubische Zustandsgleichung von Redlich und Kwong zur Beschreibung der Dichten (Flüssigkeit, Dampf, Gas) der betrachteten Komponenten in einem weiten Temperatur- und Druckbereich

### **Synthesegas:**

Ein Gemisch aus Wasserstoff und Kohlenmonoxid, das zu Produkten wie Methanol oder flüssige Kohlenwasserstoffe (Benzin, Diesel) verarbeitet werden kann

### **Tandem-massenspektrometrische Methoden:**

Eine hochselektive Analysetechnik, bei der in einem ersten massenspektrometrischen Schritt gezielt Moleküle des zu untersuchenden Analyten isoliert werden können; diese werden in einem zweiten Schritt fragmentiert, und die so generierten analytenspezifischen Zerfallsionen können dann zur Identifizierung und Quantifizierung herangezogen werden.

### **Thermische Trennprozesse:**

Bei thermischen Trennprozessen werden Konzentrationsdifferenzen in den verschiedenen Phasen in mehrstufigen Gegenstromprozessen zur Trennung herangezogen. Die Erzeugung der zweiten Phase erfolgt durch Verwendung eines Trennhilfsmittels (Energie, Lösungsmittel). Auf Grund der verschiedenen Vorteile wird in 90 Prozent der Fälle die Rektifikation eingesetzt, bei der Konzentrationsdifferenzen zwischen der Dampf- und der Flüssigkeitsphase zur Trennung ausgenutzt werden.

### **Umesterung:**

Ein Ester entsteht aus der Reaktion einer Säure mit einem Alkohol. Bei der Umesterung wird die Alkohol- oder Säuregruppe ausgetauscht.

### **Zeolith:**

Nanoporöses kristallines Aluminiumsilicat, das Poren mit einheitlichem Durchmesser von 0,5 bis 1 nm enthält

# Kontaktadressen



Technische Universität Braunschweig  
Technologiekontaktstelle  
Bültenweg 88  
38106 Braunschweig  
Dr. Bernd Albert  
Tel.: 05 31/391-44 05  
Fax: 05 31/391-42 69  
E-Mail: b.albert@tu-bs.de  
Internet: www.tu-  
braunschweig.de/forschung/technologietransfer



Technische Universität Clausthal  
ZTW-Technologietransfer  
Gerhard-Rauschenbach-Straße 4  
38678 Clausthal-Zellerfeld  
Mathias Liebing  
Tel.: 05323/72-7754  
Fax: 05323/72-7759  
E-Mail: liebing@ztw.tu-clausthal.de  
Internet: www.ztw.tu-clausthal.de/tt



Georg-August-Universität Göttingen  
Forschungsabteilung –  
Bereich Technologietransfer  
Goßlerstraße 9  
37073 Göttingen  
Dr. Harald Süßenberger  
Tel.: 05 51/39-3955  
Fax: 05 51/39-12278  
E-Mail: hsuesse1@uni-goettingen.de  
Internet: www.uni-goettingen.de



Universität Hannover  
uni transfer  
Wilhelm-Busch-Straße 22  
30167 Hannover  
Dr. Martina Venschott  
Tel.: 05 11/7 62-57 27  
Fax: 05 11/7 62-57 23  
E-Mail: mv@tt.uni-hannover.de  
Internet: www.tt.uni-hannover.de



Innovationsgesellschaft  
Universität Hannover mbH  
Wilhelm-Busch-Straße 4  
30167 Hannover  
Ursula Sperling-Koch  
Tel.: 05 11/7 62-1 97 75  
Fax: 05 11/7 62-1 97 77  
E-Mail: sk@inno.uni-hannover.de  
Internet: www.innovationsgesellschaft.de



Medizinische Hochschule Hannover  
Technologietransfer  
OE 4400, Carl-Neuberg-Straße 1  
30625 Hannover  
Prof. Dr. Christoph Hartung,  
Gerhard Geiling  
Tel.: 05 11/5 32-27 01  
Fax: 05 11/5 32-93 46  
E-Mail: geiling.gerhard@mh-hannover.de  
Internet: www.mh-hannover.de/institute/tt



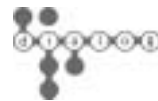
Tierärztliche Hochschule Hannover  
Forschungs- und Technologiekontaktstelle  
Zentrum für Lebensmittelwissenschaften  
Bischofsholer Damm 15  
30173 Hannover  
Prof. Dr. Waldemar Ternes  
Tel.: 05 11/856-75 44  
Fax: 05 11/856-76 74  
E-Mail: waldemar.ternes@tiho-hannover.de  
Internet: www.tiho-hannover.de/service/techno



Universität Hildesheim  
Zentralstelle für Forschungsförderung  
und Technologietransfer  
Marienburger Platz 22  
31141 Hildesheim  
Prof. Dr. Eberhard Schwarzer –  
Technologietransfer-Beauftragter,  
Joachim Toemmler  
Tel.: 0 51 21/8 83-165  
Fax: 0 51 21/8 83-166  
E-Mail: transfer@rz.uni-hildesheim.de  
Internet: www.uni-hildesheim.de/tt



Universität Lüneburg  
Competence Centrum Lüneburger  
Hochschulen (CCLH)  
Wilschenbrucher Weg 69  
21335 Lüneburg  
Dr. Ernest Mitschke  
Tel.: 0 41 31/677-947  
Fax: 0 41 31/677-788  
E-Mail: mitschke@fhnon.de  
Internet: www.cclh.de



Carl von Ossietzky Universität Oldenburg  
Arbeitsstelle dialog  
Wissens- und Technologietransferstelle  
der Hochschulen in Oldenburg  
Uhlhornsweg 99A  
26129 Oldenburg  
Dr. Jobst Seeber  
Tel.: 04 41/798-29 13  
Fax: 04 41/798-30 02  
E-Mail: seeber@dialog.uni-oldenburg.de  
Internet: www.dialog.uni-oldenburg.de



Universität Osnabrück /  
Fachhochschule Osnabrück  
Gemeinsame Technologiekontaktstelle  
der Fachhochschule und der Universität  
Albrechtstraße 30  
49076 Osnabrück  
Dr. Gerold Holtkamp  
Tel.: 05 41 / 9 69-20 50  
Fax: 05 41 / 9 69-20 41  
E-Mail: tk@iti.fh-osnabrueck.de  
Internet: www.iti.fh-osnabrueck.de/tk



Fachhochschule Osnabrück  
Transfergesellschaft mbH  
Albrechtstraße 28a  
49076 Osnabrück  
Dr. Christiane Kühne  
Tel.: 05 41 / 9 69-20 50  
Fax: 05 41 / 9 69-20 41  
E-Mail: kuehne@iti.fh-osnabrueck.de



Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel  
 Technologietransfer-Kontaktstelle  
 Salzdahlumer Straße 46/48  
 38302 Wolfenbüttel  
 Prof. Dr. jur. Winfried Huck –  
 Vizepräsident für Forschung, Entwicklung  
 und Technologietransfer,  
 Detlef Puchert  
 Tel.: 053 31/939-1750  
 Fax: 053 31/939-1752  
 E-Mail: d.puchert@fh-wolfenbuettel.de  
 Internet: www.fh-wolfenbuettel.de/se/ttk



Fachhochschule Hannover  
 Weiterbildung & Technologietransfer  
 Ricklinger Stadtweg 118  
 30459 Hannover  
 Dipl.-Oecotroph.  
 Elisabeth Fangmann  
 Tel.: 05 11/92 96-1024  
 Fax: 05 11/92 96-1025  
 E-Mail:  
 elisabeth.fangmann@verw.fh-hannover.de  
 Internet: www.fh-hannover.de/ttk



Fachhochschule Hildesheim/  
 Holzminde/Göttingen  
 Büro für Wissens- und Technologietransfer  
 Hohnsen 4  
 31134 Hildesheim  
 Karl-Otto Mörsch  
 Tel.: 051 21/881-264  
 Fax: 051 21/881-284  
 E-Mail: tt@fh-hildesheim.de  
 Internet: www.fh-hildesheim.de



Fachhochschule Nordostniedersachsen  
 Hochschul Consult Lüneburg GmbH  
 Institut für Wissens- und Technologietransfer  
 Wilschenbrucher Weg 69  
 21335 Lüneburg  
 Jens Schmidt  
 Tel.: 041 31/677-949  
 Fax: 041 31/677-788  
 E-Mail: j.schmidt@fhnon.de  
 Internet: www.fh-lueneburg.de/tt  
 Internet: www.hcl-network.de



Fachhochschule Oldenburg/Ostfriesland/  
 Wilhelmshaven – Standort Emden  
 Technologietransfer  
 Constantiplatz 4  
 26723 Emden  
 Dr. Thomas Schüning  
 Tel.: 049 21/807-1385  
 Fax: 049 21/807-1386  
 E-Mail: schuening@tt.fho-empden.de  
 Internet: www.fh-oow.de/technologietransfer



Fachhochschule Oldenburg/Ostfriesland/  
 Wilhelmshaven – Standort Oldenburg  
 Technologietransfer  
 Ofener Straße 16/19  
 26121 Oldenburg  
 Sonja Olle  
 Tel.: 044 1/77 08-33 25  
 Fax: 044 1/77 08-33 33  
 E-Mail: sonja.olle@fh-oldenburg.de  
 Internet: www.fh-oow.de/technologietransfer



Fachhochschule Oldenburg/Ostfriesland/  
 Wilhelmshaven – Standort Wilhelmshaven  
 Technologietransfer  
 Friedrich-Paffrath-Straße 101  
 26389 Wilhelmshaven  
 Peter Berger  
 Tel.: 044 21/985-22 11  
 Fax: 044 21/985-23 15  
 E-Mail: berger@tt.fh-wilhelmshaven.de  
 Internet: www.fh-oow.de/technologietransfer



Hochschule für Bildende Künste Braunschweig  
 Technologietransfer  
 Johannes-Selenka-Platz 1  
 38118 Braunschweig  
 Prof. Erich Kruse –  
 Technologietransfer-Beauftragter  
 Tel.: 05 31/3 91-91 68  
 Fax: 05 31/3 91-92 39  
 E-Mail: designkru@t-online.de  
 Internet: www.hbk-bs.de/home



Hochschule Vechta  
 Technologietransfer  
 Driverstraße 22  
 49377 Vechta  
 Prof. Dr. Peter Nitschke –  
 Vizepräsident für Forschung  
 und Nachwuchsförderung  
 Tel.: 044 41/15-3 35  
 Fax: 044 41/15-4 54  
 E-Mail: peter.nitschke@uni-vechta.de  
 Internet: www.uni-vechta.de



N-transfer GmbH  
 Hochschulübergreifende  
 Innovationsgesellschaft  
 Wilhelm-Busch-Straße 20  
 30167 Hannover  
 Ursula Haufe  
 Tel.: 05 11/7 62-199 90  
 Fax: 05 11/7 62-199 94



Niedersächsisches Ministerium  
 für Wissenschaft und Kultur  
 Presse- und Öffentlichkeitsarbeit  
 Leibnizufer 9  
 30169 Hannover  
 Tel.: 05 11/ 120-25 99  
 Fax: 05 11/ 120-26 01  
 E-Mail: pressestelle@mwk.niedersachsen.de  
 Internet: www.mwk.niedersachsen.de



Niedersächsisches Ministerium  
 für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr  
 Presse- und Öffentlichkeitsarbeit  
 Friedrichswall 1  
 30159 Hannover  
 Tel.: 0511/ 120-54 28  
 Fax: 0511/ 120-57 79  
 E-Mail: info@mw.niedersachsen.de  
 Internet: www.mw.niedersachsen.de

# Liste der Kompetenzzentren in Niedersachsen

- BioProfil  
„Funktionelle Genomanalyse –  
Plattform für Diagnostik und  
Therapie“,  
Internet:  
[www.forum-genomanalyse.de/](http://www.forum-genomanalyse.de/)
- Ernährungswirtschaft,  
Universität Hannover,  
Internet:  
[www.life-science.uni-hannover.de/](http://www.life-science.uni-hannover.de/)
- Forschungsverbund Windenergie,  
Universitäten Hannover und  
Oldenburg
- HörTech,  
Internet:  
[www.hoertech.de/](http://www.hoertech.de/)
- Kompetenzzentrum für  
Functional Food Niedersachsen,  
Internet:  
[www.functional-food.org](http://www.functional-food.org)
- Kompetenzzentrum für  
Geoinformatik in Niedersachsen  
(GiN),  
Internet:  
[www.gin-online.de/](http://www.gin-online.de/)
- Kompetenzzentrum für  
Medizintechnik „Kardiovaskuläre  
Implantate“  
Medimplant Hannover,  
Internet:  
[www.kompetenznetze.de/  
inhaltnf\\_c2\\_s1\\_z0\\_g8\\_t5\\_n29.htm](http://www.kompetenznetze.de/inhaltnf_c2_s1_z0_g8_t5_n29.htm)  
(unter „Medimplant Hannover“)
- Kompetenzzentrum  
Medizintechnik, Biotechnologie  
und Messtechnik (MBM),  
Internet:  
[www.kompetenzzentrum-mbm.de](http://www.kompetenzzentrum-mbm.de)
- Learning Lab Lower Saxony (L3S),  
Internet:  
[www.learninglab.de/](http://www.learninglab.de/)
- Mobile Informationssysteme (OFFIS),  
Universität Oldenburg,  
Internet:  
[www.offis.uni-oldenburg.de/](http://www.offis.uni-oldenburg.de/)
- Mobile Informationssysteme,  
Universität Hannover,  
Internet:  
[www.tnt.uni-hannover.de/js/](http://www.tnt.uni-hannover.de/js/)
- Niedersächsisches Kompetenznetz  
für Nachhaltige Holznutzung (NHN),  
Internet:  
[www.kompetenznetz-holz.de/](http://www.kompetenznetz-holz.de/)
- Niedersächsisches Kompetenzzentrum Ernährungswirtschaft,  
Hochschule Vechta,  
Internet:  
[www.ernaehrungswirtschaft.de/](http://www.ernaehrungswirtschaft.de/)
- Optische Technologien  
Niedersachsen (PhotonicNet),  
Internet:  
[www.photonicnet.de](http://www.photonicnet.de)

## Impressum

Herausgeber:  
Niedersächsisches Ministerium  
für Wissenschaft und Kultur  
Leibnizufer 9  
30169 Hannover  
Tel.: 05 11/1 20-25 99  
Fax: 05 11/1 20-26 01  
E-Mail: [pressestelle@mwk.niedersachsen.de](mailto:pressestelle@mwk.niedersachsen.de)  
Internet: [www.mwk.niedersachsen.de](http://www.mwk.niedersachsen.de)

Redaktion und Konzeption:  
Christina Amrhein  
uni transfer, Universität Hannover  
Wilhelm-Busch-Straße 22  
30167 Hannover  
Tel.: 05 11/7 62-57 28  
Fax: 05 11/7 62-57 23  
E-Mail: [ca@tt.uni-hannover.de](mailto:ca@tt.uni-hannover.de)  
Internet: [www.tt.uni-hannover.de](http://www.tt.uni-hannover.de)

Mitarbeit:  
Prof. Dr. Waldemar Ternes  
Dr. Karsten Wurr

Grafikdesign:  
Peter Köbke

September 2003

Diese Broschüre darf, wie alle Broschüren  
der Landesregierung, nicht zur Wahlwerbung  
in Wahlkämpfen verwendet werden.