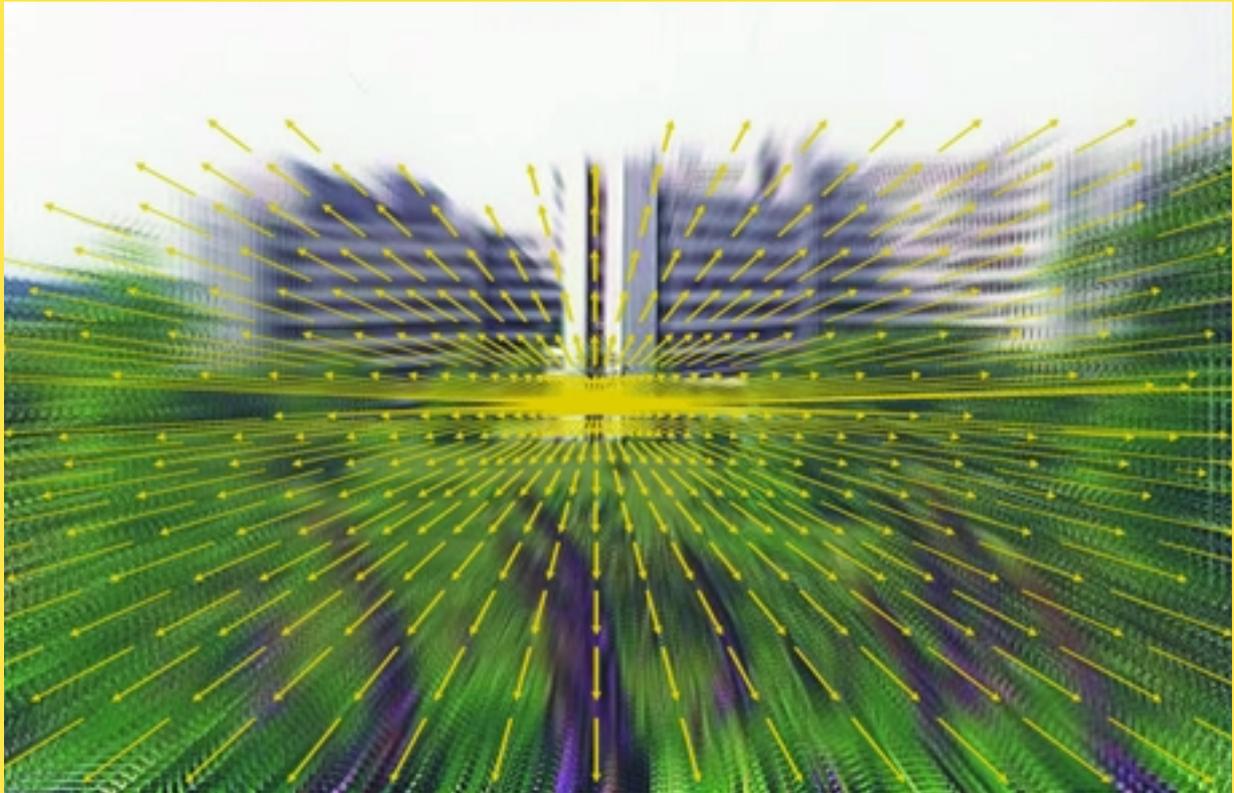


# Forschung

an der Universität Bielefeld



- Einzelne Biomoleküle im Visier
- Ein Blick ins Cockpit der Fliege  
Von der Bildverarbeitung im Nervensystem  
zu künstlichen visuellen Systemen
- Max, unser Agent in der virtuellen Welt  
Eine Maschine, die mit dem Menschen  
kommuniziert
- Korruption in Deutschland
- Schuldrechtsreform  
Rechtsvereinheitlichung zwischen  
Wissenschaft und Politik – Wege zur  
Wiedergewinnung eines europäischen *Ius  
commune*
- Nahbare Herrscher  
Die Selbstdarstellung preußischer Monarchen  
in Kurorten als Form politischer  
Kommunikation im 19. Jahrhundert
- Politikwissenschaft in Bielefeld
- Platon, Archimedes, das Faszinosum Wasser,  
Nanokugeln und „intelligente“ Materialien

Universität Bielefeld

24/2002

## ■ Abbildungen

Abbildungen S. 3–7: AG Experimentelle Biophysik · Abbildungen S. 9–13: AG Neurobiologie · Abbildung S. 19: Charles Darwin, Der Ausdruck der Gemütsbewegungen bei dem Menschen und den Tieren, Frankfurt/M. 2000, S. 32 · Abbildungen S. 21–23: Norma Langohr · Abbildung S. 26: O. Behrends, R. Knütel, B. Kupisch, H.H. Seiler (Hg.), Corpus Iuris Civilis, Text und Übersetzung, Bd. 3: Digesten 11–20, 1999 · Abbildung S. 27: Digestum vetus, Lyon 1558, S. 1325 · Abbildung S. 29: H. Dörner et al., Handkommentar zum Bürgerlichen Gesetzbuch, 2. Aufl. Baden-Baden 2002, S. 533 · Abbildung S. 31 oben: Norma Langohr · Abbildungen S. 32–36: Archiv der Stadt Bad Ems · Foto S. 39: Audiovisual Library, European Commission · Foto S. 40: NATO-Foto · Abbildungen S. 43: AG Anorganische Chemie I · Abbildung S. 44: Titelblatt „Angewandte Chemie“ 2002, 114/19 · Weitere Abbildungen wurden von den Autoren zur Verfügung gestellt · Autorenporträts: Norma Langohr

## ■ Impressum

Herausgeber: Universität Bielefeld, Informations- und Pressestelle · Redaktion: Dr. Gerhard Trott (verantwortlich), Dr. Hans-Martin Kruckis · Übersetzungen: Günter Seib · Satz und Gestaltung: Thomas P. Kiper, Hunteweg 28, 33689 Bielefeld · VMK Druckerei GmbH, Faberstr. 17, 67590 Monsheim · Anzeigenverwaltung: VMK Verlag für Marketing und Kommunikation GmbH & Co KG, Faberstr. 17, 67590 Monsheim, Tel. 06243/909-0, Fax 06243/909-400, E-mail: info@vmk-verlag.de · Erscheinungsweise: in der Regel zweimal jährlich · Auflage: 4000 · Anschrift von Redaktion und Vertrieb: Informations- und Pressestelle der Universität Bielefeld, Postfach 10 01 31, 33501 Bielefeld, Tel. 0521/106-4146, Fax 0521/106-2964 · Internet: <http://uni-bielefeld.de/presse/fomag/>

## ■ ISSN 0937-2873

Das Magazin »Forschung an der Universität Bielefeld« kann für 5 Euro pro Jahr abonniert werden · Einzelverkauf in Bielefelder Buchhandlungen · Die Mitglieder der Westfälisch-Lippischen Universitätsgesellschaft erhalten das Magazin kostenlos · Der ungekürzte Nachdruck von Beiträgen ist unter Nennung des Autors und der Quelle frei · Wir bitten um Belegexemplare.

## ■ Titelbild

Das Titelbild zeigt den Bildfluss, der auf den Augen induziert wird, wenn man sich auf einem geradlinigen Kurs auf die Universität Bielefeld zubewegt. Die Pfeile deuten schematisch die unterschiedlichen Richtungen und Geschwindigkeiten des Bildflusses in den verschiedenen Sehfeldbereichen an. Mehr zur Bildverarbeitung im Nervensystem im Beitrag „Ein Blick ins Cockpit der Fliege“ von Martin Egelhaaf, Roland Kern, Rafael Kurtz und Anne-Kathrin Warzecha.





S. 3

## Einzelne Biomoleküle im Visier

Robert Ros  
Alexandra Ros  
Katja Tönsing  
Dario Anselmetti



S. 9

## Ein Blick ins Cockpit der Fliege

Von der Bildverarbeitung im Nervensystem  
zu künstlichen visuellen Systemen

Martin Egelhaaf  
Roland Kern  
Rafael Kurtz  
Anne-Kathrin Warzecha



S. 15

## Max, unser Agent in der virtuellen Welt

Eine Maschine, die mit dem Menschen kommuniziert

Ipke Wachsmuth



S. 21

## Korruption in Deutschland

Britta Bannenberg



S. 26

## Schuldrechtsreform

Rechtsvereinheitlichung zwischen Wissenschaft und Politik –  
Wege zur Wiedergewinnung eines europäischen *ius commune*

Ingo Reichard



S. 32

## Nahbare Herrscher

Die Selbstdarstellung preußischer Monarchen in Kurorten  
als Form politischer Kommunikation im 19. Jahrhundert

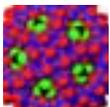
Alexa Geisthövel



S. 38

## Politikwissenschaft in Bielefeld

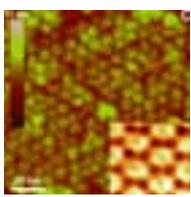
Mathias Albert  
Tanja Kopp-Malek



S. 43

## Platon, Archimedes, das Faszinosum Wasser, Nanokugeln und „intelligente“ Materialien

Achim Müller



## Einzelne Biomoleküle im Visier

---

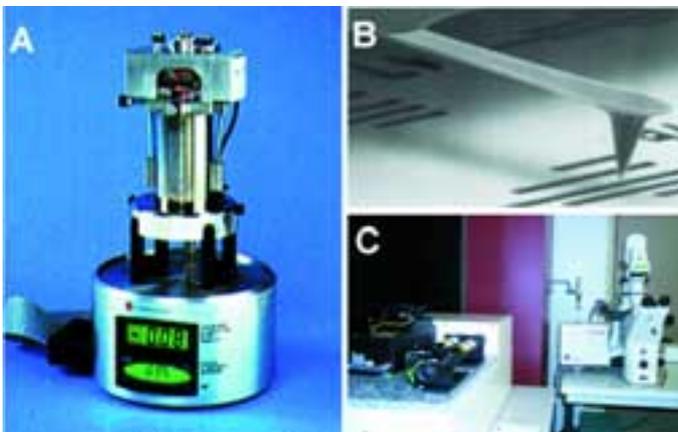
Robert Ros, Alexandra Ros,  
Katja Tönsing, Dario Anselmetti

Experimentelle Biophysik,  
Fakultät für Physik

Biomoleküle sind die fundamentalen Bestandteile aller lebenden Organismen. Die Vielfalt dieser Moleküle ist beeindruckend. Sie umfassen ein riesiges Spektrum an Strukturen und Funktionen, die größtenteils noch unaufgeklärt sind. Zu ihren Aufgaben gehört beispielsweise die Steuerung von Transport und Bewegung, die Speicherung von Informationen, die Bildung von räumlichen Strukturen und die Kontrolle und Beschleunigung von Reaktionen. Die Aufklärung der Strukturen und Eigenschaften von Biomolekülen ist daher von höchstem Interesse für Biologie und Medizin. Bis vor wenigen Jahren standen zur Untersuchung nur Methoden zur Verfügung, die statistische Aussagen über große Biomolekülansammlungen (üblicherweise eine Milliarde Moleküle) machten. Einzelne Moleküle mit abweichenden Eigenschaften oder kurzlebige Zwischenzustände blieben somit meist unerkant.

Moderne Methoden der Nanotechnologie erlauben es neuerdings, diese Fragestellungen direkt an einzelnen Molekülen zu untersuchen. So lassen sich etwa strukturelle Informationen durch das Abbilden von Proteinen oder DNA-Strängen mit molekularer Auflösung erhalten. Die Molekulare Erkennung, die die spezifische Bindung zwischen Biomolekülen beschreibt, ist fundamental für viele Fragestellungen im Bereich Biologie und Medizin und lässt sich an einzelnen Molekülen messen. Ebenso können wir heute ein einzelnes Molekül kontrolliert manipulieren und strecken, wodurch man Einsichten in intramolekulare Kräfte und Faltungsstrukturen erhält. Die Trennung kleinster Mengen von Biomolekülgemischen ist für viele biologische und diagnostische Arbeiten unumgänglich. Zur Entwicklung neuer Auftrennungsmethoden wird die Migration einzelner Moleküle in Echtzeit in mikro- und nanostrukturierten Kanalsystemen beobachtet.

Die rasante Entwicklung der Nanotechnologie (von der Längeneinheit Nanometer [nm],  $10^{-9}$  m, ein Millionstel Millimeter abgeleitet) in den letzten 20 Jahren brachte eine Vielzahl neuer Methoden zur Untersuchung und Manipulation von molekularen Objekten mit Nanometerdimensionen hervor. Meilensteine waren die Entwicklung des Rasterkraftmikroskops (Atomic Force Microscope, AFM) durch Binnig et al. 1986 und der Optischen Pinzette (Optical Tweezer, OT) durch Ashkin et al. 1970. (Abbildung 1)



*Abbildung 1:*  
 Eine große Anzahl von Experimenten mit einzelnen Biomolekülen lässt sich heute mit kommerziellen Geräten durchführen. *Abbildung A)* zeigt ein modernes Rasterkraftmikroskop. Die Größe dieses kompakten Geräts misst etwa 20 cm.  
*In B)* ist eine elektronenmikroskopische Aufnahme eines mikrofabrizierten Kraftsensors mit Spitze (Cantilever) zu sehen. Die Länge des sehr dünnen Balkens aus Silizium ist etwa 200  $\mu$ m (0,2 mm). *Bild C)* zeigt eine komplette Anlage für Fluoreszenz-Korrelations-Spektroskopie-Experimente. Im Vordergrund ist die Lasereinheit mit drei unterschiedlichen Lasern zu sehen.

Das Rasterkraftmikroskop ermöglicht es, auf Oberflächen immobilisierte Biomoleküle mit molekularer Auflösung unter physiologischen Bedingungen abzubilden und so strukturelle Informationen über einzelne Moleküle oder die Anordnung von molekularen Strukturen zu erlangen. Ein Vergleich mit konventioneller Lichtmikroskopie zeigt, dass sich damit höchstens Objekte mit Größen von etwa 250 nm auflösen lassen. Die meisten Biomoleküle dagegen

haben nur Dimensionen im Bereich von etwa 1 bis 100 nm. Neben der Rasterkraftmikroskopie erreicht nur noch die Elektronenmikroskopie Auflösungen in diesem Bereich. Allerdings ist diese Methode für Untersuchungen im Vakuum limitiert.

Tiefe Einblicke in die Funktionsweisen von einzelnen Biomolekülen gibt das Gebiet der so genannten Kraftspektroskopie. Hier ist man in der Lage, einzelne Biomolekül-Komplexe auseinanderzureißen oder ein einzelnes Molekül durch Anlegen einer äußeren Kraft auseinanderzuziehen (zu entfalten). Dazu lassen sich ebenfalls das Rasterkraftmikroskop oder die Optische Pinzette benutzen. Die Kraftauflösung liegt dabei beim AFM bei wenigen Piconewton ( $10^{-12}$  N = 0,000 000 000 001 N, zum Vergleich 10 N entspricht der Gewichtskraft von 1 l Milch), bei der Optischen Pinzette sogar bei unter 1 pN. Dafür ist hier die maximale Kraft nur etwa 100 pN gegenüber mehreren Nanonewton (=  $10^{-9}$  N) bei dem AFM. Biologische Wechselwirkungen und Bindungen liegen gerade in diesem Bereich; so binden die für das Immunsystem wichtigen Antikörper mit etwa 50 bis 70 pN an körperfremde Eindringlinge. Auch die Kräfte, die in einem einzigen Muskelprotein ausgeübt werden, sind mit 500 pN messbar. Zum Vergleich: die Kraft, die man benötigt, um ein Reiskorn vom Boden aufzuheben, beträgt etwa 300 Micronewton und ist somit eine Million mal größer.

Parallel zu den neuen nanotechnologischen Methoden führte die rasante Entwicklung in der Lasertechnologie in Zusammenhang mit der Entwicklung neuer Farbstoffe und extrem empfindlicher Kameras zu gewaltigen Fortschritten in der herkömmlichen Fluoreszenzmikroskopie. So lassen sich auch damit einzelne Moleküle beobachten und Bindungsreaktionen untersuchen. Als Beispiel sei hier die Fluoreszenz-Korrelations-Spektroskopie genannt, die bereits zu Beginn der 70er Jahre insbesondere von Elson, Madge und Webb zur Untersuchung dynamischer Prozesse in biochemischen Systemen angewandt wurde. Diese Methode hat in den letzten Jahren durch Kombination mit konfokalen Mikroskopoptiken erheblich an Bedeutung gewonnen. Dabei beobachtet man die Diffusion einzelner fluoreszenzmarkierter Moleküle durch ein nur Femtoliter ( $10^{-15}$  l = 0,000 000 000 000 001) großes Messvolumen. (Abbildung 2)

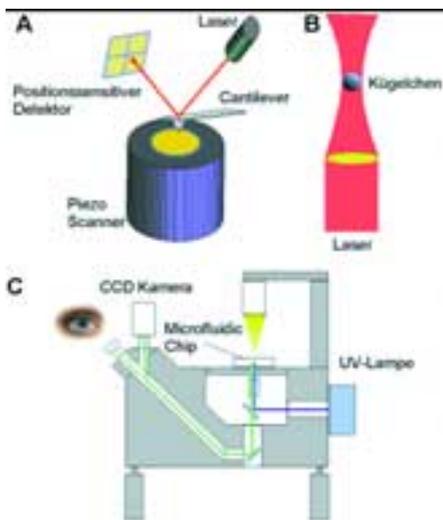


Abbildung 2:  
Schematische Darstellungen von drei verschiedenen Einzelmolekültechniken. A) Ein Rasterkraftmikroskop besteht aus einem piezoelektrischen Scanner, der die Probe unter einem Cantilever mit integrierter Spitze mit Nanometergenauigkeit rastert. Die Verbiegung des Cantilevers wird optisch über einen reflektierten Laserstrahl mit einem positionssensitiven Detektor aufgenommen. Bei der optischen Pinzette B) wird ein mikrometergroßes Kugelchen (zum Beispiel aus Polystyrol) im Fokus eines Laserstrahles gehalten und manipuliert. In C) ist ein Fluoreszenzmikroskop dargestellt.

### ■ Einzelne Biomoleküle sichtbar gemacht

Das Rasterkraftmikroskop ist das prominenteste Mitglied einer ganzen Familie von Geräten, den so genannten Rastersondenmikroskopen (Scanning Probe Microscope, SPM). Allen ist gemeinsam, dass eine sehr feine Spitze im Abstand von wenigen Atomdurchmessern (= Nanometer) über eine zu untersuchende Oberfläche geführt wird. Beim Rasterkraftmikroskop ist diese Messspitze mit einem sehr weichen Balken (Cantilever) verbunden, dessen feinste Verbiegungen im atomaren Bereich nachgewiesen werden können. Dies führt zu einer einzigartigen Orts- und Kraftauflösung. Zum Abbilden von sehr weichen und empfindlichen Objekten wird üblicherweise der Cantilever mit der Spitze zu Schwingungen nahe der Resonanzfrequenz angeregt und die Oberfläche sozusagen durch ständiges Auftippen abgetastet. Diese Technik ermöglicht es, Biomoleküle sowohl an Luft als auch funktionsfähig in Flüssigkeit abzubilden.

So lässt sich das Erbgutmolekül Desoxyribonucleinsäure (Deoxyribonucleic acid, DNA), ein fadenförmiges Molekül mit einer Dicke von nur 1–2 Nanometern, sichtbar machen. Die Länge beträgt abhängig vom Organismus wenige hundert Nanometer bis etwa 1 Meter beim Menschen. In aktuellen Forschungsprojekten liegt nun das besondere Interesse darin, die Bindung von bestimmten Proteinen an die DNA zu beobachten und zu verstehen. Dabei sind sowohl der Ort der Bindung, der Bindungsmechanismus wie auch strukturelle Veränderungen an der DNA von Bedeutung. Ein weiteres Beispiel für die Anwendung des AFM ist die Auflösung der Struktur zweidimensionaler Proteinkristalle. Bestimmte Bakterien bilden auf ihrer Außenmembran äußerst regelmäßige Strukturen. Da sich die Strukturen häu-

fig bei dem für die Elektronenmikroskopie nötigen Trocknungsverfahren verändern, eröffnet die Rasterkraftmikroskopie die Möglichkeit, diese Proteinschichten mit Nanometerauflösung unter physiologischen Bedingungen zu untersuchen. Viele dieser Bakterienstämme besitzen pathogene Eigenschaften (z.B. Diphtherieerreger) oder sie werden biotechnologisch in Fermentationsverfahren genutzt. Daher ist eine Aufklärung ihrer Oberflächenstruktur und ihrer Funktionsweise von hohem medizinischen und wirtschaftlichen Nutzen. (Abbildung 3)

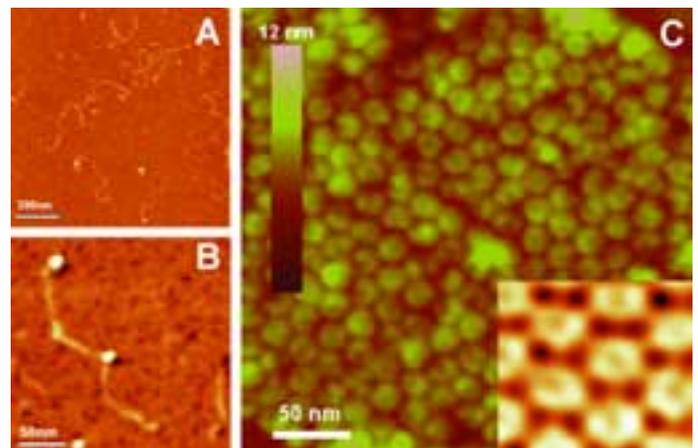


Abbildung 3:  
Biomoleküle, aufgenommen mit einem Rasterkraftmikroskop:  
A) Einzelne DNA-Moleküle, abgebildet unter physiologischen Bedingungen. Ein Molekül hat dabei eine Länge von etwa 300 nm und einen Durchmesser von nur 1–2 nm (1 nm = 1 Nanometer = 0,000 001 mm).  
B) Ein einzelnes DNA-Molekül mit daran gebundenen Proteinen (helle Punkte).  
C) Molekulare Auflösung der Proteinschicht eines Bakteriums (S-Layer).

## ■ Wie fest bindet ein Biomolekül?

Die Molekulare Erkennung ist ein Schlüsselprinzip für die (Selbst-)Organisation von Organismen und die Grundlage des Lebens. Biomoleküle erkennen mit einer erstaunlichen Präzision bestimmte Gegenmoleküle und binden an sie (und nur an sie = Spezifität). Diese Bindungsereignisse können nun ebenfalls mit Hilfe der AFM-Technologie am einzelnen Molekül untersucht und quantitativ gemessen werden. So lässt sich etwa die spezifische Bindung von Proteinen an DNA-Moleküle charakterisieren, indem der DNA-Strang an die AFM-Spitze gebunden wird und das Protein auf der Oberfläche fixiert wird. Durch Annähern der Spitze an die Oberfläche kann das mit der Spitze verbundene Molekül an das Molekül, welches auf der Oberfläche immobilisiert ist, anbinden. Beim mechanischen Zurückziehen der Spitze reißt diese Bindung wieder ab. Aus der Verbiegung des Cantilevers lässt sich diese Kraft berechnen und daraus lassen sich Rückschlüsse auf die molekularen Vorgänge des Bindungsprozesses ziehen. (Abbildung 4)

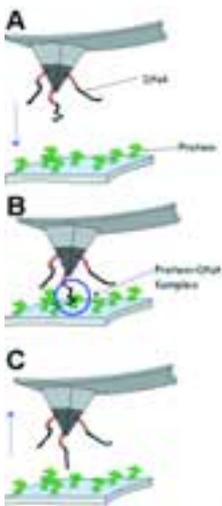


Abbildung 4: Bindungsstudien an einzelnen Biomolekülen. Dazu wird ein Bindepartner an die AFM-Spitze und der andere an eine Oberfläche fixiert. Die Spitze wird dann zur Oberfläche hin bewegt (A).

Ist der Abstand genügend klein, kann das Molekül an der Spitze an eines der Oberfläche binden (B). Zieht man nun die Spitze wieder zurück, reißt die Bindung bei einer charakteristischen Kraft ab. Für biologische Wechselwirkungen sind dabei Kräfte im Bereich von wenigen Piconewton ( $10\text{--}12\text{ N} = 0,000\ 000\ 000\ 001\text{ N}$ ) bis etwa  $200\text{ pN}$  typisch.

## ■ Wie reagiert ein Molekül, wenn man an ihm zieht?

Ein methodisch ähnliches Experiment gibt Aufschluss über Kräfte, die im Inneren eines Biomoleküls wirken. Dazu entfaltet man ein einzelnes, zwischen AFM-Spitze und Oberfläche gespanntes Molekül, indem man die Spitze langsam zurückzieht. Die Kräfte, die

das Molekül der von außen angelegten Spannung entgegengesetzt, lassen sich dann mit Wechselwirkungen im Inneren des Moleküls korrelieren. Bei einem fadenförmigen Molekül würde man erst einmal in Analogie zu einer Feder erwarten, dass die Kraft mit zunehmender Ausdehnung steigt. Betrachtet man nun zum Beispiel das Erbgutmolekül DNA, so lässt sich ein Bereich identifizieren, in dem das Molekül um etwa 70% verlängert wird, ohne der äußeren Spannung eine merkliche Gegenkraft entgegenzusetzen (die Kraft bleibt konstant). Dieser kooperative Effekt lässt sich mit strukturellen Umordnungen der Atome in dem Molekül erklären. Er kann ähnlich dem Phasenübergang beim Schmelzen von Eis in Wasser betrachtet werden, wo trotz Zufügung von Wärmeenergie die Temperatur konstant bleibt. (Abbildung 5)

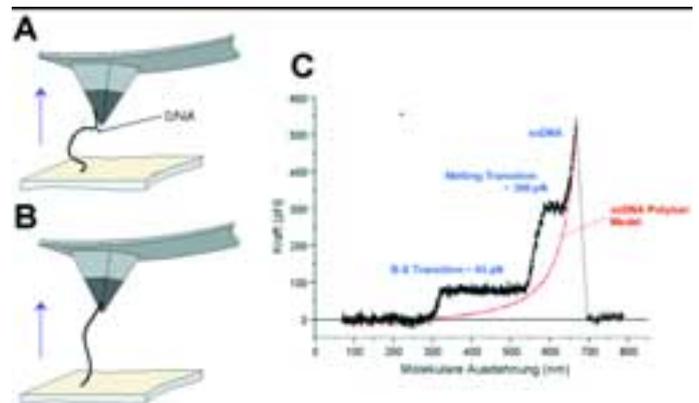


Abbildung 5: Streckverhalten eines einzelnen DNA-Moleküls. Dazu wird mit der AFM-Spitze ein Molekül von der Oberfläche aufgepickt und bis zum Zerreißen gespannt (A und B). C zeigt die dafür nötige Kraft in Abhängigkeit von der Molekülausdehnung (schwarz). Das hier untersuchte DNA-Molekül reißt bei einer Länge von etwa  $700\text{ nm}$ . Bei einem einfachen Polymer würde man die rote Kurve erwarten. Die gemessenen Daten zeigen dagegen eine deutliche Struktur, was auf Konformationsübergänge schließen lässt.

## ■ Beobachtung einzelner DNA-Moleküle in Mikro- und Nanostrukturen

Die Auftrennung von DNA-Molekülen ihrer Länge nach ist eine der wichtigsten Arbeiten in analytischen Laboratorien (etwa bei der Gensequenzierung). Die heutige Standardmethode, die Gelelektrophorese, ist sehr langsam (üblicherweise Stunden) und lässt sich nur ungenügend auf alle DNA-Längen anwenden. Die Mikro- und Nanotechnologie bietet auch hier neuartige Ansätze. So lassen sich Strukturen (Bio-

chips) mit Mikrometergroßen Kanälen fast beliebiger Geometrie herstellen. Um neue Trennmethoden zu entwickeln, muss zuerst genauer verstanden werden, wie sich die Moleküle in den Kanälen verhalten und sich bewegen. Dazu können einzelne farbstoff-markierte DNA-Moleküle in den Kanalsystemen fluoreszenzmikroskopisch sichtbar gemacht und ihre Bewegungen verfolgt werden. (Abbildung 6)

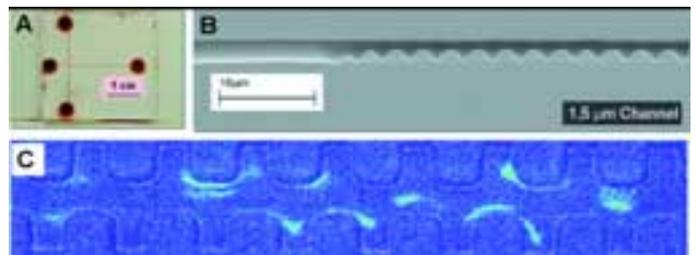
### ■ Kooperationspartner

Diese aktuellen Forschungsvorhaben sind in den neuen von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Sonderforschungsbereich „Physik von Einzelmolekülprozessen und molekularer Erkennung in organischen Systemen“ eingebunden und werden in Kooperation mit Dr. Anke Becker, Dr. Jörn Kalinowski, Prof. Dr. Alfred Pühler (Fakultät für Biologie) und mit Prof. Dr. Norbert Sewald, Prof. Dr. Jochen Mattay (Fakultät für Chemie) sowie mit Prof. Dr. Günther Reiss und Prof. Dr. Friederike Schmid (Fakultät für Physik) durchgeführt.



*Dr. Robert Ros studierte Physik an den Universitäten Freiburg und Heidelberg. Nach der Promotion am Paul-Scherrer-Institut in Villigen und der Universität Basel über Kraftmessungen an einzelnen Antikörpermolekülen ist er seit Ende 2000 Wissenschaftlicher Assistent in der Arbeitsgruppe Experimentelle Biophysik an der Universität Bielefeld und Teilprojektleiter im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 613, Physik von Einzelmolekülprozessen und molekularer Erkennung in organischen Systemen. Sein Forschungsgebiet ist die Einzelmolekül-Biophysik, insbesondere die Rasterkraftmikroskopie und -spektroskopie an biologischen Systemen sowie die Fluoreszenz-Korrelations-Spektroskopie.*

*Dr. Alexandra Ros studierte an den Universitäten München und Heidelberg Chemie und promovierte 2000 an der Eidgenössischen-Technischen-Hochschule in Lausanne (Schweiz) über neue Protein-Trenn- und Analysetechniken. Als wissenschaftliche Angestellte in der*



*Abbildung 6: Die Abbildung A) zeigt einen Microfluidic-Chip mit zwei gekreuzten Kanälen (rote Striche). An den vier Kanaleingängen sind Reservoire zu sehen (rote Punkte). In B) ist eine elektronenmikroskopische Aufnahme eines 1,5 µm breiten Kanals zu sehen. Im rechten Bereich des Bildes wurde dieser Kanal noch zusätzlich strukturiert. C) zeigt schließlich ein fluoreszenzmikroskopisches Bild einzelner DNA-Moleküle (hellere Striche) in einem strukturierten Mikrokanal (aus einer Video-Sequenz entnommen). Dabei ist zu sehen, wie die Moleküle der strukturierten Oberfläche folgen.*

*Arbeitsgruppe Experimentelle Biophysik der Fakultät für Physik ist sie Teilprojektleiterin im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 613. Arbeitsschwerpunkte sind die Erforschung neuer DNA-Migrationsmechanismen sowie die Trennung von Proteinen in Mikrofluidiksystemen.*

*Dr. Katja Tönsing studierte Chemie an der Universität Bielefeld und promovierte 1997 in der Physikalischen und Biophysikalischen Chemie (Universität Bielefeld) mit einer Arbeit über Kinetik und Thermodynamik elektrischer Feldeffekte in Makromolekülen (DNA, Proteine) und Membranen (Lipidvesikel, Zellmembranen). Seit 2001 ist sie als Akademische Rätin am Lehrstuhl für Experimentelle Biophysik tätig. Forschungsschwerpunkte sind derzeit Einzelmolekülexperimente (Fluoreszenz-Korrelations-Spektroskopie (FCS); Rastersondenmikroskopie; Optische Pinzette; 2-Photonen-Laser-Raster-Mikroskopie) zwischen Grundlagen (Struktur-Funktions-Beziehung) und medizinischer Anwendung (diagnostische Mikroskopie an Tissue-Engineering-Produkten wie Knorpelkonstrukten).*

*Prof. Dr. Dario Anselmetti studierte Physik, Mathematik und Astronomie an der Universität Basel. Anschließend promovierte er im Fach Physik. Es folgten Forschungsaufenthalte am IBM Forschungslabor in Rüschlikon und am „National Institute for Advanced Interdisciplinary Research (NAIR)“ in Tsukuba, Japan. Von 1994 bis 2000 war er bei den Firmen Ciba-Geigy und Novartis in der Forschung und Entwicklung als Leiter der biophysikalischen Nanotechnologie tätig. 1998 habilitierte er sich an der Universität Basel. Seit 2000 ist er Professor für Experimentelle Biophysik an der Universität Bielefeld, wo er seit 2001 als stellvertretender Sprecher des SFB 613 amtiert. Sein Forschungsgebiet ist die Einzelmolekül-Biophysik und die angewandte Nanotechnologie.*

# Westfälisch-Lippische Universitätsgesellschaft

– Verein der Freunde und Förderer e.V. –

## Werden Sie Mitglied!

Eine Universität braucht Freunde. Sie braucht Kontakt zur Öffentlichkeit. Sie braucht das Engagement aller Bürger und aller privaten oder öffentlichen Körperschaften und Firmen der Region. Sie braucht auch die Verbundenheit ihrer Studenten über die Studienzeit hinaus. Sie braucht die Unterstützung aller Kreise zur Erfüllung ihrer Aufgaben. Dies gilt erst recht für eine junge und expandierende Universität.

Wir laden Sie zum Beitritt ein!

### Was wir tun:

Förderung von Forschung und Lehre der Universität: Unterstützung von Fakultäten, Einrichtungen und Forschungsvorhaben.

Pflege der Beziehungen zwischen Universität und Bevölkerung: Durchführung und Unterstützung von Vorträgen, Konzerten, Kunstausstellungen, Sportveranstaltungen usw.

Hilfe bei Problemen der Studentenschaft: Förderung von Studentenwohnheimen, Vergabe von Auslandsstipendien, praxisorientierte Betreuung (Gesprächskreise, Firmenbesichtigungen) und andere Aktivitäten.

Förderung wissenschaftlicher Arbeiten: Jährliche Verleihung von Preisen für hervorragende Habilitations- und Dissertationsarbeiten. Unterstützung von förderungswürdigen wissenschaftlichen Arbeiten im Allgemeinen.

Vertiefung der Beziehungen zwischen Universitätsgesellschaft und Lehrkörper: Veranstaltungsreihe „Fakultäten stellen sich vor“.

Wir brauchen den gut ausgebildeten Nachwuchs. Deshalb tun wir etwas dafür.

Die Westfälisch-Lippische Universitätsgesellschaft – Verein der Freunde und Förderer e.V. – wurde 1966 durch Persönlichkeiten aus Politik, Kultur, Wirtschaft und Wissenschaft gegründet. Zu ihren Mitgliedern gehören heute Bürger aus allen Schichten der Bevölkerung, Personen aus Handel und Industrie sowie öffentliche Körperschaften und Firmen.

Mitglieder des Kuratoriums: Detlef Adler, Bielefeld, Dr. Dietmar Baumeister, Bielefeld, Otto Clüsener, Bielefeld, Peter Ebertz, Bielefeld, Dr. Werner Efig, Bielefeld, Margrit Harting-Kohlhase, Espelkamp, Dirk Ulrich Hindrichs, Bielefeld, Landrat Wilhelm Krömer, Minden, Wolfgang Kaeller, Bielefeld, Helmut Kruse, Detmold, Karen Leffers, Werther-Isingdorf, Friedrich Lohmann, Bielefeld, Rudolf Miele, Gütersloh, Dr. Peter von Möller, Bielefeld, Günther Rimmel, Bielefeld, Dr. Christian Schäferbarthold, Minden, Joachim Schultz-Tornau, Bielefeld, Herbert Sommer, Bielefeld, Reinhold Trinius, Porta Westfalica, Dr. Peter G. Ulrich, Bielefeld, Dr. Dr. Jürgen Weitkamp, Lübbecke. Vertreter der Universität: Prof. Dr. Peter Finke, Dr. Barbara Moschner, Hans-Jürgen Simm, Bastian Simon, Prof. Dr. Dieter Timmermann.

Vorsitzender des Vorstandes: Ortwin Goldbeck, Bielefeld, stellvertretender Vorsitzender: Oberbürgermeister Eberhard David, Bielefeld, Geschäftsführer und Schatzmeister: Prof. Dr. h.c. Helmut Steiner, Bielefeld, weitere Mitglieder: Bürgermeister Thomas Gabriel, Herford, Dr. Siegfried Luther, Gütersloh, Wolf-Dieter Meier Scheuven, Bielefeld, Walter Maaß, Bielefeld, Hans-Georg Vogt, Bielefeld, Dr. Rainer Wend, Bielefeld, Ehrenmitglieder: Rudolf August Oetker, Ernst Graumann †, Prof. Dr. Karl Peter Grottemeyer, Dr. Kurt Schober, Gerd Seidensticker, Walter Stich.

Die Mitglieder werden durch die Herausgabe von Mitteilungen und Mitgliederversammlungen auf dem Laufenden gehalten. Außerdem erhalten sie kostenlos die Bielefelder Universitätszeitung.

Alle Mitglieder der Universitätsgesellschaft erhalten auch das Forschungsmagazin der Universität Bielefeld kostenlos!

Die Universitätsgesellschaft ist steuerlich als gemeinnützige Institution anerkannt.

## Mitgliedschaft

Wenn Sie Mitglied werden wollen, wenden Sie sich bitte an:  
Westfälisch-Lippische Universitätsgesellschaft,  
Prof. Dr. h.c. Helmut Steiner, Wilhelmstr. 3a, 33602 Bielefeld,  
Tel. (05 21) 12 43 47, Fax. (05 21) 5 21 33 33  
email Anschrift: HelmutSteiner@t-online.de

Ich/Wir wünsche(n)

eine Firmenmitgliedschaft  
zu einem Jahresbeitrag von 260,- EUR  
Die zuständige Kontaktperson in der Firma ist

eine Einzelmitgliedschaft  
zu einem Jahresbeitrag von 30,- EUR

Bitte senden Sie die Beitrittsbestätigung an:

\_\_\_\_\_  
Name

\_\_\_\_\_  
Firma

\_\_\_\_\_  
Straße

\_\_\_\_\_  
PLZ/Ort

\_\_\_\_\_  
Datum

\_\_\_\_\_  
Unterschrift

Die Überweisung erfolgt auf das Konto-Nr. 0 669 499 (BLZ 480 700 20) der Deutschen Bank AG in Bielefeld.



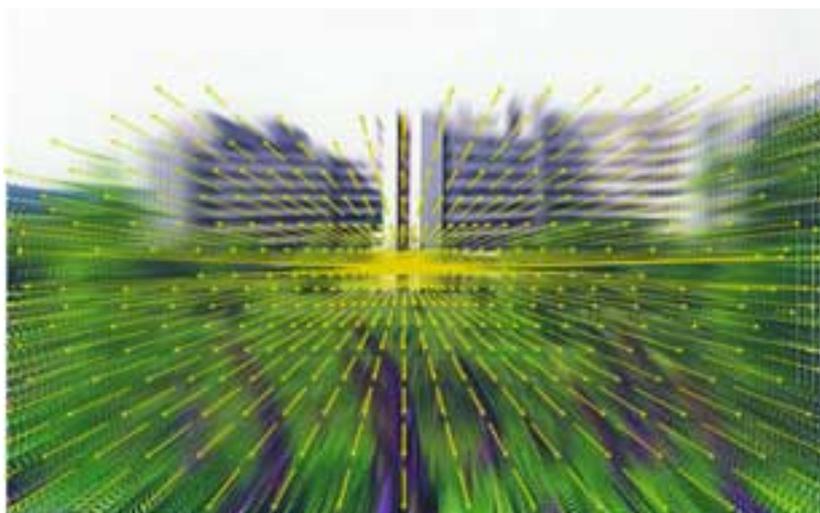
## Ein Blick ins Cockpit der Fliege

Von der Bildverarbeitung im Nervensystem zu künstlichen visuellen Systemen

Martin Egelhaaf, Roland Kern,  
Rafael Kurtz, Anne-Kathrin Warzecha

Fakultät für Biologie

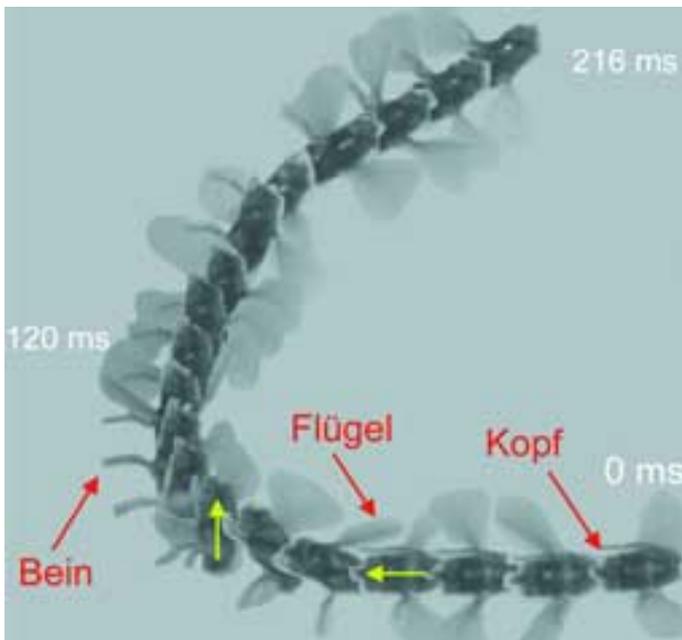
Kleine Gehirne wie die von Fliegen können große Gehirne, ganz zu schweigen von technischen Systemen, in manchen Leistungen bei weitem übertreffen. Ein Beispiel ist die Schnelligkeit der visuellen Bildverarbeitung. Bei der Fliege lässt sich zur Untersuchung der visuellen Bildverarbeitung ein breites Spektrum von Forschungsansätzen anwenden, das von der Verhaltensanalyse mittels Hochgeschwindigkeitskameras bis hin zu bildgebenden Verfahren zur Visualisierung molekularer Vorgänge innerhalb einzelner Nervenzellen reicht. Dank dieser Methodenvielfalt beginnen wir am Modellsystem „Fliege“ die neuronalen Mechanismen der visuellen Bildverarbeitung zu verstehen.



*Bildfluss, der auf den Augen induziert wird, wenn man sich auf einem geradlinigen Kurs auf die Universität Bielefeld zubewegt. Die Pfeile deuten schematisch die unterschiedlichen Richtungen und Geschwindigkeiten des Bildflusses in den verschiedenen Sehfeldbereichen an.*

### ■ Der Bildfluss auf den Augen enthält lebenswichtige Information

Wer schon einmal zwei Fliegen bei ihren Verfolgungsjagden beobachtet hat, weiß um die rasanten Flugmanöver dieser kleinen Piloten. Während es menschlichen Beobachtern kaum möglich ist, den Flugkurs mit bloßen Augen nachzuvollziehen, schafft es die verfolgende Fliege sogar, ihr schnelles Zielobjekt zu fangen. Dabei verlässt sie sich weitgehend auf ihre großen Facettenaugen, die einen fast vollständigen Rundumblick ermöglichen. Diese übermitteln fortlaufend Bilder an das Gehirn, die dort in Bruchteilen



*Flugsequenz einer Fliege, die von oben mit einer Hochgeschwindigkeitskamera mit einer Bildrate von 500 Bildern/s aufgenommen wurde. Die Fliege wird alle 12 ms gezeigt. Die Fliege macht eine kurze, abrupte „sakkadische“ Drehung (siehe gelbe Pfeile, die die Körperlängsachse der Fliege zu zwei Zeitpunkten markieren). Während dieser Drehung erreicht das Tier Spitzendrehgeschwindigkeiten von über 3000°/s. Würde die Drehung nicht sofort wieder abgebremst werden, würde sich das Tier 8–9 mal pro Sekunde um seine Körperachse drehen.*

von Sekunden ausgewertet und in Kurssteuersignale umgewandelt werden.

Um die komplexen dynamischen Bildfolgen, die den Ausgangspunkt einer solchen Bildverarbeitung darstellen, kennen zu lernen, versetzen wir uns in Gedanken in das Cockpit einer Fliege. Gleich nach dem Start beginnt sich die Umwelt vor beiden Augen von vorne nach hinten zu bewegen. Plötzlich macht die Fliege eine ruckartige Drehung nach links: dabei bewegt sich die Umwelt im ganzen Sehfeld kurzzeitig nach rechts. Unvermittelt nähern wir uns einem Hindernis: Dieses scheint immer größer zu werden und seine Konturen verschieben sich von der Mitte des Sehfelds zu dessen Randbereichen. Durch eine weitere ruckartige Drehung nach rechts, die mit großflächigen Bildverschiebungen nach links einhergeht, gelingt es der Fliege, dem Hindernis auszuweichen. Jetzt kommt das Zielobjekt, eine andere Fliege, in den Blick. Da diese sich selbst bewegt, bewegt sich ihr Bild auf dem Auge mit einer anderen Geschwindigkeit als die Umwelt. Die dadurch auftretende Relativbewegung macht die verfolgte Fliege vor dem Hintergrund sichtbar. Die Verfolgung kann beginnen...

Ein derartiger Bildfluss tritt nicht nur auf den Augen von Fliegen auf, sondern auch auf unseren Augen, wenn wir uns zum Beispiel im Straßenverkehr bewegen. Allerdings sind die Veränderungen des Bildflusses während der Flugmanöver von Fliegen um ein Vielfaches schneller als die auf den Augen von Menschen. Dies gilt sogar für Formel-1-Rennfahrer oder Piloten von Düsenjets. So können Fliegen bis zu zehn ruckartige Drehungen pro Sekunde machen, bei denen sie Drehgeschwindigkeiten von bis zu 5000°/s erreichen. Derartige Drehgeschwindigkeiten können Menschen schon körperlich nicht aushalten.

Wie wir gesehen haben, unterscheidet sich der retinale Bildfluss während unterschiedlicher Bewegungssituationen in charakteristischer Weise. Er enthält also wichtige Information über die Eigenbewegung. Darüber hinaus lässt sich aus ihm auf die räumliche Struktur der Umwelt schließen. Diese Informationen können, wenn sie vom Gehirn entsprechend ausgewertet werden, für die visuelle Kurssteuerung genutzt werden. In vielen Situationen ist es lebensentscheidend, dass dies schnell und zuverlässig erfolgt.

#### ■ Die Fliege als Modellsystem für eine In-vivo-Analyse visueller Informationsverarbeitung

Die Fliege hat sich als hervorragendes Modellsystem erwiesen, um den Prozessen im Gehirn, die der Verarbeitung des Bildflusses auf den Augen dienen, auf die Spur zu kommen. Zum einen ist das Sehsystem der Fliege auf die Lösung dieser Aufgabe spezialisiert. Zum anderen ist hier die experimentelle Analyse unter In-vivo-Bedingungen, das heißt im weitgehend intakten Tier, mit einem breiten Methodenspektrum möglich. So können die rasanten Flugmanöver mit Hochgeschwindigkeitskameras registriert werden. Mit Hilfe von Flugsimulatoren können die Flugmanöver der Fliege auch im fixierten Flug studiert werden. Die Fliege fliegt hierbei an einer Halterung befestigt auf der Stelle, während ihre Reaktionen in einer künstlichen, präzise kontrollierbaren Umwelt mit speziellen Sensoren registriert werden. Die Nervenetze zur visuellen Bildverarbeitung im Gehirn der Fliege können elektrophysiologisch analysiert werden. Hierbei werden feine Mess-Sonden mit einem Spitzendurchmesser von weniger als 1/10000 mm in einzelne Nervenzellen eingeführt und die elektrische Aktivität dieser Grundbausteine des Gehirns registriert. Darüber hinaus können bildgebende Verfahren eingesetzt werden, die es erlauben, die Aktivitätsverteilung innerhalb einzelner Nervenzellen und die

Konzentration bestimmter an der zellulären Informationsverarbeitung beteiligter Ionen zeitabhängig darzustellen.

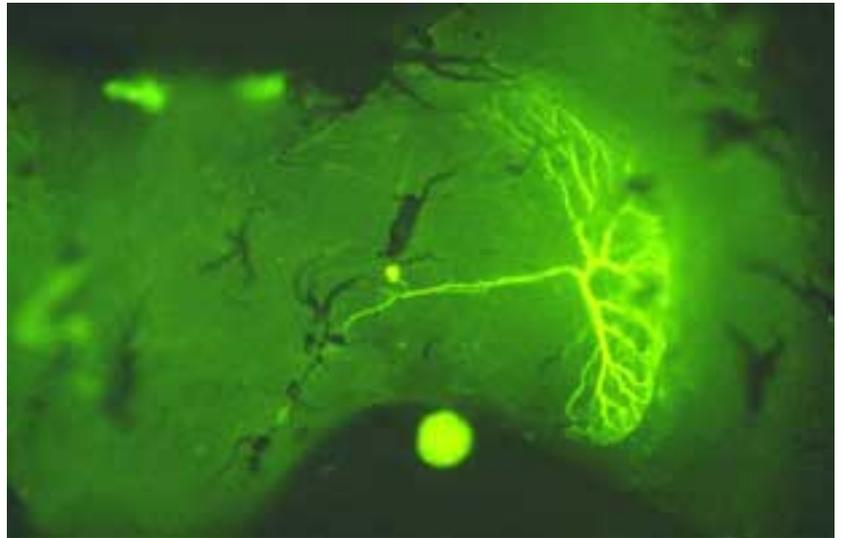
All diese Techniken zur Untersuchung der neuronalen Schaltkreise können im weitgehend intakten Tier eingesetzt werden, das durch seine natürlichen sensorischen Eingangssignale stimuliert werden kann. Deshalb ist es im Gegensatz zu vielen anderen in der Neurobiologie eingesetzten Präparaten (wie zum Beispiel Gehirnschnitten oder Zellkulturen), bei denen die neuronalen Schaltkreise künstlich (zum Beispiel durch elektrische Reizung) aktiviert werden müssen, möglich, die Vorgänge im Gehirn unter dessen normalen Arbeitsbedingungen zu untersuchen. Dies ist entscheidend, wenn man die funktionelle Bedeutung der verschiedenen neuronalen Prozesse für die Funktionsweise des Gesamtsystems verstehen will.

#### ■ **Nervennetze zur Auswertung von schnellem Bildfluss auf den Augen**

Information über den Bildfluss liegt nicht explizit in den Eingangssignalen des Auges vor. Vielmehr muss diese Information in einer Reihe von Verarbeitungsschritten aus der sich ständig ändernden Helligkeitsverteilung auf dem Auge ausgewertet werden. Die neuronalen Schaltkreise zur Auswertung von retinalem Bildfluss konnten mittlerweile in ihren Grundzügen aufgeklärt werden.

Die Signale benachbarter Lichtsinneszellen werden so verarbeitet, dass sie nicht primär den jeweiligen Helligkeitswert in der Umwelt codieren, sondern die räumlichen und zeitlichen Helligkeitsänderungen. Derartige Verarbeitungsprozesse reduzieren die Flut an Information, die in den Netzhautbildern enthalten ist, auf das Wesentliche.

Bewegungsinformation wird zunächst parallel in den verschiedenen Augenbereichen durch ein Feld von lokalen Bewegungsdetektoren ausgewertet. Dabei werden von jedem Bewegungsdetektor die Signale benachbarter Lichtsinneszellen miteinander verglichen. Bewegt sich ein Bildpunkt in eine Richtung, werden diese Sinneszellen nacheinander gereizt. Bewegt sich der Bildpunkt in die entgegengesetzte Richtung, werden sie in entgegengesetzter Reihenfolge aktiviert. Aus der zeitlichen Abfolge der Erregungen wird durch Nervenverschaltungen



*Nervenzelle im visuellen System der Fliege, die am besten auf kleine bewegte Objekte reagiert. Die Nervenzelle wurde über eine ultrafeine Injektionskanüle mit einem fluoreszierenden Farbstoff angefärbt. Mit ihren ausgedehnten Verzweigungen integriert die Nervenzelle die Ausgangssignale zahlreicher bewegungsempfindlicher Elemente.*

Information über die Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit ausgewertet.

Die Ausgangssignale vieler, über große Bereiche des Sehfeldes verteilter lokaler Bewegungsdetektoren werden von integrierenden Neuronen zusammengefasst. Eine derartige räumliche Integration lokaler Bewegungsinformation ist notwendig, da die charakteristischen Eigenschaften des retinalen Bildflusses, so wie er in unterschiedlichen Verhaltenssituationen auftritt, nur mit globalen Mechanismen erfasst werden kann. Der Blick in lediglich einen kleinen Bereich der Umwelt reicht hingegen nicht aus, um beispielsweise die Richtung der eigenen Bewegung abzuschätzen.

Um die Spezifität der integrierenden Neuronen für einen bestimmten Typ von retinalem Bildfluss zu erhöhen, sind diese zum Teil in charakteristischer Weise miteinander verschaltet. Als Folge dieser Netzwerkinteraktionen antworten sie bevorzugt während bestimmter Verhaltenssituationen, so zum Beispiel, wenn sich das Tier um seine Längsachse dreht oder wenn sich ein kleines Objekt durchs Sehfeld bewegt.

Ähnliche Prinzipien der Verarbeitung von visueller Information und insbesondere von retinalem Bildfluss, wie wir sie bei der Fliege charakterisieren konnten, wurden auch für „höhere“ Tiere, einschließlich des Menschen, postuliert. Dabei war es jedoch aus methodischen Gründen bislang nicht möglich, die zu Grunde liegenden Schaltkreise bis auf die Ebene der Rechenleistungen einzelner Neuronen und deren Verschaltungen zurückzuverfolgen.

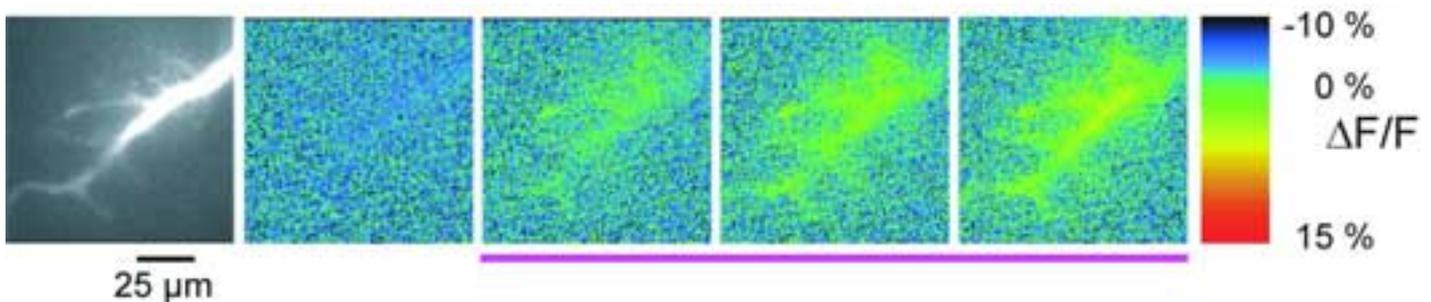
## ■ Verarbeitung von komplexem natürlichen Bildfluss

Sensorische Informationsverarbeitung wird in der Regel mit Hilfe relativ einfacher Reize untersucht, deren Parameter systematisch und unabhängig voneinander variiert werden können. Derartige Reize sind essentiell für Untersuchungen, die darauf abzielen, die Mechanismen der Informationsverarbeitung zu entschlüsseln. Jedoch ist es auf der Basis der Ergebnisse solcher Untersuchungen nicht ohne weiteres möglich zu verstehen, wie Information über die Umwelt im normalen Verhaltenskontext verarbeitet wird. In diesem Zusammenhang sind zwei Aspekte besonders wichtig:

- Neuronen sind – zumindest verglichen mit technischen Schaltelementen – ausgesprochen unzuverlässig. Dies drückt sich darin aus, dass ihre elektrische Aktivität, mittels der sie Information

visuellen Reizen studieren zu können, haben wir eine Art Panoramakino für Fliegen („OmniMaxX“) entwickelt. Es erlaubt erstmals, den Bildfluss, den Fliegen im freien Flug gesehen haben, mit einer Bildrate von 370 Bilder/s vorzuspielen und dabei gleichzeitig die Aktivität von Neuronen zu registrieren. Beim Menschen beginnen aufeinander folgende Bilder eines Kinofilms ab etwa 20 Bildern/s zu verschmelzen, so dass der Eindruck natürlicher Bewegung entsteht. Das zeitliche Auflösungsvermögen des Sehsystems der Fliege ist jedoch ungleich höher als das des Menschen. Mit Hilfe von „OmniMaxX“ können Bildsequenzen ähnlich dem bei schnellen Flugmanövern auftretenden Bildfluss präsentiert werden. Auch hier verschmelzen die aufeinander folgenden Bilder und geben den Eindruck natürlicher Bewegungen.

Laufende Untersuchungen legen nahe, dass die Mechanismen im Gehirn, die der visuellen Bildverarbeitung zu Grunde liegen, hervorragend an die dyna-



*Visualisierung neuronaler Informationsverarbeitung in einer Nervenzelle mit bildgebenden Verfahren. Gezeigt ist die verzweigte Ausgangsregion einer Nervenzelle, wie sie unter dem Fluoreszenzmikroskop erscheint, nachdem sie mit einem aktivitätsabhängigen Farbstoff gefüllt wurde (links). Während Bewegung (roter Balken) im Sehfeld der Fliege kommt es zum Einstrom von Calcium in die Nervenzelle, was in der gezeigten Bildfolge durch deren zunehmende gelbe Anfärbung erkennbar ist. Das Calcium in der Ausgangsregion der Zelle vermittelt die Signalübertragung an andere Nervenzellen.*

signalisieren, auf wiederholte Präsentation eines bestimmten Reizes sehr variabel sein kann. Trotz dieser Variabilität sind Fliegen in der Lage, ihre virtuellen visuell kontrollierten Flugmanöver auszuführen – so wie wir in der Regel in der Lage sind, uns sicher und unfallfrei im Straßenverkehr zu bewegen. Es stellt sich die Frage, wie dies möglich ist.

- In vielen Verhaltenssituationen werden die visuellen Reize nicht nur von außen vorgegeben, sondern, wie wir oben gesehen haben, durch die Art und Weise bestimmt, in der sich das Tier bewegt. Dies hat insbesondere bei sich schnell bewegenden Tieren wie Fliegen oder bei Menschen im Straßenverkehr erhebliche Konsequenzen für die dynamischen Eigenschaften des retinalen Bildflusses.

Um die neuronale Verarbeitung von natürlichen

mischen Bedingungen des Bildflusses in normalen Verhaltenssituationen angepasst sind. Es sieht so aus, als ob die Mechanismen der visuellen Bildauswertung bei Fliegen nur deshalb in der Lage sind, dem Gehirn die notwendige Information über die Bewegungen des Tiers und dessen Umwelt so schnell und effizient zur Verfügung zu stellen, weil sie nur relativ wenige Schaltelemente benötigen und sich einfacher Mechanismen bedienen. Wir gehen von der Hypothese aus, dass es nur möglich ist, mit einfachen Mechanismen Großes zu leisten, wenn diese die spezifischen Gegebenheiten der natürlichen Arbeitsbedingungen effizient ausnützen. Diese funktionieren zwar nicht unter allen erdenklichen Bedingungen, dafür aber besonders schnell und gut, wenn sich das Tier in seinem normalen Verhaltenskontext befindet.

Blick in das Panoramakino für Fliegen „OmniMaxX“. Die Fliege befindet sich in dessen Zentrum, während von hinten feine Messsonden mit Hilfe von Mikromanipulatoren in ihr Gehirn eingeführt werden. Mit Hilfe von OmniMaxX kann man der Fliege Hochgeschwindigkeitsfilme vorspielen, die das zeigen, was das Tier während seiner schnellen Flugmanöver gesehen hat. Gleichzeitig können die elektrischen Signale von Nervenzellen im Gehirn registriert werden.



■ Vom biologischen zum künstlichen System: die „Virtuelle Fliege“

Ob Hypothesen zur Funktionsweise des Nervensystems, wie sie auf der Basis experimenteller Untersuchungen entwickelt werden, tatsächlich tragfähig sind, muss durch eine detaillierte Modellierung getestet werden. Die wesentlichen Aspekte der Bildverarbeitung im visuellen System der Fliege, die von der Zuverlässigkeit der Informationsverarbeitung in einzelnen Nervenzellen, über neuronale Schaltkreise zur Auswertung des retinalen Bildflusses bis hin zum Orientierungsverhalten des ganzen Tieres reichen, wurden mit unterschiedlichen Ansätzen modelliert. Schon mit der ersten Version einer „Virtuellen Fliege“ können wesentliche Aspekte der visuellen Bildverarbeitung auch unter den komplexen dynamischen Bedingungen normaler Verhaltenssituationen erklärt werden. Derzeit sind wir dabei, die „Virtuelle Fliege“ zu einem autonom agierenden Agenten weiter zu entwickeln, der in komplexen Umwelten ähnlich effizient und virtuos navigieren kann wie die reale Fliege.

Auch wenn die Entwicklung der „Virtuellen Fliege“ primär heuristische Bedeutung hat, könnten die Mechanismen biologischer Informationsverarbeitung wertvolle Anregungen für die Entwicklung technischer Systeme liefern. Tatsächlich ist dies bereits in verschiedenen Arbeitsgruppen in Europa und den USA geschehen, wo Modelle, die für Teile des

Bewegungssystems der Fliege entwickelt wurden, auf elektronischen Chips technisch realisiert und bei der Steuerung von Robotern oder von Fahrzeugen bei der autonomen Hindernisvermeidung eingesetzt werden. Trotzdem gibt es derzeit noch kein technisches System, das die Aufgaben der Flugsteuerung so schnell und erfolgreich lösen kann wie die Fliege.

Mechanismen zur autonomen Navigation, zur Vermeidung von Hindernissen und zur Verfolgung bewegter Ziele sind im technischen Bereich von zentraler Bedeutung, insbesondere wenn sie relativ einfach und effizient sind. Dies ist bei der Fliege gegeben, denn sie erbringt ihre Leistungen mit einem Gehirn, das nicht mehr als 1 mg (!) wiegt. Möglich wird dies sicherlich nur dadurch, dass neuronale Schaltkreise in biologischen Systemen eine sehr viel längere Testphase durchlaufen haben, die kein technisches System aufweisen kann. Oder sollten 200 Millionen Jahre Evolution nicht ausgereicht haben, um im Wechselspiel von Mutation und Selektion zu möglichst sparsamen und hinreichend ausgefeilten Lösungen für die Ausstattung des Cockpits der Fliege zu kommen?

Weiterführende Literatur

M. Egelhaaf, R. Kern, H. G. Krapp, J. Kretzberg, A.-K. Warzecha. Neural encoding of behaviourally relevant motion information in the fly. *Trends Neurosci.* 25:96–102, 2002.

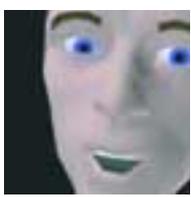


*Prof. Dr. Martin Egelhaaf studierte 1975 bis 1979 Biologie an der Universität Tübingen. 1979/1980 schrieb er seine Diplomarbeit an der University of Sussex (Brighton, England) und von 1980 bis 1984 seine Dissertation am Max-Planck-Institut für Biologische Kybernetik in Tübingen, wo er auch von 1985 bis 1993 Wissenschaftlicher Mitarbeiter war. 1989 habilitierte er sich an der Universität Tübingen. Von Januar 1994 bis September 1995 war er Arbeitsgruppenleiter am Centre for Visual Sciences, RSBS, Australian National University (Canberra, Australien). Seit 1995 ist Egelhaaf Inhaber des Lehrstuhls für Neurobiologie an der Universität Bielefeld. Forschungsschwerpunkt: Mechanismen der visuellen Informationsverarbeitung und deren Modellierung. Egelhaaf ist Sprecher des Graduiertenkollegs „Verhaltensstrategien und Verhaltensoptimierung“ und des vom Bundesbildungsministerium geförderten interuniversitären Projekts MONIST (Modellsimulation neuronaler und kognitiver Informationsverarbeitung – Schule der Techniken). Seit April 2002 ist er Dekan der Fakultät für Biologie der Universität Bielefeld.*

*Dr. Roland Kern studierte von 1984 bis 1990 Biologie an der Universität Tübingen und promovierte dort am Lehrstuhl für Biologische Kybernetik. 1995 war er Visiting Scientist am Centre for Visual Sciences, RSBS, Australian National University (Canberra, Australien) mit einem Postdoktorandenstipendium des Deutschen Akademischen Austauschdienstes. Seit Oktober 1995 ist er Wissenschaftlicher Assistent bzw. wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Neurobiologie der Universität Bielefeld und Teilprojektleiter des Forschungsschwerpunkts „Codierung verhaltensrelevanter Information im Nervensystem“.*

*Dr. Rafael Kurtz studierte von 1990 bis 1996 Biologie an der Universität Bielefeld und promovierte 2001 am Lehrstuhl für Neurobiologie der Universität Bielefeld. Seit August 2001 ist er dort Wissenschaftlicher Assistent und Teilprojektleiter des Forschungsschwerpunkts „Zelluläre Mechanismen visueller Informationsverarbeitung“.*

*Dr. Anne-Kathrin Warzecha, Privatdozentin an der Fakultät für Biologie, studierte 1984 bis 1990 Biologie an den Universitäten Mainz und Tübingen. 1987/88 hielt sie sich an der Duke University (Durham, NC, USA) auf. In der Zeit von 1991 bis 1994 verfasste sie ihre Diplom- und Doktorarbeit am Max-Planck-Institut für Biologische Kybernetik (Tübingen) und am Centre for Visual Sciences, RSBS, Australian National University (Canberra, Australien), wo sie sich auch 1995 als Postdoktorandin aufhielt. Von 1995 bis 2001 war sie Wissenschaftliche Assistentin, habilitierte sich im Jahr 2000 und arbeitet seit 2002 als Oberassistentin am Lehrstuhl für Neurobiologie der Universität Bielefeld und Teilprojektleiterin des Forschungsschwerpunkts „Zuverlässigkeit neuronaler Signalverarbeitung“.*



## Max, unser Agent in der virtuellen Welt

Eine Maschine, die mit dem Menschen kommuniziert

Ipke Wachsmuth

Technische Fakultät  
Arbeitsgruppe Wissensbasierte Systeme  
(Künstliche Intelligenz)

Mit Data in Gene Roddenberrys „Star Trek Next Generation“ und dem holographischen Doktor in „Voyager“ sind künstliche Wesen, die in sozialer Gemeinschaft mit Menschen ihren Beitrag erbringen, für viele von uns längst vorstellbar geworden. Im



Agent Data aus Gene Roddenberrys „Star Trek Next Generation“

Internet begegnen uns menschenähnliche Avatare, die Kunden gegenüber treten und Geschäfte vermitteln, in höhlenartigen Großprojektionen der virtuellen Realität sogar in Lebensgröße. Können wir eines Tages Maschinen als ansatzweise gleichrangige Kommunikationspartner erleben, die „verstehen“, was wir von ihnen wollen, und die Rolle eines sozialen Gegenübers einnehmen können?

Im Gebiet Künstliche Intelligenz wird erforscht, wie sich Systeme konstruieren lassen, die wie der Mensch ihre Umgebung wahrnehmen, daraus Schlussfolgerungen ziehen und in ihrer Umgebung angepasst handeln können. Damit sollen detaillierte Aufschlüsse über das Funktionieren von Intelligenz erlangt werden. Ein technisches Ziel ist die Verbesserung der Mensch-Maschine-Kommunikation durch Systeme, die sich sprachlich und gestisch mit dem Menschen verständigen können und damit die Kommunikation mit der Maschine leichter fasslich gestalten. Es wäre viel gewonnen, wenn uns im Umgang mit komplexen Systemen ein anthropomorpher Ansprechpartner zur Verfügung stünde, dessen Umgangsformen denen des Menschen gleichen.

„Hallo, ich bin Max, was kann ich für Sie tun?“ Eine freundliche Begrüßung, noch dazu mit einem Hilfsangebot, wird wohl von jedem gern angenommen. Wäre es nicht angenehm, wenn wir im virtuellen Raum von einem freundlich lächelnden Assistenten begrüßt würden, der zudem noch Kenntnis von seiner Arbeitsumgebung hätte und die Fähigkeit, als „Agent“ des Systems Leistungen zu vermitteln und uns dabei zu begleiten und zu assistieren?

Im Sonderforschungsbereich 360 „Situierete Künstliche Kommunikatoren“ entwickeln wir zu Forschungszwecken einen solchen Agenten. In unserem Labor – in der virtuellen Realität einer computergrafischen Großprojektion – ist er in menschenähnlicher Gestalt verkörpert. In seiner virtuellen Welt kann er bestimmte Aktionen ausführen und darüber einen Dialog mit einem menschlichen Benutzer führen. In unserem ersten Anwendungsbeispiel hilft der Agent beim Zusammenbau kleiner Fahrzeug-

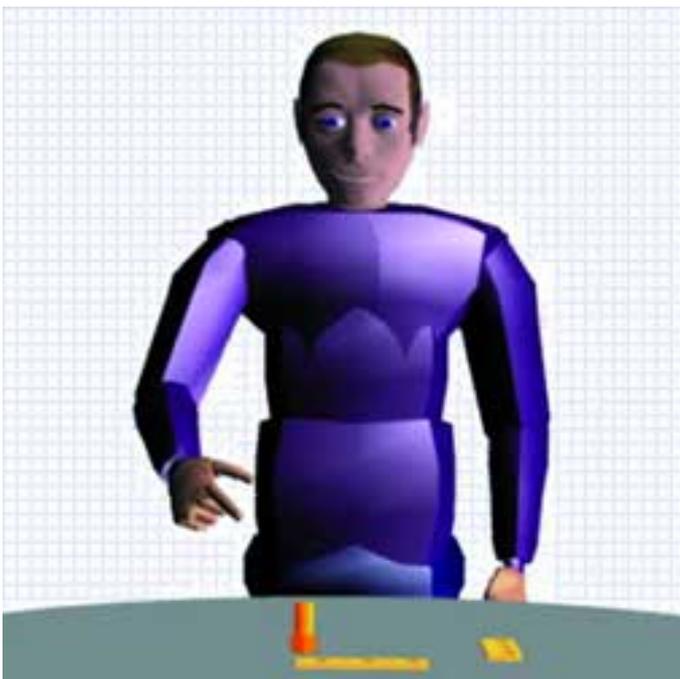


Bild 2: Mit freundlichem Lächeln und einer Zweifingerzeigegeste kann Max zum Beispiel die Positionierung eines Bauteils andeuten und mit seiner synthetischen Stimme etwas dazu sagen.

und Flugzeugmodelle aus Teilen eines Konstruktionsbaukastens, die in dreidimensionaler computergrafischer Darstellung als „virtuelle“ Objekte auf einem „virtuellen“ Tisch vor uns liegen. Es handelt sich also um eine Computersimulation. Der Agent sagt zum Beispiel: „Jetzt nimm diese Schraube und steck sie in diese Leiste“, und zeigt dabei auf die entsprechenden Bauteile, das heißt, er kann sich mit

Sprache und Gestik – multimodal – äußern (Bild 2). Umgekehrt kann er auch unser Sprechen und Zeigen, über Mikrofon und Infrarot-Kameras, wahrnehmen – ein echter Ansprechpartner, der sogar ein kleiner „Experte“ im Baukastenbau ist.

An dieser Forschungsarbeit sind viele Mitarbeiter, Studentinnen und Studenten beteiligt. Weil unser Agent sich einerseits multimodal (mit Sprache, Gestik und auch Gesichtsmimik) äußern kann und er sich andererseits mit der Assemblierung, das heißt dem Zusammenbau virtueller Objekte auskennt, wurde er auf MAX (für „Multimodaler Assemblierungs-Experte“) getauft.

In unserer Forschung geht es somit um Agenten mit kommunikativen Fähigkeiten. Und wir fragen uns damit im Detail, was eigentlich kommunikative Intelligenz genauer ist, ja wie sie sich – in Auszügen – so präzise beschreiben lässt, dass eine Maschine (auch unser Agent Max ist eine programmgesteuerte Software-Maschine) sie simulieren kann. Es ist dabei nicht unser Anliegen, Max verwechselbar menschenähnlich zu gestalten. Aber er soll die dem Menschen vertrauten Formen der Kommunikation an den Tag legen, uns beim Sprechen und Zuhören ansehen, sich einer natürlich wirkenden Gestik bedienen, verständnislos schauen, wenn er uns nicht versteht, warten, bis wir ausgeredet haben, bevor er selbst spricht, und so weiter.

#### ■ Wie versteht Max Sprache?

Das Verstehen von Sprache zählt zu den zentralen kognitiven Fähigkeiten. Wie meistert Max so etwas? Stellen wir uns vor, Max „hört“ folgenden Satz über ein Mikrofon, das die Rolle seiner Ohren übernimmt: „Jetzt steck die gelbe Schraube in die lange Leiste.“

Max verarbeitet das akustische Signal zunächst mit einem so genannten Spracherkennung. Das ist ein Computerprogramm, das mit Hilfe eines Wortlexikons aus dem Signal-Klangmuster Wörter herausfiltert (segmentiert). Dabei werden mit Grammatikregeln unsyntaktische Alternativen ausgeschieden. Zum Beispiel könnten die letzten zwei Wörter auch als „lang geleistet“ gehört worden sein, was im Kontext des „in die“ keinen korrekten Satz ergäbe. Wenn der Prozess bis hierhin erfolgreich war, hat Max aus dem Gehörten das Gesagte, also den Satz „Jetzt steck die gelbe Schraube in die lange Leiste“, in Computertext rekonstruiert, was den ersten Schritt des Sprachverstehens – die Spracherkennung – abschließt.

Wie kann Max aber den Sinn des Gesagten verstehen? Dazu braucht er Wissen über die Wortbedeutungen, auf die er in einem semantischen Lexi-

|          |          |          |  |
|----------|----------|----------|--|
| jetzt    | FUELL    |          |  |
| steck    | BEFEHL   | CONNECT  |  |
| die      | DET      |          |  |
| gelbe    | FARBE    | GELB     |  |
| Schraube | OBJEKTYP | SCHRAUBE |  |
| in       | PRAEP    | IN       |  |
| die      | DET      |          |  |
| lange    | GROESSE  | GROSS    |  |
| Leiste   | OBJEKTYP | LEISTE   |  |

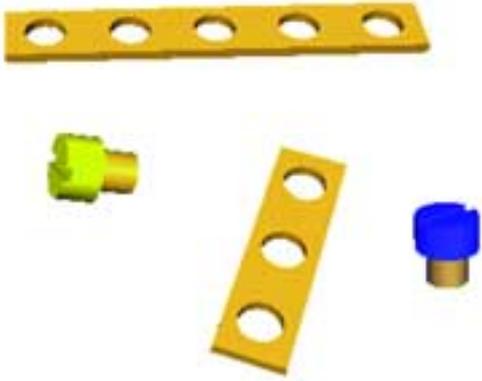


Bild 3: Die Satzbedeutung wird aus den Wortbedeutungen zusammengesetzt. In diesem Beispiel wird das „jetzt“ als Füllwort gewertet, das „steck“ als Befehl, eine Verbindung herzustellen (CONNECT), das Wort „die“ als bestimmter Artikel (determiner), das „gelbe“ als eine Farbe, die als GELB angegeben wird, das Wort „Schraube“ als ein Objekt des Typs SCHRAUBE, das „in“ als Präposition IN, das „lange“ als Größenangabe, die als GROSS benannt wird, und das Wort „Leiste“ als ein Objekt des Typs LEISTE.

kon zugreifen kann, zum Beispiel, dass „stecken“ eine Art des Verbindens und die Imperativform „steck“ einen Befehl bezeichnet. Bei der Analyse des Satzes schreibt Max diese Bedeutungsaspekte den einzelnen Wörtern zu und setzt daraus die Satzbedeutung zusammen (kompositionelle Semantik; siehe Bild 3). Um den Satz in vollem Umfang zu verstehen, muss Max den Bezug auf die wahrgenommene Weltsituation herstellen (Referenzsemantik). Aus den Satzteilen „die gelbe Schraube“ und „die lange Leiste“ werden Suchanfragen etwa wie folgt abgeleitet:

```
(select x (OBJEKTYP(x)= SCHRAUBE und
FARBE(x)= GELB)
(select y (OBJEKTYP(y)= LEISTE und
GROESSE(y)=GROSS) )
```

Das heißt, in der wahrgenommenen Szene (Bild 3) sind Objekte zu bestimmen, die diesen Anfragen genügen. Zum Beispiel ist die Größenbeschreibung GROSS eine Angabe, die relativ zu anderen LEISTE-Objekten bestimmt wird, etc. Wenn eindeutige Bezugsobjekte für x und y bestimmt werden konnten, ist der Auftrag an Max, diese zu verbinden (CONNECT), in vollem Umfang verstanden und kann ausgeführt werden. Das Verstehen eines solchen Satzes dauert kaum mehr als eine halbe Sekunde – zwei Wimpernschläge lang!

Zu den kognitiven Fähigkeiten von Max gehört weiter, dass er nonverbale Äußerungen seines menschlichen Gegenübers wahrnehmen und interpretieren kann. Gesten und Blickrichtung des Menschen werden ihm über so genannte *Tracker* übermittelt, so dass Max auch mitbekommt, wohin der Mensch beim Sprechen eines Auftrages schaut oder worauf er dabei zeigt.

### ■ Eine Stimme für Max

Damit Max auch selber sprechen kann, müssen zunächst einmal Klänge und Geräusche erzeugt werden, die der menschlichen Stimme ähneln. Mit der Hochgeschwindigkeit moderner Rechner lassen sich heute synthetische Stimmen durch Software, also Computerprogramme, in Echtzeit erzeugen. Grundlage ist die Erkenntnis, dass der Sprechschallstrom in Komponenten zerlegt werden kann: in die Grundfrequenz, die die Sprechmelodie bestimmt, und in wechselnde Oberton- und Geräuschanteile für die Vokale und Konsonanten. Das Programm MBROLA („Embrola“), das wir dazu einsetzen, hat in einer umfangreichen Datenbank so genannte Diphone (Verbindungen aufeinander folgender Lautkomplexe) gespeichert. Sie lassen sich zu einer digitalen Klangbeschreibung zusammensetzen und über Soundkarte und Lautsprecher als akustisches Signal hörbar machen.

Der zu sprechende Text muss zuvor aber erst in eine Liste von Phonemen überführt werden. Dafür setzen wir das Programm TXT2PHO („Text to Pho“) von der Universität Bonn ein, zu dem ein Aussprachelexikon mit über 50.000 Einträgen gehört. In unserem Labor haben wir eine Methode entwickelt, mit der die Betonung nach Bedarf erzeugt werden kann. Dazu benutzen wir eine so genannte *markup-Sprache*, SABLE, die auf der *extensible markup language* (XML) basiert, um betonte Silben zu markieren, die bei Überführung der Texteingabe in phonetischen Text sofort – „online“ – ausgewertet werden. Auch wenn es der synthetischen Sprache von Max ein wenig an „Seele“ fehlt, kann die Betonung kontrolliert und mit der Gestik abgestimmt werden. So kann Max in natürlich wirkendem Miteinander sprechen und zeigen.

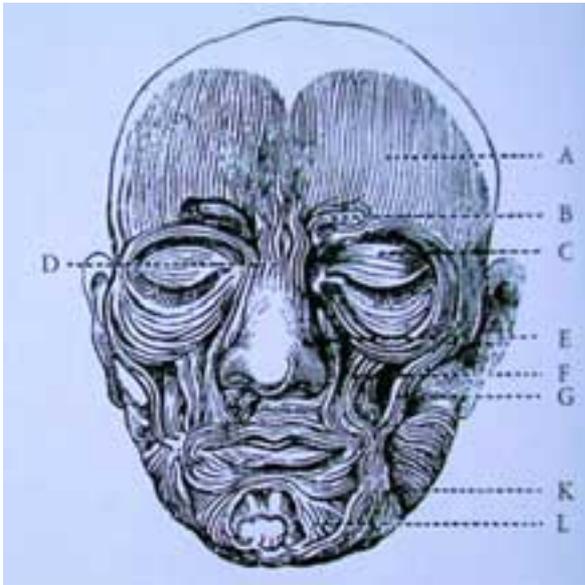


Bild 4: Im linken Bild (angefertigt von Sir Ch. Bell und entnommen Darwins Buch: *Ausdruck der Gemütsbewegungen bei dem Menschen und den Tieren*) sind die wichtigsten der über 40 Muskeln dargestellt, mit denen wir unserem Gesicht Ausdruck verleihen.

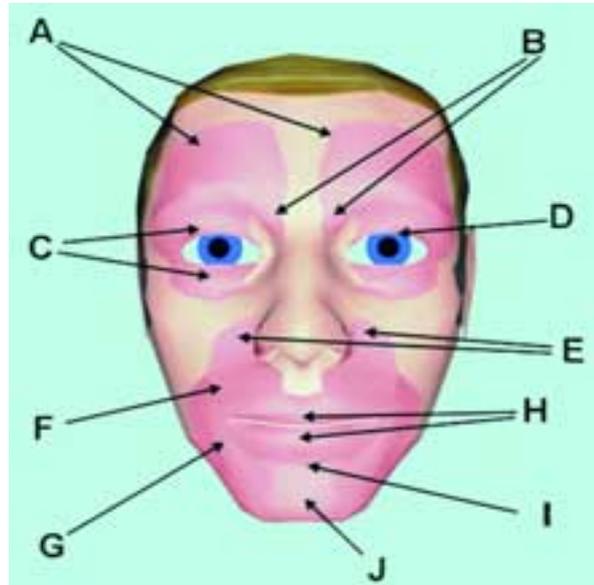


Bild 5: Das rechte Bild zeigt Gesichtspartien von Max, die mit „virtuellen Muskeln“ animiert werden können.

#### ■ Ein animiertes Gesicht für Max

Mimik ist ein universales, über alle Kulturen hinweg verständliches System der Kommunikation. Deshalb lässt sich auch erwarten, dass der Gesichtsausdruck von Max, wenn er den Regeln der mimischen Programme folgt, vom Menschen richtig verstanden wird. Werfen wir zuerst einen Blick auf die menschliche Gesichtsmuskulatur (Bild 4). Da gibt es zum Beispiel den Stirnmuskel (A), der die Augenbrauen hebt, und den Augenbrauenrunzler (B), der nicht nur beim finsternen Blick zum Einsatz kommt. Beim Lächeln spielen Augenringmuskel (C), Jochbeinmuskel und Mundwinkelheber ihre Rolle, während der „Herabdrücker des Winkels des Mundes“ (*depressor anguli oris*) eher negative Emotionen ausdrückt. Die Aktivität der Gesichtsmuskulatur führt also zu der von uns erkennbaren Mimik und natürlich auch der Lippenbewegung beim Sprechen.

Über 40 Muskeln verleihen unserem Gesicht Ausdruck, und die wichtigsten davon sind für Max berücksichtigt (Bild 5). Die Gesichtsoberfläche von

Max kann durch simulierte Muskeleffekte mit Hilfe so genannter Aktionseinheiten animiert werden. Grundlage dafür ist das von den Psychologen Paul Ekman und Wallace Friesen entwickelte *Facial Action Coding System*, das die Kodierung sämtlicher mimischer Gesichtsausdrücke erlaubt. Dabei kann ein und derselbe Muskel an verschiedenen Aktionen beteiligt sein. Und es können sich mehrere Aktionseinheiten in einem Gesichtsausdruck mischen, wie bei finsternem Lächeln oder fröhlicher Überraschung. Mit seiner Mimik kann Max Emotionen ausdrücken und so dem Menschen ein leicht verständliches Feedback übermitteln (Bild 6). Wenn Max zum Beispiel eine gesprochene Eingabe nicht verstanden hat oder noch an der Planung einer Äußerung „überlegt“, kann er verständnislos oder nachdenklich schauen.

Auch die Sprechbewegung des Mundes entspringt dem Zusammenspiel der Gesichtsmuskeln. Für die Sprechanimation sind die so genannten *Viseme* (visuellen Phoneme) entscheidend. Sie beschreiben die Gesichtsstellung (Mund, Lippen etc.) bei der Artikulation der Phoneme. Ob *Mama*, *Papa* oder



Bild 6: Mit seiner Gesichtsmimik kann Max unterschiedliche Emotionen ausdrücken.

Ball gesagt wird, beim Wortanfang sind die Lippen auf gleiche Weise geschlossen, das heißt, es reicht ein Visem für M, P, B und so fort. Wenn ein von Max zu sprechender Satz in eine Phonemliste überführt wird, werden zugleich die passenden Viseme zugeordnet. So kann Max den Mund synchron zum Sprechen bewegen.

### ■ Ein humanoider Körper für Max

Die in der virtuellen Realität verkörperte Erscheinung von Max umfasst nicht nur eine Stimme und ein animiertes Gesicht, sondern auch einen vollständigen anthropomorphen – nach dem Menschen geformten – Körper, der verschiedene Stellungen und Haltungen einnehmen kann und sich in der uns vertrauten Weise bewegt, wenn er zum Beispiel auf etwas zeigt. Besonders für die Gestik ist Max sehr „gelenkig“ (Bild 7): Schulter und Schlüsselbeingelenk, Ellenbogen und Handgelenk, Hände mit fünf Fingern, jeder mit drei Gelenken modelliert, ein Daumen, der zur Handfläche eingeklappt werden kann, erlauben natürliche Beweglichkeit.

Ein hierarchisches Steuerungssystem kontrolliert das kinematische Skelett von Max (Bild 8). Auf der höchsten Ebene wird die geplante Bewegung als Ziel repräsentiert (z.B. „auf das Flugzeug zeigen!“). Die Kontrolle der auszuführenden Bewegungen wird schrittweise in Unterplänen detailliert, bis schließlich einzelne Motorprogramme die Gelenke in Bewegung versetzen, so dass sich die Bewegung in die Zeige-

stellung ergibt. Max hat dazu ein Gestenlexikon, aus dem die Bewegungsverläufe typischer Gesten parametrisch abgerufen und situationsgerecht angepasst werden. Ausgehend davon werden alle Zwischenbewegungen vom motorischen System automatisch erzeugt. Hinter der „Körperintelligenz“ von Max verbirgt sich eine Menge Mathematik, die es selbst ermöglicht, die zeitliche Feinplanung der Bewegungen mit seiner synthetischen Sprache („steck sie in

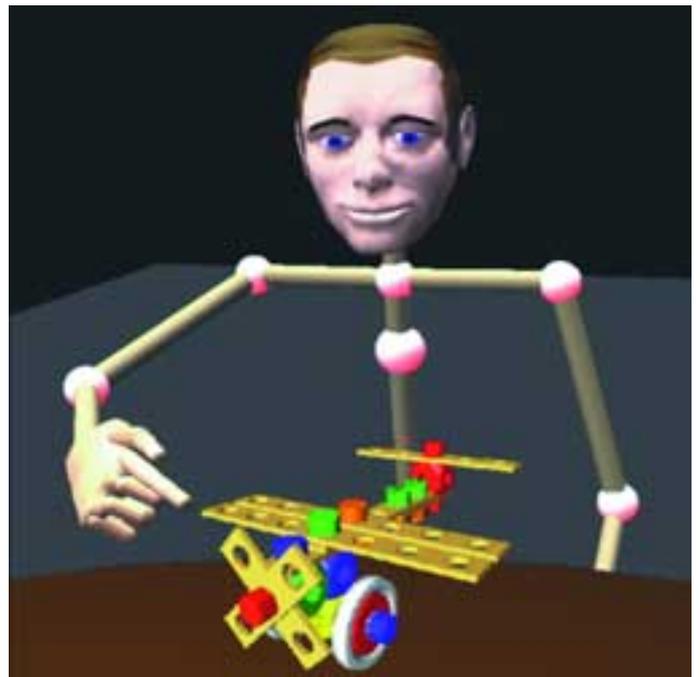


Bild 7: Das „Darunter“ von Max: Unter der Körperhülle sorgt ein Skelett aus verbundenen Segmenten, so genannten kinematischen Ketten, dafür, dass Max sich gelenkig bewegen kann.

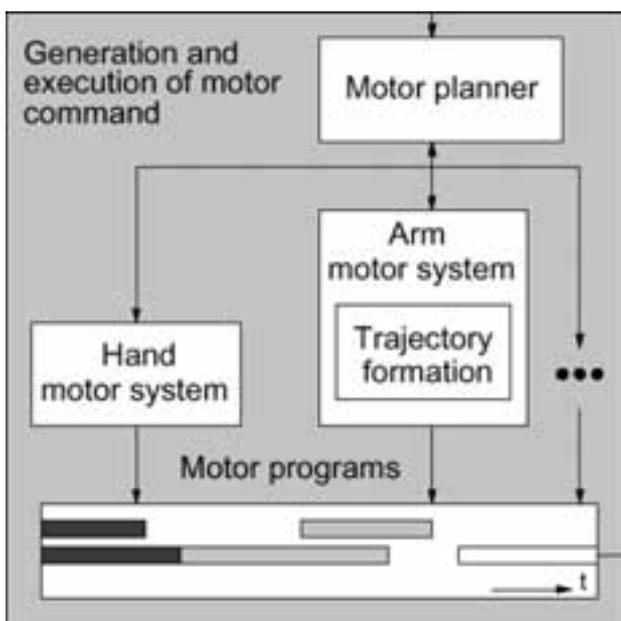


Bild 8: Ein strukturiertes Motorsystem macht Max beweglich.

diese Leiste“) abzustimmen. Mit seinem gelenkigen Körper kann er sein Sprechen mit Gesten untermalen und sogar die Gesten des vor ihm stehenden Menschen imitieren (Bild 9, nächste Seite).

Aber wie steht es mit der fühlbaren Körperlichkeit von Max? Sein computergrafisch animierter Körper ist nicht berührbar und in dieser Hinsicht körperlos. Dem Menschen, der Max gegenüber tritt, ist dennoch direkt spürbar, wenn Max bis auf „Normalabstand“ herankommt, und kommt er noch näher, verspürt man selbst den unmittelbaren Impuls zum Zurückweichen. Und genauso hat Max proxemische Sensoren, Körperfühler sozusagen, mit der er Nähe und Annäherung spüren kann. In dem Moment, wo eine menschliche Hand – mit einem Datenhandschuh



Bild 9: Max kann die Gesten seines menschlichen Gegenübers imitieren.

bestückt – und Max' computeranimierte Hand sich in der virtuellen Welt treffen, funkt und knistert es (Bild 10).

#### ■ Ausblick

Mit den Arbeiten an Max fragen wir uns, wie man bestimmte Aspekte der Kommunikation und ihr zugrunde liegende Intelligenzfähigkeiten synthetisch herstellen kann. Das erfordert nicht nur bestimmte „geistige“ (kognitive) Fähigkeiten, sondern auch die Möglichkeit, sich körperlich mitzuteilen, und dies betrifft nicht nur Stimme und Sprechen. Gerade das Zusammenspiel verbaler und nonverbaler Kommunikationsformen, zum Beispiel mit Gestik und Mimik, erlaubt eine robuste und intuitive Verständigung. Und auch die physische Gegenwart am räumlichen Ort gehört dazu, um sinnvoll „hier“ und „dort“, „links“ und „rechts“ sagen zu können.

Neben dem Aspekt der technischen Machbarkeit sind unsere Forschungsarbeiten auch mit der Erwartung verbunden, durch die Entwicklung und den Test konkreter Modelle neue Erkenntnisse über das Funktionieren menschlicher Kommunikation, dem vielleicht eindrucksvollsten Feld menschlicher Intelligenz, zu gewinnen. Wie funktioniert beispielsweise das zeitliche Zusammenspiel von Sprechen und Zeigen? Wie wird das Abwechseln im Dialog gesteuert? Die sich hiermit ergebende – wohl spannendste – Frage nach der Architektur eines körperlichen natürlichen bzw. verkörperten künstlichen „Organismus“ kann nur in interdisziplinärer Zusammenarbeit erforscht werden. Mit der starken Verzahnung linguistischer, psycholinguistischer und informatischer Forschungsmethoden, die die „situierete Kommunikation“ empirisch und technisch untersuchen, bietet der DFG-Sonderforschungsbereich 360 hierfür ein hervorragendes Umfeld.



Bild 10: Max hat proximische Sensoren („Körperfühler“), mit denen er Nähe und Annäherung spüren kann. Wenn eine menschliche Hand – mit einem Datenhandschuh bestückt – und Max' computeranimierte Hand sich in der virtuellen Welt treffen, knistert und funkt es.



Prof. Dr. Ipke Wachsmuth, geboren 1950, studierte Mathematik und Informatik in Hannover. Nach Lehr- und Forschungstätigkeiten an der Universität Osnabrück, der Northern Illinois University und bei IBM Deutschland habilitierte er sich 1989 an der Universität Osnabrück; im selben Jahr wurde er auf die Professur für Wissensbasierte Systeme (Künstliche Intelligenz) an die Universität Bielefeld berufen. Er ist Gründungsmitglied der Technischen Fakultät, Mitinitiator und stellvertretender Sprecher des Sonderforschungsbereichs 360 „Situierete Künstliche Kommunikatoren“ und derzeitiger Vorsitzender der Gesellschaft für Kognitionswissenschaft. Seit Oktober ist er der neue geschäftsführende Direktor des Zentrums für interdisziplinäre Forschung der Universität Bielefeld.



# Korruption in Deutschland

Britta Bannenber

Fakultät für Rechtswissenschaft

Aus der Analyse einer bundesweit durchgeführten strafrechtlich-empirischen Studie – beruhend auf 101 Strafverfahren, orientiert an Fallkomplexen oder 208 Strafverfahren und gezählt nach Aktenzeichen aus 14 Bundesländern mit 436 Beschuldigten – ergeben sich recht klar verschiedene Strukturen von Korruption sowie Defizite und Erfordernisse bei der Reaktion.<sup>1</sup> Die Ergebnisse sind Grundlage zur Erfassung der Wirklichkeit der Korruption in Deutschland wie auch des Umgangs der Strafverfolgungsbehörden und der Verwaltungen und Unternehmen mit Korruption. Die empirische Datenbasis erlaubt grundsätzliche Aussagen zur Typologie und zu den Strukturen der Korruption ebenso wie zu den Besonderheiten der Täter. In der Untersuchung geht es vornehmlich um schwerwiegende Fälle von Korruption.

**Korruptionsbekämpfungsgesetz/Drittmittelforschung**  
 Dienstbesprechung mit den Rektoren, Kan...  
 am 16.02.2000  
 Erlass vom 04.07.2000 - Az. w.o. -

**Korruptionsverdacht im Finanzamt Düsseldorf**  
 Düsseldorf – Ein Finanzbeamter aus r...  
 'orf steht unter Korruption...  
 ein Sprecher der Sta...

**Sonderurlaub für 007**  
 Behörden-Mitarbeiter beschwerten sich über die Taktik ihres Chefs in der Korruptionsaffäre

**Korruption in den Niederlanden**  
 Ausschuss untersucht illegale Praktiken am ...

» EINLADUNG ZU EINEM ABENDESSEN «  
 AFFAREN

**Vorladung zum Frühstück**  
 treue „in Müllwirtschaft“ deutlich

**Groß, größer, korrupt**  
 amerikanische

**NRW-Sondereinheit bekämpft Korruption**  
 Düsseldorf (Inw). Korruptionsvorwürfen in der Müll-Branche ist ein 12-köpfiger Untersuchungsstab bestehend aus ...

**Korruption in Europa**  
 Bestechung und Bestechlichkeit in Demokratien

**Handelskammer plant Kodex gegen Korruption**  
 Wuppertal – Mit einem Verhaltenskodex wollen ...

**Bestechlicher als in Chile**  
 TI moniert laxen Kampf gegen Korruption hier zu Lande

**Korruptionsregister erneut entschärft**  
 Vermittlungsausschuss legt Kompromiss vor / Union enthält sich der Stimme

## ■ Strukturen der Korruption

Die untersuchten Strafverfahren hatten sehr unterschiedliche Qualität und reichten von Einzelfall- oder Bagatelldelikten (Struktur 1) über „gewachsene Beziehungen“ (Struktur 2) bis hin zu Netzwerkstrukturen der organisierten Wirtschaftskriminalität (Struktur 3).

Einzelfallkorruption der Struktur 1 wird bei günstiger Gelegenheit begangen. Die beteiligten Personen sind sich in der Regel fremd, und die Tat ist nicht auf Wiederholung angelegt. Das Geschehen beschränkt sich meist auf zwei oder wenige Personen und wird oft dadurch bekannt, dass sich der Amtsträger nicht bestechen lässt und eine Strafanzeige erstattet. Diese Fälle sind von der Strafverfolgung schnell und einfach zu erledigen, weil die Situation häufig eindeutig ist und mit einem oder zwei Amts-



trägern Zeugen zur Verfügung stehen. Typisch ist der Fall eines Autofahrers, der eine Alkoholkontrolle durch Geldzahlung an die Polizeibeamten abwenden will. Diese Form der Korruption spielt nur eine untergeordnete Rolle.

Verfahren der Struktur 2 (gewachsene Beziehungen) zeichnen sich durch länger andauernde Korruptionsbeziehungen aus, die auf Wiederholung angelegt sind, sich aber meistens nicht über den Bereich eines Bundeslandes hinaus ausbreiten. Diese sind räumlich und personell begrenzt, allerdings können die Beziehungen zwischen einigen korrupten Amtsträgern und einer überschaubaren Zahl von Unternehmern über Jahre ungestört wachsen und erhebliche Schäden anrichten. Die Unternehmer sind an wiederholten beeinflussten Vergabeentscheidun-

gen interessiert und gehen dabei Beziehungen mit Amtsträgern ein, die in erster Linie durch das typische „Anfüttern“, nicht selten aber auch auf Initiative des Amtsträgers beginnen. In dieser Struktur besteht die Tendenz, nach Jahren regelrechte Erpressungssituationen aufzubauen, bei denen die Amtsträger ihre Machtstellung missbrauchen. Verfahren der Struktur 2 sind in der Tataufklärung sehr zeit- und personalaufwendig. Eine Bewältigung der Verfahren ist jedoch mit einem entsprechenden Ermittlungsaufwand, mit einer Vielzahl von Abtrennungen und Beschränkungen der Strafverfolgung nach § 154 StPO und der Anwendung der §§ 153, 153a StPO möglich. Die Ermittlungen werden durch Steuer- und Zollfahndung, durch das Hinzuziehen von wirtschaftlichen Sachverständigen und durch spezielle Ermittlungsmaßnahmen wie Umfeldermittlungen, Telefonüberwachungen, Banken-Ermittlungen und Untersuchungshaft häufig erfolgreich unterstützt.

Bei Verfahren der Struktur 3 (Netzwerke) handelt es sich um umfangreiche Strafverfahren, die der organisierten Wirtschaftskriminalität zuzuordnen sind. Hier ist eine Vielzahl von Personen auf Nehmer- und Geberseite über Jahre, teilweise über Jahrzehnte hinweg involviert. Die Netzwerke unterscheiden sich von der Korruption der Strukturen 1 und 2 durch die Machtstellung der Geberseite. Die Korruption wird von Unternehmen als Strategie eingesetzt, um wichtige Vergabeentscheidungen zugunsten des Unternehmens oder eines Kartells zu beeinflussen, um die Konkurrenz auszuschalten. Sie ist regelmäßig mit weiteren Straftaten (vornehmlich Betrug und Untreue) verbunden, da falsche Abrechnungen bei ausgeschalteter Kontrolle zu Lasten der öffentlichen Hand erfolgen. Ganz überwiegend sind diese Netzwerke bei der Vergabe von Großaufträgen vorhanden (Bau von Flughäfen, Klärwerken, Autobahnen, Kasernen, Werften, Ausrüstung für Bundeswehr und Polizei). Darüber hinaus entsprechen Treuhandverfahren, Führerscheinverfahren, Korruption in Ausländerbehörden und die Herzklappen- oder Medizinprodukteverfahren häufig dieser Struktur. Diese Verhaltensweisen sind in der Baubranche oder bei monopolartigen Anbietern üblich und werden durch eine Unternehmenspolitik gestützt, die hohe Schmiergelder aus schwarzen Kassen zur Verfügung stellt und das Geschehen nach außen abschottet. Es finden sich organisierte Verteidigungsstrategien im Vorfeld von Straftaten und versteckte Unterstützung von Beschuldigten. Wird ein hochstehender Angehöriger des Unternehmens inhaftiert, kommt es nach außen zu sofortiger Kündigung und öffentlicher Distanzierung, insgeheim aber wird der Beschuldigte

in der Untersuchungshaft finanziell durch verdeckte Beauftragung von Verteidigern und mit Kauttionen unterstützt, die als „Schweigegeld“ gedacht sind. Verschiedentlich kümmert man sich sogar um einen neuen Arbeitsplatz in einem Tochterunternehmen. Folglich ist die Aufklärung dieser Fälle schwierig, langwierig und selten mit einer Kooperation der Hauptbeschuldigten verbunden. Es handelt sich häufig um eine Vielzahl von Beschuldigten, lange zurück reichende Tatkomplexe und auf Verdeckung angelegtes Tat- und Täterverhalten. Es gibt auch erhebliche Einflussversuche auf die Ermittlungen, insbesondere durch die Politik, da häufig enge persönliche Beziehungen zwischen den einflussreichen Beschuldigten und politischen Kreisen bestehen. Diese politischen Kontakte werden bereits bei der unternehmerischen Tätigkeit zweckwidrig eingesetzt, um Auftragsvergaben zu beeinflussen, ebenso jedoch bei dem Versuch, die Strafverfolgung zu verhindern. In der Struktur Netzwerke fallen die höchst schädlichen Verhaltensweisen im Vergabebereich über Jahrzehnte auf. Das Recht wird völlig missachtet, Kontrolle versagt, obwohl Anzeichen auch Unbeteiligten auffallen. Eine Sog- und Spiralwirkung kann nachgewiesen werden. Reine Absprachekartelle ohne Betrug und Bestechung gibt es nicht.

#### ■ Organisierte Kriminalität und Korruption

Systematische Einflussnahmen der organisierten Nicht-Wirtschafts-Kriminalität (z. B. Drogen- und Menschenhandel) auf Politik, Justiz und Verwaltung wurden in dieser Hellfelduntersuchung nicht gefunden, doch bedeutet dies im Hinblick auf das unbekannte Dunkelfeld nicht, dass es diese Gefahr nicht gibt. Im Hellfeld jedoch sind Ereignisse wie in Belgien und Italien (Vertuschung von schwerwiegenden organisierten Straftaten durch Politik und Justiz) in Deutschland nicht bekannt. Dagegen finden sich durchaus subtile Einflussnahmen der Politik auf die Verwaltung, um Wirtschaftskriminalität zu erleichtern oder die Strafverfolgung zu verhindern.

#### ■ Fehlende Kontrollen

Korruption wird als opferloses Kontrolldelikt angesehen. Geschädigte oder Augenzeugen fallen als Anzeigerstatter überwiegend aus. Es fällt auf, dass Verdachtsmomente für Korruption in vielen Fällen Jahre vor den strafrechtlichen Ermittlungen bekannt



werden. Kollegen werden misstrauisch, Konkurrenten erhalten keine Aufträge mehr, Nachbarn bemerken einen veränderten Lebensstandard. Eine Strafanzeige oder auch nur die organisationsinterne Anzeige der bemerkten Unregelmäßigkeiten an die Vorgesetzten unterbleibt ganz überwiegend. Strafverfahren werden eingeleitet, weil durch Zufall Hinweise an die Strafverfolgungsbehörden gelangen, Presseveröffentlichungen den Anstoß geben oder abgegebene Verfahren anderer Staatsanwaltschaften und andere Behörden wie Steuerbehörden und Rechnungsprüfungsämter entscheidende Hinweise auf einen Straftatverdacht geben.

#### ■ Täter struktureller Korruption

In den Strukturen 2 und 3 sind typische erkannte Täterpersönlichkeiten auszumachen. Sie sind ganz überwiegend männlich, nicht vorbestraft, ohne erkennbare Schuldensituationen und können als angepasst, sozial integriert und unauffällig beschrieben werden, vor allem aber als ehrgeizig, mit gewissen Macht- und Einflusspositionen in Verwaltung und Unternehmen, häufig als „Aufsteiger“ im zweiten Bildungsweg, mit hohem Engagement für ihren Beruf und erheblichem erworbenen Fachwissen. Sie verstehen sich nicht als illegal handelnd, legen Wert auf einen hohen Lebensstandard und gesellschaftlichen Status und zeigen in den Ermittlungsverfahren ausgeprägte Neutralisierungs- und Rechtfertigungstechniken. Ein kleiner Teil der Täter kann als „Betrügerpersönlichkeit“ bezeichnet werden. Sie fallen durch legale Fassaden, Lügen, Täuschungen und Fälschungen auf bei manipulativen Fähigkeiten und einem ausgeprägten Hang zur Selbstdarstellung, zu Luxusgütern und zur Angeberei und begehen erhebliche

Vermögensstraftaten, darunter Korruptionsdelikte, geraten in Zusammenhang mit Korruption aber eher als Besonderheit ins Blickfeld.

Bei den typischen sozial eher unauffälligen Tätern stellt sich die Frage, warum diese Täter, die viel zu verlieren haben, wenn sie strafrechtlich verfolgt werden, vom Normappell des Strafrechts nicht erreicht werden. Eine nähere Betrachtung macht jedoch deutlich, dass die geringe oder fehlende Entdeckungswahrscheinlichkeit durch die Strafverfolgung – die somit fehlende Abschreckung durch die Strafdrohung, die geringe Anzeigewahrscheinlichkeit und mangelnde Kontrolle im nahen sozialen Umfeld – als begünstigender Faktor der Tatbegehung zu sehen ist. Kriminologisch gesichertes Wissen zur Wirkung sozialer Kontrolle liefert die Erklärung für die Begehung von Korruptionsstraftaten: Wer nicht damit rechnen muss, dass er angezeigt und somit strafrechtlich verfolgt werden kann oder negative berufliche Konsequenzen zu gewärtigen hat, wird die bewusste Entscheidung für eine Bestechung oder Bestechlichkeit bei günstiger Gelegenheit treffen, auch wenn das sonstige

Normverständnis nicht abweichend ist. Hinzu kommen tatfördernde Faktoren durch strukturelle Gegebenheiten. Bei Gebern können sich die soziale Üblichkeit von Bestechungen, die zur Vertriebsförderung eingesetzt werden, sowie die mittelbare Belohnung der korruptiven Verhaltensweisen, die fehlende Ahndung und Ächtung dieses Verhaltens im Unternehmen, die Förderung durch die Führungsebenen, die erhebliche Bestechungsgelder aus schwarzen Kassen zur Verfügung stellen, und die materiellen und immateriellen Vorteile bemerkbar machen. Mögliche Zweifel lassen sich mit Neutralisierungs- und Rechtfertigungstechniken beseitigen. Auch auf der Nehmerseite wirken diese Mechanismen. In der öffentlichen Verwaltung gibt es trotz ausgeprägter Hierarchien häufig keine wirksame Kontrolle. Verhaltensrichtlinien und Verbote von Geschenkkannahmen bleiben abstrakt und werden nicht in tägliches Handeln umgesetzt. Die Täter zeigen ebenfalls ausgeprägte Neutralisierungstechniken, die häufig auf einen Vergleich mit der Wirtschaft abzielen („*wenn ich schon so viele Überstunden leiste, will ich auch entsprechend verdienen*“). Machtstellungen werden nicht selten missbraucht, um Regeln zu brechen. Teilweise findet sich eine ausgeprägte Doppelmoral, so dass die Täter vor Mitarbeitern als korrekte und penible Kollegen und Vorgesetzte auftraten. In Wahrheit diente die Fassade aber dem Rechtsbruch zum persönlichen Vorteil.

#### ■ Kontrolldefizite

Auffällig ist das Kontrolldefizit in Verwaltungen und Unternehmen. Trotz bestehender Kontrollsysteme wird der Korruptionsverdacht eher unterdrückt als aufgeklärt. Verwaltungen reagieren meistens erst dann mit einer Änderung der Kontrollstrukturen, wenn Strafverfahren das Problem aufgedeckt haben. In einigen Unternehmen ist erst in den letzten Jahren unter dem Eindruck bundesweiter Strafverfolgungen das ehrliche Bemühen um Unternehmensethik und Verbesserungen der Innenrevisionen feststellbar. Eine Anzeige unterbleibt meistens sowohl an die Vorgesetzten wie an die Strafverfolgungsbehörden, weil mit persönlichen Nachteilen gerechnet wird. In bestimmten Konstellationen sind Hinweisgeber in das Korruptionsgeschehen selbst verwickelt. Daraus folgt, dass Informationen der „whistleblower“ oder Hinweisgeber für die Aufdeckung und Eindämmung der Korruption unverzichtbar sind. Aufdeckung und Verfolgung der Korruption hängen damit entscheidend von der Unterstützung und dem Schutz dieser Personengruppe ab. Hier müssen dringend entsprechende Schutzkonzepte entwickelt werden.

## ■ Konsequenzen

Es steht außer Frage, dass vielfältige Ermittlungsprobleme Hindernisse bei der Bewältigung dieser umfangreichen und komplizierten Strafverfahren bereiten. Es fehlt häufig am systematischen Einsatz erfahrener und qualifizierter Ermittler, die Ressourcen sind zufallsabhängig, und die Vernetzung über mehrere Bundesländer in Fällen großflächiger Bestechungskomplexe funktioniert nur teilweise. Unsachliche Einflussnahmen vor allem durch politisch einflussreiche Personen sind zu beobachten.

Aus der Mängelanalyse lassen sich eine Reihe von Vorschlägen zur Intensivierung der Strafverfolgung gegen Korruption ableiten. Das Hauptdefizit liegt hier – wie bei den vielfältigen Vorschlägen zur Korruptionsprävention – in der praktischen Umsetzung.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Siehe Britta Bannenbergs: Korruption in Deutschland und ihre strafrechtliche Kontrolle – Eine kriminologisch-strafrechtliche Analyse. BKA-Band 18, Luchterhand 2002.

<sup>2</sup> In der Studie werden die Maßnahmen zur Verbesserung der Organisation der Strafverfolgung ebenso dargestellt wie die vielfältigen Möglichkeiten der Korruptionsprävention.



*Prof. Dr. Britta Bannenbergs studierte Rechtswissenschaften an der Georg-August-Universität Göttingen, legte 1989 ihr Erstes juristisches Staatsexamen ab und promovierte dort im selben Jahr mit einer Dissertation zum Thema Täter-Opfer-Ausgleich: „Wiedergutmachung in der Strafrechtspraxis“. Nach dem Zweiten juristischen Staatsexamen war sie von 1995 bis 2001 Wissenschaftliche Assistentin an der Martin-Luther-Universität Halle/Saale und an der Philipps-Universität Marburg, wo sie sich 2001 habilitierte. Seit April 2002 ist sie Professorin für Kriminologie, Strafrecht und Strafverfahrensrecht an der Universität Bielefeld. Ihre Forschungsschwerpunkte sind Korruption, Täter-Opfer-Ausgleich, Gewaltkriminalität und Kriminalprävention.*



## Schuldrechtsreform

Rechtsvereinheitlichung zwischen Wissenschaft und Politik – Wege zur Wiedergewinnung eines europäischen *ius commune*

Ingo Reichard

Fakultät für Rechtswissenschaft

Was ist ein ESchuRMoG? Im Sommer 2000 verband sich das Misempfinden über diese Kakophonie bei vielen deutschen Zivilrechtslehrern mit der Sorge um das Bürgerliche Gesetzbuch, genau um sein Herzstück, das Recht der Schuldverhältnisse. Die Frucht der Glanzzeit der Rechtswissenschaft hierzulande, des 19. Jahrhunderts, organisch Gewachsenes, durch lange beständige Anstrengung vieler zum funktionierenden System Geronnenes, lehr- und lernbar: ein Kulturdenkmal schien im Lichte eines Gesetzentwurfes in Gefahr. Der Diskurs mit dem Bundesjustizministerium nahm an Schärfe zu. Gleichzeitig diskutierte die Wissenschaft mit Leidenschaft zentrale Fragen, die zuvor verschüttet schienen. Die Verbindung der seit langem erörterten Reform mit der zeitlich gebundenen Umsetzung europäischer Richtlinien („jetzt oder nie“) ist seit Jahresbeginn geltendes Recht.

### LIBER NONUS DECIMUS

#### I

#### De actionibus empti venditi

1. ULPIANUS libro vicesimo octavo ad Sabinum Si res vendita non tradatur, in id quod interest agitur, hoc est quod rem habere interest emptoris: hoc autem interdum pretium egreditur, si plurius interest, quam res valet vel empta est. 1. Venditor si, cum sciret deberi, servitutem celavit, non evadet ex empto actionem, si modo eam rem emptor ignoravit: omnia enim quae contra bonam fidem fiunt veniunt in empti actionem. sed scire venditorem et celare sic accipimus, non solum si non admonuit, sed et si negavit servitutem istam deberi, cum esset ab eo quaesitum. sed et si proponas eum ita dixisse: 'nulla quidem servitus debetur, verum ne emergat inopinata servitus, non teneor', puto eum ex empto teneri, quia<sup>1</sup> servitus debebatur et scisset. sed si<sup>2</sup> id egit, ne cognosceret em-

### NEUNZEHNTES BUCH

#### Erster Titel

#### Über die Klagen aus dem Kaufvertrag

1. ULPAN im 28. Buch zu Sabinus Wird die verkaufte Sache nicht übergeben, so wird auf das Interesse geklagt, das heißt auf das Interesse, das der Käufer daran hat, die Sache [in seinem Besitz] zu haben<sup>1</sup>. Das Interesse überschreitet jedoch bisweilen den Wert oder den Preis der Sache, wenn es höher ist als der Betrag, den die Sache wert ist oder zu dem sie gekauft ist. 1. Hat der Verkäufer eine Dienstbarkeit verheimlicht, obwohl er weiß, daß sie besteht, entgeht er nicht der Klage aus dem Kauf, vorausgesetzt nur, daß der Käufer von der Dienstbarkeit keine Kenntnis hatte. Denn alles, was gegen Treu und Glauben geschieht, wird von der Kaufklage erfaßt. Daß der Verkäufer die Dienstbarkeit kennt und verheimlicht, nehmen wir jedoch nicht dann nur an, wenn er nicht auf sie hingewiesen hat, sondern auch wenn er, nachdem er danach gefragt wur-

*Juristische Kommentare in der Antike: Der römische Spätklassiker Domitius Ulpianus (gest. 223 n. Chr.) erörtert hier in seinem Kommentar zum ius civile des Massurius Sabinus, eines Juristen des frühen 1. Jahrhunderts n. Chr., die Arglisthaftung des Verkäufers aus dem Kaufvertrag. Überliefert ist der Abschnitt in den Digesten, der von dem oströmischen Kaiser Justinian 533 n. Chr. mit Gesetzeskraft versehenen Sammlung des klassischen römischen Rechts. Sie ist das zweitwichtigste Buch des Abendlands genannt worden (aus: O. Behrends, R. Knütel, B. Kupisch, H. H. Seiler [Hg.], Corpus Iuris Civilis, Text und Übersetzung, Bd. 3: Digesten 11-20, 1999. An dem Übersetzungsvorhaben ist der Verfasser dieses Beitrags beteiligt.).*

Mittelalterliche Kommentarliteratur: Der Anfang des Digestentitels 21,1 „Über das ädilizische Edikt, die Wandlungs- und die Minderungsklage“ mit der Glosse des Accursius aus dem 13. Jahrhundert n. Chr., der sog. *Glossa ordinaria*, hier in der 1558 bei Hugues de la Porte in Lyon erschienenen Ausgabe des *Digestum vetus*, des ersten Teils der *Digesten*



**■ Binnenmarktpolitik, Verbraucherschutz und das deutsche Schuldrecht**

Am 1. Januar 2002 trat das Gesetz zur Modernisierung des Schuldrechts in Kraft. Trotz der neuartigen Bezeichnung war das Echo in der Tagespresse verhalten: Das Gesetz stärke europaweit die Verbraucherrechte und bringe Neuregelungen zur vertraglichen Haftung und Verjährung. Dahinter verbirgt sich die umfangreichste Gesetzesreform auf dem Gebiet des Zivilrechts seit dem Inkrafttreten des Bürgerlichen Gesetzbuches (BGB) am 1. Januar 1900.

Unmittelbarer Reformanlass war die Umsetzung von drei EG-Richtlinien zum Verbrauchsgüterkauf, zum elektronischen Geschäftsverkehr („E-Commerce-Richtlinie“) und zur Bekämpfung von Zahlungsverzug im Geschäftsverkehr. Sie verfolgten das Ziel, den europäischen Binnenmarkt weiter zu entwickeln sowie, mit Ausnahme der Verzugsrichtlinie, einen einheitlichen Mindeststandard an Verbraucherschutz zu schaffen. Den Zeitplan bestimmte die 1999 von Parlament und Rat erlassene Verbrauchsgüterkaufrichtlinie, die von den Mitgliedsländern bis zum 1.1.2002 transformiert werden musste. Auch in der Sache stand sie im Mittelpunkt, forderte sie doch für Kaufverträge zwischen Unternehmern und Verbrauchern die Schaffung eines grundlegend neuen Kaufrechts. Der Gesetzgeber stand vor der Wahl, entweder ein Sonderrecht für den Verbraucherkauf einzuführen oder aber das allgemeine Kaufrecht auf die europarechtlichen Vorgaben auszurichten und allenfalls zu Einzelfragen besondere Vorschriften für Verbraucherkaufverträge zu erlassen.

**■ Vom römischen Spezialeskauf zum modernen Warenkauf: Reform Teil 1**

Die zuerst genannte „kleine Lösung“ hätte zu einer weiteren Aufspaltung des Kaufrechts geführt. Zu bürgerlich-rechtlichem Kauf, Handelskauf und dem Kauf nach dem für den internationalen Warenkauf geltenden UN-Kaufrecht von 1980 wäre ein weiteres

System hinzugekommen. So entschied man sich für die „große Lösung“: Das auf die kurlischen Ädilen, für den Sklaven- und Viehmarkt zuständige Jurisdiktionsmagistrate im alten Rom, zurückgehende ädilizische Kaufrecht des BGB mit seinem charakteristischen Sachmängelgewährleistungsrecht wurde abgeschafft. Stattdessen gilt nun auch für Kaufverträge das allgemeine Leistungsstörungenrecht. Das römische Kaufrecht kannte im Falle eines Sachmangels (das verkaufte Pferd erweist sich als krank) kein Recht des Käufers auf Mangelbeseitigung oder Lieferung einer mangelfreien Sache. Er konnte nur Rückgängigmachung (Wandlung) des Kaufes oder Minderung des Kaufpreises (und damit anteilige Rückgängigmachung) verlangen. Dem Gegenstand der Erfüllungspflicht bildete die gekaufte Sache so, wie sie tatsächlich war. Grund für die Vertragsaufhebung war nicht eine partielle Nichterfüllung, sondern die Nichtübereinstimmung von Vertrag und Wirklichkeit zum Nachteil des Käufers, für die bei

einem Sachmangel den Verkäufer das Risiko trifft (Werner Flume). Dies galt bis zum 31.12.2001.

Zwei weitere Beschränkungen der Regelungsweite des Kaufvertrages sind schon seit langem überwunden. Das antike römische Recht kannte nur den Stückkauf (Spezieskauf; ein bestimmtes Pferd, ein bestimmter Zitronenholztisch), nicht auch den Gattungskauf (Genuskauf; Kauf einer neu hergestellten Sache nach Katalog, Bestellung eines Neuwagens). Bis ins 19. Jahrhundert gab es nach römisch-gemeinem Recht keine Pflicht des Verkäufers zur Eigentumsverschaffung. War eine Sache verkauft worden, die einem Dritten gehört, so haftete der Verkäufer dem Käufer nur, wenn der Dritte die Sache tatsächlich unter Berufung auf sein Eigentum dem Käufer weggenommen („eviniert“) hatte (Eviktionsprinzip im Gegensatz zum geltenden Verschaffungsprinzip). Nimmt man die drei genannten Beschränkungen zusammen, so war der Kauf des antiken römischen Rechtes als Pflichtenprogramm beschränkt auf die Verschaffung des ungestörten Besitzes an einer bestimmten Sache so, wie sie war.

Es liegt auf der Hand, dass das Leitbild des ädilitischen Kaufrechts nicht zu dem passen will, was heute überwiegend Kaufgegenstand ist: An die Stelle von individuellen Sachen sind industriell hergestellte Waren getreten. Der Kauf von Kunstwerken und antiquarischen Büchern, bei denen im Falle eines Sachmangels – das Bild ist eine Fälschung, das Buch wurmstichig – eine Nachbesserung durch Reparatur oder Ersatz ausscheidet, ist die Ausnahme. Für neue wie gebrauchte Industriegüter hingegen entspricht es verbreitetem Rechtsbewusstsein, dass der Verkäufer mangelfreie Ware schuldet und auch das Recht haben muss, durch Nachbesserung die Rückgängigmachung des Kaufes abzuwenden („Recht zur zweiten Andienung“). Bisher behalf man sich mit entsprechenden Garantievereinbarungen.

Demgemäß macht das Reformrecht auch für den Stückkauf die Sachmangelfreiheit zum Inhalt der Erfüllungspflicht des Verkäufers, der ggf. nach Wahl des Käufers durch Mangelbeseitigung oder Lieferung einer mangelfreien Sache nachzuerfüllen hat. Dafür kann der Käufer erst dann zurücktreten oder mindern, wenn er dem Verkäufer vergeblich eine Frist zur Nacherfüllung gesetzt hat. Das neue Kaufleitbild ist dasjenige des UN-Kaufrechts, das wesentlich von dem Romanisten und Begründer der Rechtsvergleichung Ernst Rabel beeinflusst ist. Auch dem Entwurf der Schuldrechtskommission von 1992 hatte es zugrunde gelegen.

Das auf den Warenkauf ausgerichtete neue Leitbild ändert nichts daran, dass es nach wie vor den Kauf individueller Sachen gibt: Erweist sich das ver-

kaufte Gemälde zur beiderseitigen Überraschung als Fälschung, so kann der Käufer auch nach neuem Recht sofort, also ohne den Verkäufer unter Fristsetzung zur pflichtgemäßen Erfüllung aufzufordern, gegen Rückgabe des Bildes sein Geld zurückverlangen. Das neue Recht erreicht dies, indem es die Nacherfüllungspflicht ausnahmsweise wegen Unmöglichkeit entfallen lässt. Das ist jedoch ein Kunstgriff, um diesen Fall in die auf den Warenkauf zugeschnittene Regelung einzupassen. Eine Erfüllungspflicht bezüglich der Echtheit des Gemäldes ist schon nicht Vertragsinhalt. Mit der Kategorie der Pflichtverletzung lässt sich dieser Fall daher nicht erfassen.

#### ■ Verbrauchsgüterkauf: Konsequenz und kleine Münze

Die spezifisch Verbraucherschützenden Vorgaben der Verbrauchsgüterkaufrichtlinie wurden zum Teil in das neue allgemeine Kaufrecht rezipiert, teilweise sind sie Gegenstand von Sondervorschriften, die nur zwischen unternehmerischem Verkäufer und Verbraucher (also bei „B2C“-Geschäften) gelten. Zur zweiten Gruppe gehört insbesondere die Regelung, dass die allgemeinen gesetzlichen Käuferrechte dem Verbraucher gegenüber nicht im Voraus abbedungen werden können: Den Gewährleistungsausschluss beim Gebrauchtwagenverkauf Händler an Privat gibt es nicht mehr. Zeigt sich ein Mangel innerhalb von sechs Monaten, so wird beim Verbraucherkauf vermutet, dass er schon bei Lieferung vorgelegen hat. Damit die strengere Haftung des professionellen Verkäufers gegenüber dem Verbraucher nicht bei jenem hängenbleibt, wird sie bei neu hergestellten Sachen über die Lieferantenkette auf den Hersteller übergeleitet.

Für alle Kaufverträge gilt, dass Werbeaussagen nunmehr unter Umständen bindend sind, ferner, auch dies nach dem Willen der Richtlinie, dass eine zur Montage bestimmte Sache als fehlerhaft gilt, wenn die Montageanleitung fehlerhaft ist („IKEA-Klausel“). Die Grenze zwischen Kauf- und Werkvertrag verschiebt sich in Richtung Kauf. Erstmals erscheint der ursprünglich aus dem Handelsverkehr stammende und im Bewusstsein vor allem des nichtkaufmännischen Rechtsverkehrs hochsensible Ausdruck „Garantie“ im BGB. Er sorgt hier derzeit vor allem bei Unternehmenskäufen für Unsicherheit durch die Bestimmung, eine Haftungsbeschränkung zugunsten des Verkäufers sei unwirksam, wenn er zugleich eine Garantie für eine bestimmte Beschaffenheit des Kaufgegenstandes übernommen hat (z. B. Umsatz, Ertrag).

## Untertitel 1 Allgemeine Vorschriften

### § 433 Vertragstypische Pflichten beim Kaufvertrag

(1) **Durch den Kaufvertrag wird der Verkäufer einer Sache verpflichtet, dem Käufer die Sache zu übergeben und das Eigentum an der Sache zu verschaffen. Der Verkäufer hat dem Käufer die Sache frei von Sach- und Rechtsmängeln zu verschaffen.**

(2) **Der Käufer ist verpflichtet, dem Verkäufer den vereinbarten Kaufpreis zu zahlen und die gekaufte Sache abzunehmen.**

- 1 **I.** Zu Bedeutung und Begriff des Kaufvertrags Vor §§ 433–480 Rn 1. Die Vorschrift ist unmittelbar nur auf den Sachkauf anwendbar. Sie findet aber aufgrund des Verweises in § 453 auch auf den vormaligen § 433 I 2 aF geregelten Rechtskauf und ebenso auf den Kauf sonstiger Gegenstände (dazu § 453 Rn 2 f) entspr Anwendung.
- 2 **II. 1.** Das **Zustandekommen** des Kaufvertrags richtet sich nach den allg Regeln (§§ 145 ff). Mindestanforderung hins des Vertragsinhalts ist die rechtsgeschäftliche Einigung über Kaufgegenstand und Kaufpreis (Rn 3 ff, 7). Grds ist keine **Form** vorgeschrieben. Ausnahmen ergeben sich etwa aus §§ 311 b, 2371, 2385; § 15 IV 1 GmbHG; § 4 III WEG; § 11 II ErbbauVO, ferner für Teilzahlungsgeschäfte (§§ 492 I 1, 502 I f) und Teilzeitwohnrechtverträge (§ 484 I 1), sowie allg bzgl der Informationspflichten bei Verbraucherverträgen (§ 355 II, s dort Rn 2, 10 ff).

HK-BGB/Saenger

2. **Kaufgegenstand** können nach Abs 1 Sachen, darüber hinaus aber auch jedes andere 3  
verkehrs-fähige Vermögensgut (§ 453 I 2. Fall; vgl dort Rn 3) sein. Nicht notwendig ist, daß der Verkäufer Eigentümer der Kaufsache bzw Inhaber des Rechts ist.
- Als **Sachen** (§ 90) sind sowohl bewegliche Sachen als auch Grundstücke zu verstehen; über 4  
§ 90 a S 3 sind Tiere gleichgestellt. Der Sachbegriff gilt unabhängig vom Aggregatzustand; Wasser und Gas sind daher Gegenstände des Sachkaufs (zur Anwendung des Kaufrechts bei der Lieferung durch öffentliche Versorgungseinrichtungen BGHZ 59, 309).
- Die Kaufsache kann im Kaufvertrag individuell bestimmt sein (**Stückkauf**). Es genügt 5  
aber auch eine Bezeichnung nach allg Merkmalen (**Gattungskauf**, § 243). Zulässig sind die Übertragung der **Bestimmung** an eine Partei oder einen Dritten (§§ 315 ff) und der Vorbehalt späterer näherer Bestimmung (§ 375 HGB). Die Kaufsache braucht zur Zeit des Vertragsschlusses noch nicht zu existieren. Wenn das Entstehen der Kaufsache bei Vertragsschluß ungewiß ist, kann es sich um einen aufschiebend bedingten Vertrag (emtio rei speratae) oder um den (unbedingten) Kauf einer Erwerbsschance («Hoffnungskauf», emtio spei, zB Kauf eines Loses) handeln. Davon zu unterscheiden ist der unbedingte Kauf einer Sache, deren Entstehen die Parteien für gewiß halten (zB eines abzutrennenden Teilstücks, BGH NJW 95, 957). Verpflichtet der Vertrag die eine Partei zur Herstellung der Sache (Lieferung aus künftiger Produktion), findet nach § 651 ebenfalls Kaufrecht Anwendung.
- Mehrere Sachen können auch als zusammengehörenden Gegenstand eines einheitlichen Kaufvertrags sein (**Sachgesamtheit**). In Erfüllung des Kaufvertrags müssen die Sachen aber jeweils einzeln durch eigenständigen dinglichen Vertrag (§§ 929 ff) übereignet werden. Bleibt die Übereignung oder Übergabe einzelner Sachen aus der Gesamtheit aus, ist dies idR als teilweise Nichterfüllung und nicht als Sachmangel (§ 434) anzusehen (BGH NJW 92, 3224; str). Nach dem Willen des Gesetzgebers finden die Vorschriften über den Sachkauf ausdrücklich auch auf den **Unternehmenskauf** Anwendung (BT-Drucks 14/6040, 208, vgl auch § 453 Rn 3).

*Kommentare heute: Der Beginn des den Kauf behandelnden Titels in der bislang einzigen nach der Schuldrechtsreform erschienenen vollständigen Kommentierung des Bürgerlichen Gesetzbuches (H. Dörner et al., Handkommentar zum Bürgerlichen Gesetzbuch, 2. Aufl. 2002. Zu den Autoren zählt auch der Bielefelder Rechtswissenschaftler Hans Schulte-Nölke).*

### ■ Verjährungsrecht, Leistungsstörungenrecht, neue Nummern: Reform Teil 2

Zugunsten jedes Käufers gilt die Verlängerung der Verjährungsfrist von schneidig kurzen sechs Monaten (auch diese gingen auf die Ädilen zurück) auf zwei und, bei Bauwerken, fünf Jahre (bisher ein Jahr). Diese von der Richtlinie vorgegebene Änderung war Anlass zu einer umfassenden Reform des Verjährungsrechts. Hervorzuheben ist der Übergang auf eine dreijährige Regelverjährung sowie auf den subjektiven Verjährungsbeginn, d.h. Voraussetzung für den Fristbeginn ist die Kenntnis (oder grobfahrlässige Unkenntnis) des Gläubigers von den anspruchsbegründenden Umständen. Die Verjährungsverlängerung war übrigens der einzige Aspekt der Reform, der die Interessenverbände, nämlich die Wirtschaft, auf den Plan gerufen hat.

Mit der Einschmelzung des Kaufrechts in das allgemeine Leistungsstörungenrecht hat man schließlich eine Reform dieses Leistungsstörungenrechts verbunden. Wie schon bei der Kaufrechtsreform griff man dafür auf den Kommissionsentwurf von 1992 zurück, was auch durch den erheblichen Zeitdruck nahegelegt wurde. Eine Reihe von Schwächen des Entwurfs, der in wesentlichen Punkten von der internationalen Diskussion bereits überholt war, konnte zwischen dem Erscheinen des Diskussionsentwurfs im September 2000 und der Verabschiedung des Gesetzes im November 2001 beseitigt werden. Hieran hatte die Wissenschaft durch mehrere Tagungen, insbesondere diejenige in Regensburg im November 2000, außerdem in Münster und in Berlin

(Januar bzw. März 2001) und in kurzfristig vom Bundesjustizministerium eingesetzten Kommissionen nicht unerheblichen Anteil.

Unabhängig davon stand etwa die Hälfte der deutschen Zivilrechtslehrer dem Vorhaben vor allem wegen der Eile ablehnend gegenüber, wie die Beteiligung an einer gemeinsamen öffentlichen Erklärung zeigte. Zum Vergleich: Das 1900 in Kraft getretene BGB, das nun in seinem Herzstück verändert werden sollte, entstand zwischen 1874 und 1896. Manche sprachen der Gegenwart überhaupt den „Beruf“ für die Gesetzgebung auf einem zur Domäne der Rechtswissenschaft gehörenden Bereich ab und spielten damit auf die 1814 erschienene berühmte kodifikationskritische Schrift „Vom Beruf unserer Zeit für Gesetzgebung und Rechtswissenschaft“ Friedrich Carl v. Savignys (1779–1861) an, des Begründers der Historischen Rechtsschule und vielleicht größten deutschen Juristen überhaupt. Immerhin wurden so zwischen Sommer 2000 und Herbst 2001 Fragen diskutiert, die zuvor angesichts klarer Gesetzeslage und verfestigter Streitstände allenfalls Rechtsvergleicher und Rechtshistoriker interessierten.

Geringere Auswirkungen, als gelegentlich behauptet worden ist, wird der neue einheitliche Leistungsstörungstatbestand der Pflichtverletzung haben. Er ist inspiriert von einem ähnlichen Zentralbegriff des UN-Kaufrechts, ferner der UNIDROIT Principles of International Commercial Contracts (1994) und der Principles of European Contract Law der Lando-Gruppe (1995/2000), von Wissenschaftlern geschaffener Regelwerke ohne gesetzliche Geltung. Wenn auch die zu vertretende Unmöglichkeit als

Haftungsgrund ausdrücklich verabschiedet worden ist, so schimmert hinter der Regelung der schuldhaften Pflichtverletzung doch die alte Trias Unmöglichkeit, Verzug und positive Forderungsverletzung weiterhin durch. Als Befreiungstatbestand bleibt das Unmöglichwerden der Leistung ohnehin mit guten Gründen bestehen (der verkaufte Gebrauchtwagen wird vor der vereinbarten Übergabe gestohlen und später ausgebrannt gefunden).

Eine wichtige Änderung liegt darin, dass nach neuem Recht die Rücktrittsfolgen mit dem Schadensersatzanspruch kombiniert werden können. Des Weiteren setzt ein Rücktritt keinen Verzug mehr voraus. Die Umsetzung der Zahlungsverzugsrichtlinie brachte neben der Erhöhung des Verzugszinses vor allem die „Reparatur“ der im Jahre 2000 erlassenen, allgemein als verfehlt angesehenen Regelung, wonach ein Geldschuldner grundsätzlich erst nach 30 Tagen in Verzug geraten konnte.

Von geringer praktischer Bedeutung ist die Abschaffung der Garantiehaftung eines Schuldners für seine anfängliche Leistungsfähigkeit (das verkaufte Bild war vor Vertragsschluss aus der Zweitwohnung des Verkäufers gestohlen worden, ohne dass er davon wusste oder hätte wissen müssen). Umgekehrt ist auch die Regelung aufgehoben, wonach ein Vertrag nichtig ist, der auf eine von niemandem zu erbringende („objektiv unmögliche“) Leistung gerichtet ist (das Bild war vor Kaufabschluss samt der Wohnung in Flammen aufgegangen). Stattdessen findet sich im neuen Recht für beide Fälle eine schwer einzuordnende Verschuldenshaftung. Völlig folgenlos ist die erstmalige gesetzliche Erwähnung der schon bisher anerkannten Institute Verschulden bei Vertragsschluss („Culpa in contrahendo“) und Wegfall der Geschäftsgrundlage sowie der Kündigung von Dauerschuldverhältnissen aus wichtigem Grund („Merkzettelgesetzgebung“). Im Darlehensrecht hat der Gesetzgeber die bisher offene Frage, ob der Darlehensvertrag erst mit Auszahlung der Darlehenssumme, so die alte Realvertragstheorie, oder wie jeder andere Vertrag durch zwei übereinstimmende Willenserklärungen zustande kommt, so die Konsensualvertragstheorie, im letzteren Sinne entschieden.

Schließlich brachte die Reform die Inkorporation des Gesetzes zur Regelung des Rechts der Allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB-Gesetz) sowie, nicht unumstritten, einer Reihe von Verbraucherschützenden Nebengesetzen, nämlich des Verbraucherkreditgesetzes, des Haustürwiderrufgesetzes, des Fernabsatzgesetzes sowie des Teilzeitwohnrechtgesetzes in das BGB. Mit Recht kritisiert hat man die Einfügung der AGB-Vorschriften in das Schuldrecht und nicht in den Allgemeinen Teil, also in das erste

Buch des BGB, denn sie beanspruchen Geltung über das Schuldrecht hinaus. Die Unterlassungsansprüche gegen die Verwendung unwirksamer Allgemeiner Geschäftsbedingungen und gegen verbraucher-schutzwidrige Praktiken sowie die verbraucherschutzrechtlichen Informationspflichten hat man außerhalb des BGB zusammengefasst. Neu ist, dass das AGB-Recht nunmehr im Grundsatz auch auf Arbeitsverträge anzuwenden ist. Ein überzogenes Stück Verbraucherschutz wird dadurch zurückgenommen, dass der widerrufende Verbraucher nunmehr für die Wertminderung durch Ingebrauchnahme Ersatz zu leisten hat (Ausnahme: Prüfung der Sache wie Anprobieren eines Kleides, nicht aber Erstzulassung eines Autos).

### ■ Gemeinschaftsprivatrecht und die Aufgaben der Rechtswissenschaft

Die Transformation der auf die Förderung von Verbraucherschutz und Binnenmarkt abzielenden Richtlinien bedeutet eine Rechtsharmonisierung auf wichtigen zivilrechtlichen Feldern. Die mitgliedstaatlichen Umsetzungsnormen sind richtlinienkonform auszulegen. Das letzte Wort bei der Auslegung der Richtlinien hat der Europäische Gerichtshof in Luxemburg. So sind, bestehend aus den Richtlinien und dem sie umsetzenden Gesetzesrecht, Inseln europäischen Privatrechts im deutschen bürgerlichen Recht entstanden. Dass man gelegentlich das niedrige gesetzgebungstechnische Niveau der EG-Richtlinien beklagt hat, liegt auch daran, dass sie ihrer Natur nach dem öffentlichen Recht angehörende Legislationsbefehle der Europäischen Gemeinschaft an die Mitgliedsstaaten sind. Sie stehen gesetzgebungstechnisch und stilistisch nicht in der Tradition bürgerlichrechtlicher Kodifikationen wie etwa des Code Napoleon (1804) oder des BGB mit ihrer hochverdichteten, eleganten Rechtssprache. Einen mittelbaren Harmonisierungseffekt im Sinne der „Europafähigkeit“ des deutschen Zivilrechts hat schließlich die Reform des Leistungsstörungsrechts.

Bis zum Einsetzen der Kodifikationsbewegung im 18. Jahrhundert und damit der Nationalisierung des bürgerlichen Rechtes galt auf dem europäischen Kontinent ein gemeinsames Zivilrecht, das Gemeine Recht („*ius commune*“). Die vollständige Wiedergewinnung der alten europäischen Rechtseinheit ist eine zivilisatorische Aufgabe ersten Ranges. Sie wird nicht auf dem Wege über EG-Richtlinien, sondern nur durch die Schaffung eines europäischen Zivilgesetzbuches zu erreichen sein. Der politische Wille hierzu ist da, die Aufgabe ist freilich keine politische, sondern eine solche der europäischen Rechts-

*Die Ersetzung eines funktionierenden Systems bedeutet Informationsbedarf und regt das Nachdenken über lange verschüttete Fragen an: Ringvorlesung zur Schuldrechtsreform, auf dem Foto von unten Detlev Kleindiek, Peter Schwerdtner, Ingo Reichard, Hans Schulte-Nölke, Gerhard Otte, Thomas Pfeiffer, Fritz Jost, Burghard Piltz sowie Dekan Wolfgang Oehler.*



wissenschaft. Sie wird bei ihrer Arbeit nicht nur die Lösungen der heutigen Rechte, sondern auch deren Vorgeschichte und ihre Wurzel im gemeinsamen vorkodifikatorischen Recht zu berücksichtigen haben.

Während es für die Juristen bei der Eingliederung der Nebengesetze in das BGB vor allem darum geht, sich mit den neuen „Hausnummern“ vertraut zu machen, hat die Reform des Kaufrechts sowie des Leistungsstörungenrechts zentrale Systemgebäude eingerissen. Der Wiederaufbau samt der Wiederengewinnung der verlorenen Rechtssicherheit wird nicht nur auf Jahre hinaus neben der Wissenschaft die Gerichte und insbesondere den Bundesgerichtshof beschäftigen, sondern bedeutet auch eine enorme Nachfrage nach Information. Die Bielefelder Fakultät für Rechtswissenschaft hat sich dem im Wintersemester 2001/2002, in das das Inkrafttreten der Reform fiel, gleich dreifach mit großem Erfolg gestellt. Kernstück war eine Ringvorlesung, in deren Rahmen die Professoren Grunsky, Jost, Kleindiek, Otte, Pfeiffer, Piltz, Reichard, Schulte-Nölke und Schwerdtner die Kerngebiete der Reform behandelten. Ein eintägiger „Crashkurs“ wandte sich an Rechtsanwälte und Richter; an ihm beteiligten sich die Professoren Otte, Pfeiffer, Reichard und Schulte-Nölke, der darüber hinaus das neue Recht zum Anlass einer eigenen zwei-stündigen Vorlesung für fortgeschrittene Studierende nahm. Der Crashkurs ist inzwischen eingemündet in die „Bielefelder Anwaltskurse“, in deren Rahmen schon mehrere gut besuchte Veranstaltungen, u.a. zur Reform des Zivilprozessrechts, stattgefunden haben; weitere, etwa zum neuen Schadensersatzrecht, sind angekündigt. An sonstigen Bielefelder Aktivitäten im

Zusammenhang mit der Schuldrechtsreform ist zu nennen die Gründung der „Zeitschrift für das gesamte Schuldrecht“ u. a. durch die Professoren Schulte-Nölke und Pfeiffer, der inzwischen nach Heidelberg gewechselt ist, sowie den Bielefelder Lehrbeauftragten Rechtsanwalt Dr. Graf von Westphalen.

Prof. Hans Schulte-Nölke hat das neue Recht kürzlich in Vorlesungen nach Oxford getragen, deren bevorstehende Publikation die erste englischsprachige Veröffentlichung zum neuen deutschen Schuldrecht überhaupt sein dürfte. Seit kurzem liegt ihm eine entsprechende Anfrage von Professor Sen-Yen Sun von der Universität Taipeh vor, der zugleich Richter am taiwanesischen Verfassungsgericht ist. Mitteleuropäische Zivilrechtswissenschaft erfreut sich übrigens auch in der Volksrepublik China sowie in Japan (wo das BGB 1898 übernommen worden ist) und Südkorea besonderer Aufmerksamkeit. „Europafähigkeit“ ist vielleicht nur eine Seite.

*Prof. Dr. Ingo Reichard studierte Rechtswissenschaft und einige Semester klassische Philologie an der Universität Bonn, wo er 1991 promovierte und sich 1998 für die Fächer Römisches und Bürgerliches Recht habilitierte. Für seine römischrechtliche Dissertation wurde er 1996 mit dem alle drei Jahre vergebenen internationalen Premio Boulvert ausgezeichnet. Schon 1992 war ihm der Preis des Italienischen Staatspräsidenten für die beste wissenschaft-*



*liche Arbeit des Jahres an der Rechts- und Staatswissenschaftlichen Fakultät Bonn zuerkannt worden. Nach Lehrstuhlvertretungen in Erlangen und Bochum und Ablehnung eines Rufes an die Universität Passau übernahm er zum Sommersemester 2000 den Lehrstuhl für Bürgerliches Recht und Römisches Recht an der Universität Bielefeld. Forschungsschwerpunkte sind das antike römische Recht und seine Wirkungsgeschichte in Europa und darüber hinaus.*



## Nahbare Herrscher

Die Selbstdarstellung preußischer Monarchen in Kurorten als Form politischer Kommunikation im 19. Jahrhundert

Alexa Geisthövel

Sonderforschungsbereich „Das Politische als Kommunikationsraum in der Geschichte“



### ■ Herrschaftstheater

In jüngster Zeit macht das Schlagwort vom „politischen Theater“ die Runde. Politikern wird vorgeworfen, sie inszenierten sich bei Auftritten in der Öffentlichkeit, während der Blick auf die „eigentliche“ Politik verstellt werde. Mit dieser Kritik geht jedoch nicht selten die Vermutung einher, in den zeitgenössischen „Mediendemokratien“ müsse dies vielleicht so sein, wenn die Politik das Fernseh-Publikum der Staatsbürger überhaupt erreichen wolle.

Um die Vorgeschichte dieses Phänomens geht es gewissermaßen in dem im Folgenden dargestellten Kurorteprojekt, das am Sonderforschungsbereich „Das Politische als Kommunikationsraum in der Geschichte“ angesiedelt ist. Sie beginnt im 19. Jahrhundert, als die alten Monarchien sich auf die Forderung nach Teilnahme des „Volkes“ an der Herrschaft einstellen mussten und sich jene Strukturen und Praktiken politischer Massenkommunikation herauszubilden begannen, wie wir sie heute kennen.

*Dieses Postkartenmotiv zeigt den Blick über die Lahn auf die „Wohnung des Kaiser Wilhelm“ in Ems. Es handelt sich um die erste Etage im östlichen Flügel des Kurhauses, wo Kaiser Wilhelm I. vormittags von den Kurgästen bei der Arbeit am Schreibtisch beobachtet werden konnte. Das populäre Medium Ansichtskarte, das seit 1870 massenhaft in Gebrauch kam, vergegenwärtigte jenen, die nicht vor Ort sein konnten, das berühmte Kurdomizil des Herrschers.*

*Abdruck der Abbildungen mit freundlicher Erlaubnis der Stadt Bad Ems*



1883 ließ sich Wilhelm I. in Ems mit seiner Schwester Alexandrine, der verwitweten Großherzogin von Mecklenburg-Schwerin, von dem Hoffotografen Anzinger ablichten. Diese häufig reproduzierte Fotografie wurde je nach Bedarf auf unterschiedliche Weise bearbeitet, denn das Bild des Kaisers war nicht zuletzt auch ein Konsumartikel. Für einen Wandschmuck beispielsweise erhielt das Doppelporträt eine aufwendige Rahmung mit Krone, als Postkartenmotiv wurde es in die Emser Wandelhalle montiert.

### ■ Preußische Monarchen im Bad

Die preußischen Monarchen des 19. Jahrhunderts sind Reisekönige und -königinnen. Nur einen Teil des Jahres verbringen sie in der Residenz. Viele Monate sind dem Besuch verschiedener Landesteile, Inspektionsfahrten und Manövern gewidmet. Abgesehen von solch offiziellen Reisen gehört zum Jahresturnus aber auch ein mehrwöchiger Aufenthalt in ein oder zwei Bädern (Kur und Nachkur).

Im Mittelpunkt des Forschungsprojekts stehen die Könige (und Königinnen) von Preußen sowie deren Thronfolger und ihre Gemahlinnen mit ihren sämtlichen Badereisen. Die besuchten Orte decken das ganze Spektrum der komfortablen, eleganten Gesellschaftsbäder ab - vom böhmischen Bäderdreieck über die Taunusbäder bis zu Baden-Baden, Ischl und Badgastein, aber auch Seebäder wie Doberan, Ostende oder Norderney. Die Untersuchung beginnt mit König Friedrich Wilhelm III. (1770–1840), der seit den 1810er Jahren jedes Jahr ins böhmische Teplitz fuhr, und reicht bis zu seinem Sohn König/Kaiser Wilhelm I. (1797–1888) und der Schwiegertochter Augusta (1811–1890), die bis an ihr Lebensende eine Badekultur pflegten, deren Hochzeit schon um 1870 ausklingt.

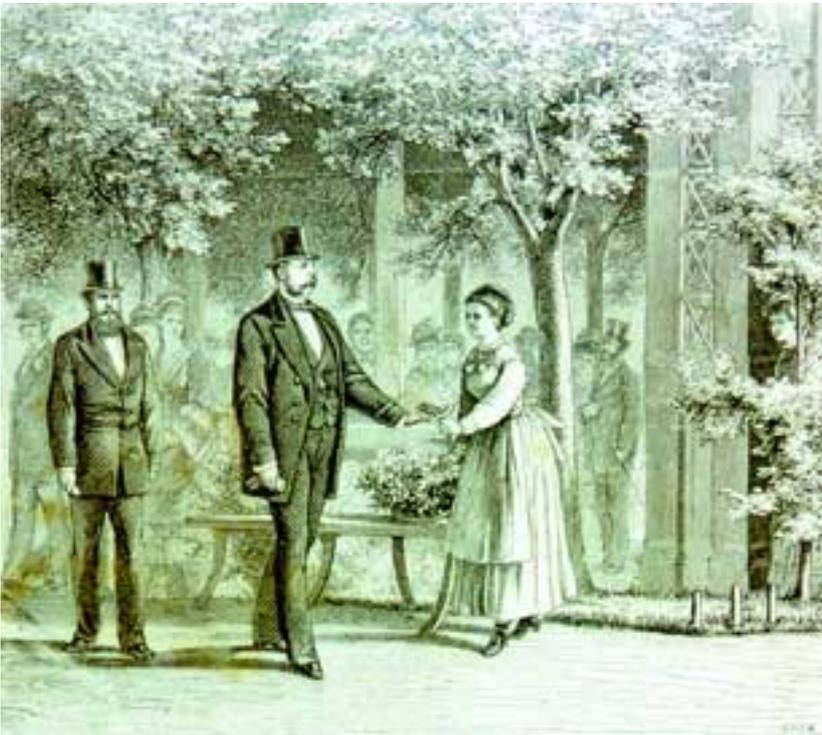
Seitdem beginnt der internationale Jetset die Riviera und Schweizer Wintersportorte zu bevölkern,

Treffpunkte der mondänen Welt, in denen Raffinesse und Modernität an die Stelle ruhiger Körperpflege treten. Der letzte deutsche Kaiser Wilhelm II. (1859–1918), der als Heranwachsender unter anderem nach Rehme/Bad Oeynhausen geschickt wurde, fährt als Herrscher nicht mehr zur Kur, sondern rückt nicht zuletzt mit seinen regelmäßigen „Nordlandfahrten“ ganz andere Aspekte der Erholung und Anregung – wilde Natur, Sport, Erlebnis, Männergeselligkeit – in den Vordergrund.

### ■ Politik am Kurort?

Dabei denkt man wahrscheinlich zuerst an Bismarcks Emser Depesche von 1870 oder auch an die Karlsbader Beschlüsse von 1819. Doch diplomatische Verhandlungen und politische Entscheidungen als Ergebnis informeller Begegnungen zwischen Fürsten, Staatsmännern und Politikern am Kurort sind nur Nebenschauplätze des Kurorte-Projekts.

Das „Politische“ am Kurort erschließt sich in diesem Fall eher indirekt. Ausgangspunkt ist die Annahme, dass monarchische Herrschaft auch und gerade nach der Französischen Revolution vor dem Publikum der Untertanen/Staatsbürger sichtbar in Szene gesetzt werden muss. Solche „Repräsentationen“ sind nicht als Täuschung oder Manipulation des Publikums zu verstehen, sondern als notwendiger



*Wie sein Onkel Kaiser Wilhelm I. trug auch Zar Alexander II. von Russland einen bürgerlichen Anzug mit Zylinder, wenn er in Ems weilte. Obgleich er sich unter dem Inkognito „Graf Borodinsky“ in die Kurliste eintragen ließ, war seine Identität jedem am Ort bekannt. So machte es Furore, als er 1870 dem Blumenmädchen Elise Reichert täglich einen Strauß für fürstliche Summen abkaufte.*

Bestandteil von Politik, da Herrschaft für die Beherrschten sinnlich erfahrbar sein muss, um wirksam zu sein.

Im 19. Jahrhundert steht die Monarchie unter Legitimierungsdruck. Sie ist nur noch eine von verschiedenen möglichen Regierungsformen. Andererseits verändern sich die Formen und Foren politischer Kommunikation, insbesondere die Parlamentarisierung, die Ausweitung des Wahlrechts und die Entstehung von Massenkommunikationsmitteln.

*Kaiser Wilhelm I. befolgte während seiner Kuraufenthalte in Ems genauestens die medizinische Routine. Dazu gehörte der allmorgendliche Gang zum Brunnen. Auf diesem Holzstich – nach einer Zeichnung des Illustrators Hermann Lüders – läßt er sich, in Zivil gekleidet, von einem Brunnenmädchen gerade ein Glas Wasser aus dem Kränchen-Brunnen reichen. Obwohl die anderen Kurgäste respektvollen Abstand wahren, galt die eigenhändige Entgegennahme des Glases als Zeichen der Bescheidenheit und Volksnähe.*



Zur Repräsentation der Monarchie gehören einerseits bedeutsame, außeralltägliche Zeremonien und Festivitäten, beispielsweise Krönungen, Hochzeiten oder die Einweihung von Denkmälern. Daneben erwartet das Publikum aber auch, sich selbst in den Repräsentanten des Staates wiederzuerkennen. Als „Bürgerkönige“ sollen die Monarchen nicht einfache Bürger sein, aber mit Arbeits- und Bildungsethos, „einfacher“ Lebensführung und einem bürgerlichen Familienleben Elemente eines „normalen“ Alltagslebens adaptieren.

Kurorte eignen sich als Bühne für diese Art von Inszenierung in besonderer Weise. Denn im Vergleich zum Leben bei Hofe oder anderen offiziellen Zusammenhängen hält sich der Fürst als „Privatmensch“ im Bad auf. König und Königin zeigen sich – im Gegensatz und in Ergänzung zu ihrer offiziellen Majestät – als erholungsbedürftige Menschen, als Bürger unter Bürgern, kurz: als nahbar. Am Kurort findet insofern Politik statt, als ein bestimmtes Verhältnis von Herrschern und Beherrschten inszeniert

und durch Veröffentlichung in Printmedien einem größeren Publikum vergegenwärtigt wird.

#### ■ Monarchen unter Beobachtung

Dass im Verlauf des 19. Jahrhunderts eine so genannte „Fundamentalpolitisierung“ stattfindet, die große Teile der Bevölkerung für politische Themen ansprechbar macht, verdankt sich nicht zuletzt populären Darstellungsformen, die in verschiedener

*Um 1840 war die Emser Promenade, wie diese Lithografie von George Barnard zeigt, noch ein unbefestigter Platz vor dem Kurhaus. Auf dem angebauten Rondell wird Kaffee serviert, andere Kurgäste haben zwanglos ein paar Stühle herausgestellt. Zur biedermeierlichen Geselligkeit am Kurort gehörten Ausritte auf dem Esel ebenso wie gekonnte Konversation und gepflegte Spaziergänge.*



Hinsicht als trivial gelten können: sie sind in der ursprünglichen Wortbedeutung öffentlich, jedem zugänglich – in Form billiger, auflagenstarker Medien –, in übertragenem Sinn zugänglich aber auch durch einfache Inhalte und bekannte Gestaltungen. Unter anderem die Technik der Personalisierung erlaubt es, abstrakte, komplizierte Vorgänge zu vereinfachen und einem breiten Publikum begreifbar zu machen, indem Personen mit politischen Institutionen und Fragen identifiziert werden. Die unterhaltende Lektüre beispielsweise illustrierter Familienzeitschriften wie „Daheim“, „Die Gartenlaube“ oder „Über Land und Meer“ kann als Teilnahme am politischen Kommunikationsgeschehen verstanden werden.

Unter diese Kategorie fällt auch die Berichterstattung über monarchische Kuraufenthalte. In der politischen Kommunikation unter den Bedingungen einer autoritären Monarchie wird nicht kritisiert, aber es wird beobachtet, das heißt, die Aufmerksamkeit des Publikums wird auf die Monarchen gerichtet, ohne dass diese sich entziehen können. Diese Beobachtungshaltung prägt im 19. Jahrhundert die überregionale politische Meinungspressen ebenso wie die unterhaltenden Illustrierten, die Amtsblätter und Lokalzeitungen. Deren aufmerksamer Blick trifft in der Regel alle Mitglieder von Fürstenthümern und Nebenlinien. Dabei ist gerade auch das Persönliche politisch. Mit zunehmender Häufigkeit und Genauigkeit wird über intime Einzelheiten von Unfällen und Krankheiten, über Aussehen, Stimmungen und Gesten beim Auftritt in der Theaterloge berichtet,

darüber, wer zur Tafel geladen ist, wo sich fürstliche Personen aufhalten, unter welchem Inkognito sie reisen, in welchen Hotels sie absteigen.

#### ■ Kommunikationsraum Kurort

Im 19. Jahrhundert floriert in den Kurorten von Mai bis Oktober eine unverwechselbare Form geselliger Öffentlichkeit. Ein vorwiegend begütertes bis reiches, oft ständisch ausgezeichnetes, dabei stark fluktuierendes internationales Publikum kommt, um sich zu kurieren und/oder zu amüsieren. Die besondere räumliche Infrastruktur der Kurorte bietet viele Möglichkeiten, sich zu begegnen, beispielsweise im Konversationsaal und im Kurgarten, am Brunnen, im Badehaus oder in Hotels. Den höchsten Grad an Öffentlichkeit erreicht jedoch die Promenade. Das Promenieren in der Nähe des Brunnens ist Bestandteil der Therapie. Außerdem sollen die Kurgäste in entspannter Geselligkeit ihre Leistungskraft regenerieren. Die ganze Kurgesellschaft versammelt sich daher mindestens zweimal täglich auf der Promenade, die als Ort der Begegnungen ein Ort des Hinschauens ist, im wahrsten Sinne des Wortes eine Augenweide, auf der sich auch die Monarchen zur Schau stellen. Über die Baden-Badener Promenade heißt es 1867 in einem Artikel der Leipziger „Illustrierten Zeitung“: „Wer mit den Porträts von Königen, Fürsten und berühmten Staatsmännern gut bekannt ist, wird manchen davon in diesem Gewühle erkennen und darinnen wie unter seinesgleichen wandeln sehen.“ Wie kaum anderswo war es für ein



*Die Emser Kurverwaltung veranstaltete jährlich eine „Kaiserregatta“, die in die Zeit der Kuren Kaiser Wilhelms I. fiel. Der Kaiser nebst Gefolge sowie andere am Ort weilende Fürsten sahen vom Balkon des Kursaales zu, wie Rudervereine aus dem Rhein-Main-Lahn-Gebiet um den Pokal wetteiferten. Die Regatta bildete nicht nur für die Kurgäste einen Höhepunkt der Saison, sondern zog Ströme von Besuchern aus der näheren und weiteren Umgebung an.*

wechselndes Publikum am Kurort möglich, gekrönten Häuption tagtäglich nahekommen und sie als „seinesgleichen“ zu betrachten. Am Kurort war der nahbare Monarch besonders „sichtbar“.

### ■ Fürstliche Zivilisten

Die Repräsentation des nahbaren Monarchen vollzieht sich nicht zuletzt über die Kleidung. Der Zivilanzug markiert für das männliche Personal der Monarchie den Auftritt als „Privatmensch“. Denn in Preußen ist die einfache Uniform im 19. Jahrhundert Alltagsgewand des Herrschers. Am Kurort dagegen trug König/Kaiser Wilhelm I. stets einen bürgerlichen Anzug (helle Hosen, Frack, Weste, Krawatte, Zylinder, Handschuhe, Spazierstock). Dieses Erscheinungsbild steht einerseits für das Nichtmilitärische, andererseits ist es recht genau dem Kleidungsstil einer bestimmten sozialen Gruppe (wohlsituierten bürgerlichen Männern) zuzuordnen. Gleichwohl bedeutete es eine Annäherung des Fürsten an sein „Volk“. Die fürstliche Kleidungspraxis ist keine Maskerade, kein rokokohaftes Schäferspiel. Vielmehr, so lesen die Zeitgenossen dieses Zeichen, präsentiert das Zivil als enthüllende Hülle das eigentliche Menschsein des Monarchen, das zum Vorschein kommen kann, wenn er einmal die Pflichten des Herrscheramtes hinter sich lassen darf.

### ■ Die lächelnde Kaiserin

Was die Beobachter registrierten, wenn sich Monarchen und Publikum an Kurorten begegneten, zeigt exemplarisch die Berichterstattung über eine nicht-preußische Fürstin. Kaiserin Elisabeth von Österreich (1837–1898), dem Kinopublikum des 20. Jahrhunderts besser bekannt als „Sissi“, suchte 1862 das bayerische Bad Kissingen auf. Ein am Kurort weilender Journalist berichtete an die „Augsburger Allgemeine Zeitung“: „I. M. die Kaiserin von Oesterreich, die bei ihrer Ankunft in Kissingen aus dem Wagen gehoben und in die Gemächer getragen werden mußte, erscheint nunmehr jeden Tag im Curgarten, trinkt Ragozcy [eine Heilquelle], und geht an dem Arm ihres Vaters, des Herzogs Max in Bayern, in den Alleen auf und ab, die Grüße der Badegäste mit freundlichem Lächeln erwidern.“ Und am Vorabend ihrer Abreise hatten die anderen Gäste

„das Vergnügen, die Kaiserin in der geschmackvollen Toilette eines Sommerabends, ohne verhüllenden Schleier, die gewohnte Promenade machen zu sehen“. Es sind die feinen Unterschiede, die dazu dienen, die Kaiserin als nahbar auszuweisen: sie geht unverhüllt, sie hat enges Verhältnis zu ihrem Vater, sie zeigt sich täglich im Curgarten und erwidert die Grüße der anderen Badegäste.

Über Wilhelm I. berichtet der spätere Reichskanzler Bülow, auf der Emser Promenade habe er gern Bekannte angesprochen, „immer liebenswürdig, bisweilen mit freundlichem Scherz, vollkommen natürlich, ohne jede Steifheit oder gar Pose, aber nie anders als in königlicher Haltung. Mit Damen war er von ritterlicher Galanterie, ohne eine Spur von seniler Courmacherei, aber nach dem Grundsatz ..., dass ein wohlzogener Mann auch vor einer Kammerfrau den Hut abzieht.“

### ■ Fazit

Mit solcherlei Beobachtungen machte sich das Publikum ein Bild von seinen Monarchen, die an Kurorten volksnah und menschlich in Erscheinung traten. Im Kampf um politische Partizipation bedeutete dies zwar keine Mitbestimmung, sehr wohl aber eine Form der Teilnahme an politischer Kommunikation. Damit ist nicht gesagt, dass die preußische Monar-

chie im 19. Jahrhundert nicht bemüht war, die Staatsbürger – auch repressiv – von politischer Entscheidung fernzuhalten. Aber wo sich das Publikum nicht gegen die Monarchie, sondern unter Ausnutzung ihres Unterhaltungswertes formierte, entfaltete sich dennoch ein gewisses partizipatorisches Potential, da das Leben und Treiben gekrönter Häupter Aufmerksamkeit kanalisierte, Anschlussstellen für politische Imagination und Emotion bot und dazu beitrug, das Massenpublikum für politische Kommunikation im 19. Jahrhundert zu formieren.



*Dr. Alexa Geisthövel studierte Geschichte, Indologie und Ethnologie in Bonn, Groningen und Berlin. 1995 bis 1996 absolvierte sie ein Volontariat in den Bereichen Lektorat und Herstellung in einem Buchverlag und promovierte im Jahr 2000 an der Humboldt-Universität Berlin mit einer Arbeit zum deutschen Nationalismus zwischen 1830 und 1851. Seit 2001 ist sie Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Sonderforschungsbereich „Das Politische als Kommunikationsraum in der Geschichte“ an der Universität Bielefeld.*

Mathias Albert, Tanja Kopp-Malek

Fakultät für Soziologie

„Politikwissenschaft in Bielefeld? Gibt's doch gar nicht!“ – Doch, es gibt sie, die Politikwissenschaft an der Universität Bielefeld, aber in einer anderen Form, als man sie an den meisten anderen Universitäten in Deutschland vorfindet. Ihre Einbettung in die Fakultät für Soziologie stellt nicht nur eine institutionelle Besonderheit dar, sondern verleiht ihr in Teilen auch ein eigenes inhaltliches Profil. Dies spiegelt sich nicht nur in den Forschungsaktivitäten des Lehr- und Forschungsgebietes „Politikwissenschaft“ wider, sondern insbesondere auch im Aufbau des Bachelor-Studienganges „Politikwissenschaft“, der an der Universität Bielefeld seit Wintersemester 2002/2003 studiert werden kann.



*Das Logo des Bachelor-Studiengangs Politikwissenschaft, der an der Universität Bielefeld seit dem Wintersemester 2002/2003 studiert werden kann.*

#### ■ Geschichte und Einbettung der Politikwissenschaft an der Fakultät für Soziologie

Es ist nicht immer einfach, die Politikwissenschaft haarscharf von der Soziologie abzugrenzen. In vielen – wenngleich nicht allen – Bereichen erscheint eine solche Abgrenzung weniger inhaltlich begründet als vielmehr auf die Eigendynamiken akademischer Fächer und ihrer Institutionalisierung im Wissenschaftsbetrieb zurückzuführen zu sein. Dennoch hat sich in Deutschland nach dem 2. Weltkrieg die Politikwissenschaft als eigenständige Disziplin etabliert, die an den meisten Universitäten neben der Soziologie zwar oftmals innerhalb derselben Fakultät, jedoch als eigenständige organisatorische Einheit vertreten ist. Die Universität Bielefeld stellt in dieser Hinsicht insofern eine Ausnahme dar, als die Politikwissenschaft seit Gründung der Universität in der Lehre lediglich als eine Art Hilfswissenschaft der Soziologie mit nur einem Lehrstuhl innerhalb der Fakultät für Soziologie vertreten ist. Trotz dieses Umstandes ist es der Politikwissenschaft in Bielefeld in der Vergangenheit immer wieder gelungen, in der Forschungslandschaft

*Kann die Europäische Kommission als Organisation „lernen“? Die Frage wird in einem Projekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft am Beispiel des umweltpolitischen Integrationsprinzips untersucht.*



deutliche Akzente zu setzen, so vor allem in den Bereichen der Deutschlandstudien (Peter Christian Ludz), der politischen Theorie (Claus Offe) sowie der Policy-Forschung (Adrienne Héritier).

Das gegenwärtige Forschungsprofil der Politikwissenschaft in Bielefeld zeichnet sich vor allem dadurch aus, dass sie Politik grundsätzlich vor dem Hintergrund der Tatsache untersucht, dass sich die nationalstaatlichen Bezüge der Politik abschwächen und sie somit zunehmend in das Geflecht regionaler politischer Systeme und eines globalen politischen Systems eingebunden steht. Ein solches Verständnis von Politik erfordert dabei nicht nur die Eröffnung neuer Fragestellungen in den Bereichen der politischen Theorie und die Fokussierung empirischer Arbeiten etwa auf europäische und globale Politiknetzwerke und -strukturen, sondern schafft gleichsam natürliche Bezüge auch zu den Teilen soziologischer Forschung, in denen Gesellschaft zunehmend als Weltgesellschaft begriffen wird.

Der vorliegende Beitrag möchte in diesem Sinne nicht lediglich ein politikwissenschaftliches Forschungsvorhaben an der Universität Bielefeld vorstellen, sondern im Folgenden kaleidoskopartig einen Blick auf eine Reihe gegenwärtiger Forschungsprojekte und -interessen am Lehr- und Arbeitsgebiet Politikwissenschaft der Fakultät für Soziologie werfen, um dadurch die besondere Profilbildung herauszustreichen, die sich durch den Bezug auf die globale und europäische Politikebene in der politikwissenschaftlichen Forschung in Bielefeld ergibt, aber auch, um dabei die Bezüge zu soziologischen Ansätzen aufzuzeigen.

#### ■ Politik als Politik in der Weltgesellschaft

Die Konzeption von Politik als Politik in der Weltgesellschaft bildet eine thematische Klammer für eine ganze Reihe von Forschungsbemühungen. Politik als Politik in der Weltgesellschaft zu verstehen, bedeutet zunächst, einzelne Politikprozesse auf globaler oder etwa europäischer Ebene nicht so zu sehen, als ob diese auf nationalstaatlichen Politikprozessen auf ruhten oder aber in Form internationaler Politik und regionaler Integration aus diesen hervorgingen. Vielmehr bedeutet es, Politik vor allem hinsichtlich ihrer Funktion in einer Weltgesellschaft zu verstehen und darauf folgend Strukturen globaler Politik nicht als Ausdruck zwischenstaatlicher Kooperation, sondern als Differenzierungen innerhalb einer Weltgesellschaft zu konzipieren. Eine solche Sichtweise eröffnet zum einen unmittelbare Übergänge zur Gesellschaftstheorie. Sie erlaubt vor allem auch neue Zugriffe auf „traditionelle“ Forschungsfragen. Neben den im Folgenden dargestellten Projekten und der nicht in Projektform betriebenen Theoriearbeit<sup>1</sup> wäre hier auf Untersuchungen zu verweisen, in denen etwa Formen der transnationalen Handelsschiedsgerichtsbarkeit als Elemente der Herausbildung eines eigenständigen, vom staatlichen Recht in weiten Teilen unabhängigen globalen Rechtssystems und mithin als Elemente einer sich herausbildenden Globalverfassung analysiert werden.<sup>2</sup> Als weiteres Beispiel kann ein sich gegenwärtig in der Planungsphase befindliches Projekt dienen, in welchem die angesprochene Sichtweise für den Bereich der vergleichenden Regionalstudien fruchtbar gemacht wird.

Das Projekt rückt dabei von der üblichen Perspektive ab, welche regionale Staatenorganisationen (z.B. die EU, ASEAN, Mercosur) alleine als Ergebnis einer interessenbasierten zwischenstaatlichen Zusammenarbeit betrachtet und entstehende Strukturähnlichkeiten in den verschiedenen Regionalorganisationen als Ergebnis der Verbreitung und Sedimentierung globaler Standards untersucht.

### ■ Die Entgrenzung von Politik

In dem bislang angesprochenen Sinn „entgrenzt“ sich Politik, insofern die Bedeutung nationalstaatlicher Grenzen zwar nicht entfällt, sich aber durch die

lichen Wahrnehmung des Politischen verbirgt, zeigt sich eindrücklich an den Einstellungen Jugendlicher in dieser Hinsicht, die in der vom Lehr- und Arbeitsbereich mit durchgeführten neuesten Shell-Jugendstudie aufgezeigt werden.<sup>3</sup> Gerade dieses Beispiel zeigt dabei, inwiefern ein Perspektivenwechsel auf Politik als Politik in der Weltgesellschaft nicht nur Auswirkungen auf Forschung in den zunächst scheinbar naheliegenden Bereichen der internationalen Politik und der politischen Theorie zeitigt, sondern sich in die Formulierung von Forschungsfragen hinsichtlich ganz unterschiedlicher politikwissenschaftlicher Forschungsbereiche übersetzt (hier: Jugend und Politik).



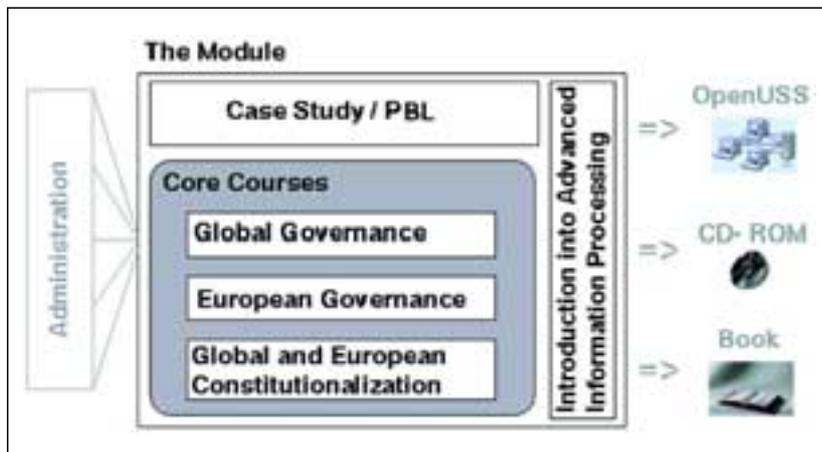
*Der Arbeitsbereich Politikwissenschaft hat die akademische Koordination eines Projektes inne, das sich mit der Frage auseinandersetzt, inwiefern die Europäische Union über Beitritts- und Assoziierungsabkommen und -verhandlungen einen Einfluss auf Grenzkonflikte ausüben kann.*

Herausbildung regionaler und globaler Politikstrukturen nachhaltig wandelt. Dabei wird etwa am zunehmenden Tätigwerden privater Akteure in der Weltpolitik deutlich, dass sich in Folge dieses Prozesses nicht nur die Bezugsräume politischer Handlungen verändern, sondern ebenfalls die funktionale Bestimmung dessen, was in der (Welt-)Gesellschaft als Politik funktioniert. Dass es sich hierbei nicht nur um eine theoretisch hergeleitete Ausweitung des Politikbegriffes handelt, sondern dass sich dahinter auch ein nachhaltiger Wandel in der gesellschaft-

### ■ Forschungsfeld Europa

Die Untersuchung der europäischen Integration und europäischer Politikprozesse bildet einen wichtigen Schwerpunkt der politikwissenschaftlichen Forschung in Bielefeld. In dem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanzierten Projekt „Die EU als lernende Organisation?“ wird das Ziel verfolgt, empirisch zu untersuchen und theoretisch zu reflektieren, inwiefern die Europäische Kommission, die einen zentralen Akteur im Institutionengefüge der

*Das Projekt „Global and European Governance“ entwickelt auf der Basis einer Internetplattform ein Lehrmodul, welches an mehreren Universitäten gleichzeitig studiert werden kann.*



Europäischen Union darstellt, in der Lage ist, sich lernend mit ihren normativen und kognitiven Strukturen und den dort angelagerten Vorstellungen von angemessenen Problemdefinitionen/-lösungen auseinander zu setzen und diese zu verändern. Dies wird am Beispiel der Umsetzung des umweltpolitischen Integrationsprinzips der EU in ausgewählten Generaldirektionen der Europäischen Kommission untersucht. Das verlangt, dass Entscheidungen sowohl innerhalb der Kommission als auch in den Mitgliedstaaten in umweltexternen Bereichen nicht ausschließlich an deren politikfeld-spezifischen Gegebenheiten ausgerichtet werden, sondern mit Rücksicht auf ihre Umweltauswirkungen getroffen bzw. im Extremfall unterlassen werden. Der Schwerpunkt des Projektes liegt dabei auf der Untersuchung der durch die Umsetzung des Integrationsprinzips möglicherweise bedingten Veränderungen in den administrativen Strukturen und Prozessen der Europäischen Kommission ebenso wie auf bestimmten Politikbereichen der EU (Energie-, Verkehrs-, Unternehmens- und Tourismuspolitik), denen aufgrund des 5. Umweltaktionsprogramms der EU eine Schlüsselrolle im Prozess der Umsetzung des Integrationsprinzips zukommt.<sup>4</sup> Ein weiteres Forschungsprojekt im Bereich der Europaforschung, das seit Herbst 2002 zusammen mit fünf weiteren Universitäten durchgeführt wird, widmet sich der Frage, inwiefern sich der Europäischen Union über Beitrittsverhandlungen und Assoziierungsabkommen Handlungsspielräume eröffnen, um regulierend in zum Teil bereits lange andauernde Grenzkonflikte einzugreifen. Zusätzlich zur eigentlichen Forschungsarbeit legt dieses Projekt Wert darauf, in den Untersuchungsräumen baltische Staaten, Nordirland, Zypern, Griechenland/Türkei und Israel/Palästina politische Akteure wo möglich in den wissenschaftliche Dialog mit einzubeziehen.

Als drittes Projekt in der Europaforschung setzt sich das Habilitationsprojekt von Tanja Malek mit unterschiedlichen Dimensionen gesellschaftlicher

Integrationsprozesse innerhalb der Europäischen Union auseinander. Im Mittelpunkt des Projektes stehen Fragen danach, inwiefern der auf die Ausbildung eines politischen Systems auf europäischer Ebene ausgerichtete Integrationsprozess, der vor allem in der politikwissenschaftlichen Europaforschung mittlerweile zu einer Analyse des Gesamtsystems der Gemeinschaft unter der Perspektive des Regierens geführt hat, begleitet wird durch systemische und soziale Integrationsprozesse innerhalb europäischer Gesellschaften. Auch stellt sich die Frage, ob sich mit Blick auf diese Dimensionen gesellschaftlicher Integration möglicherweise problematische Entwicklungen im Sinne einer Über- oder Unterintegration in der EU verzeichnen lassen, die bestimmte Funktionsanforderungen an das politische System der EU implizieren. Dessen Staatlichkeit bzw. Möglichkeiten der Staatswerdung scheinen jedenfalls weder normativ gewünscht noch empirisch gegeben zu sein.

#### ■ Die Verknüpfung politikwissenschaftlicher Forschung und Lehre

Der vorliegende Beitrag sollte nicht eine eng umgrenzte Forschungsarbeit beschreiben, sondern anhand eines Tableaus von Forschungsaktivitäten am Lehr- und Arbeitsbereich Politikwissenschaft das besondere inhaltliche Profil der politikwissenschaftlichen Forschung an der Universität Bielefeld darstellen, in der sich nicht zuletzt auch die institutionelle Einbettung in eine Fakultät für Soziologie widerspiegelt. Dieses Profil wird dabei nicht nur in der Forschung, sondern auch in der Lehre ersichtlich. Der jetzt eingerichtete BA-Studiengang „Politikwissenschaft“ beginnt zwar mit einer „klassischen“ politikwissenschaftlichen Grundausbildung, bietet den Studierenden darauf folgend jedoch fachspezifische Schwerpunktsetzungen in den Bereichen „Global Governance“, „Politische Kommunikation“ und „Public Policy“ sowie interdisziplinäre Schwerpunktsetzungen in den Bereichen „Politik und Gesell-

schaft“, „Politische Anthropologie“, „Politik und Geschichte“ sowie „Politik und Recht“ an. Dieses Konzept einer politikwissenschaftlich fundierten, aber interdisziplinär ausgerichteten Lehre wird darüber hinaus auch im Master-Studiengang „Politische Kommunikation und Global Governance“ verfolgt, der zum Wintersemester 2003/2004 seinen Betrieb aufnehmen soll, sowie im Rahmen des internetplattformgestützten Lehrmoduls „Global and European Governance“, das gegenwärtig mit Partnern an der Queen's University Belfast sowie an der Rutgers University Newark/USA entwickelt wird.

<sup>1</sup> Vgl. Mathias Albert/Lothar Brock/Klaus Dieter Wolf (Hg.), *Civilizing World Politics. Society and Community Beyond the State*. Lanham, Md.: Rowman & Littlefield 2000; Mathias Albert/David Jacobson/Yosef Lapid (Hg.), *Identities, Borders, Orders: Rethinking International Relations Theory*. Minneapolis, Minn.: University of Minnesota Press 2001.

<sup>2</sup> Siehe hierzu: Mathias Albert, *Zur Politik der Weltgesellschaft. Identität und Recht im Kontext internationaler Vergesellschaftung*. Weilerswist: Velbrück Wissenschaft 2002, sowie die Sondersektion in Heft 2/2002 der Zeitschrift für Rechtssoziologie.

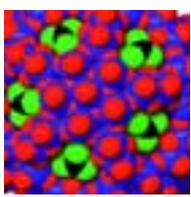
<sup>3</sup> *Jugend 2002: 14. Shell-Jugendstudie 2002*: Frankfurt/M.: Fischer.

<sup>4</sup> Nähere Informationen zum Projekt können unter der folgenden Internetadresse abgerufen werden: <http://www.uni-bielefeld.de/soz/iw/malek.htm>



*Dr. Tanja Kopp-Malek studierte Sozialwissenschaften in Hannover und Cardiff. 2000 erfolgte die Promotion zum Dr. phil. an der Technischen Universität Darmstadt. Derzeit ist sie Wissenschaftliche Assistentin an der Fakultät für Soziologie im Lehr- und Forschungsgebiet Politikwissenschaft. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der europäischen Integrationsforschung.*

*Prof. Dr. Mathias Albert studierte Politikwissenschaft in Frankfurt am Main und Washington DC. Nach der Promotion und Zeiten als wissenschaftlicher Mitarbeiter, Habilitationstipendiat und wissenschaftlicher Assistent in Frankfurt/M., Las Cruces (New Mexico) und Darmstadt habilitierte er sich im Jahre 2000 mit einer Arbeit „Zur Politik der Weltgesellschaft“. Mathias Albert wurde 2001 zum Professor an der Fakultät für Soziologie ernannt. Er ist Mitglied des geschäftsführenden Vorstandes des Instituts für Weltgesellschaft.*



# Platon, Archimedes, das Faszinosum Wasser, Nanokugeln und „intelligente“ Materialien

„Wasser war die Grundlage der Welt und aller Geschöpfe.“

Achim Müller

Fakultät für Chemie

Für Chemiker ist es eine große Herausforderung, „intelligente“ Materialien zu synthetisieren, die auf externe Signale spezifisch reagieren. Man kennt so etwas von Lebensprozessen: Signalmoleküle lagern sich an Rezeptoren auf Zelloberflächen an, wodurch Prozesse im Zell-Inneren ausgelöst werden. Welche Voraussetzungen müsste nun ein entsprechendes „intelligentes Material“ mitbringen? Sicherlich folgende: Die Basisstruktur sollte bei der (reversiblen) Anlagerung der Signalmoleküle erhalten bleiben. Kleinere molekulare Gebilde eignen sich hierfür weniger gut. Wir wollten daher große, das heißt nanoskalierte Kapseln mit Porenöffnungen, durch die Moleküle sowohl freien Zutritt haben würden als auch wieder herauswandern können, synthetisieren: Nach Schließen der Poren sollten die „eingefangenen“ Moleküle, so unsere Arbeitshypothese, eine Strukturänderung erfahren, da sie nicht mehr mit den sich außerhalb der Kugeln befindlichen Molekülen in Wechselwirkung treten können.

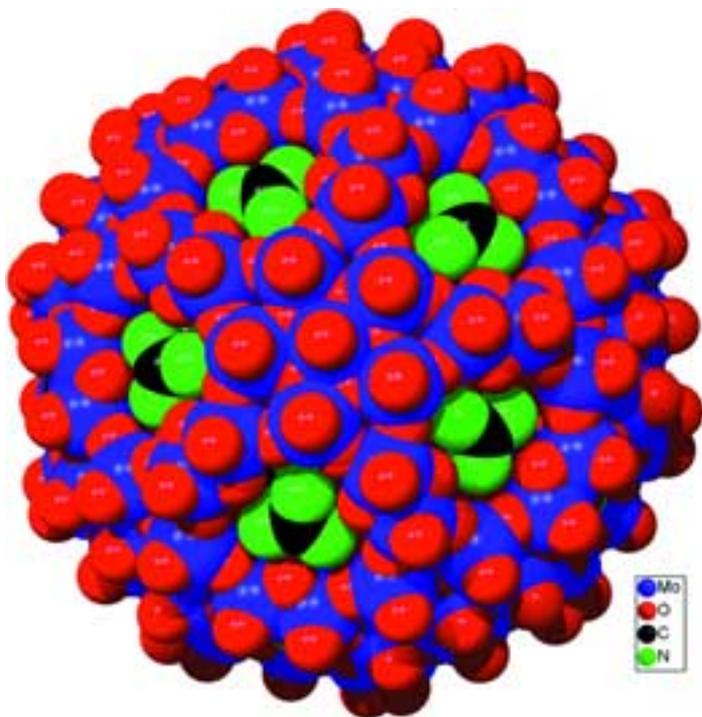
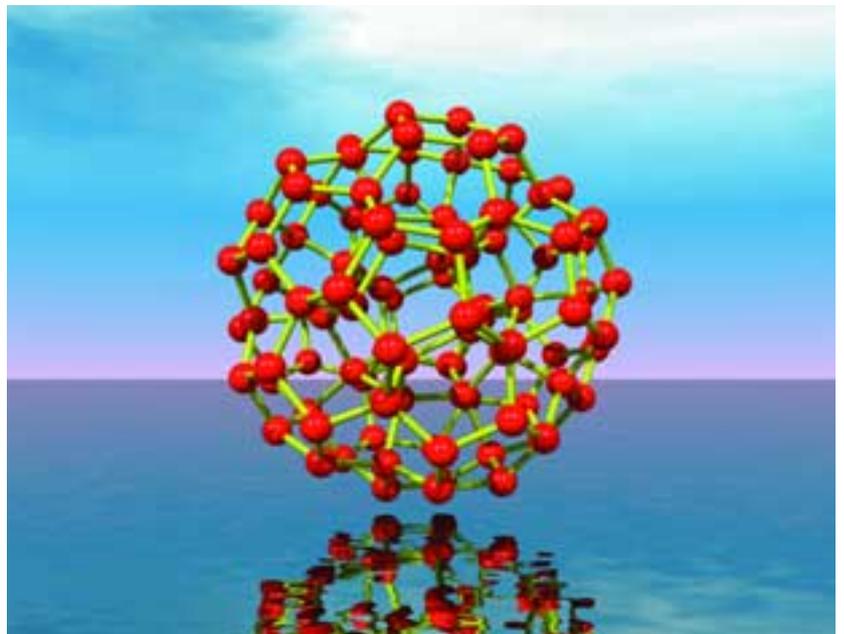


Abb. 1: Organische Moleküle (grün) füllen die Poren der „intelligenten“ Nano-Kugel (oben), in deren „Bauch“ das Wasseraggregat  $H_2O$  mit wohldefinierter Struktur eingeschlossen ist (unten rechts).



### ■ Pythagoras hätte seine Freude gehabt

Es gelang uns, Nanokugeln mit in ihrer Größe veränderbaren Poren herzustellen, indem pentagonale aus Molybdän- und Sauerstoffatomen bestehende Baueinheiten des Typs mit verschiedenen Abstandhaltern verknüpft wurden (vgl. Beispiel in Abb. 2). Nach Schließen der 20 vorhandenen Poren mit organischen Molekülen (Abb.1 oben) zeigte sich im Inneren einer bestimmten Kugelart folgender Vorgang:

Die vorher ungeordneten 100 Wassermoleküle ordnen sich, da keine Störung von außen erfolgen kann, zu einem hochsymmetrischen kugelförmigen Gebilde, in dem man 36 = 3 x 12 aus H<sub>2</sub>O-Molekülen gebildete Pentagone – also Verwandte des pythagoreischen Pentagramms – erkennen kann (Abb. 2). Pythagoras hätte hier sicherlich seine Freude daran gehabt, zumal man auch im flüssigen Wasser pentagonale Einheiten nachgewiesen hat.

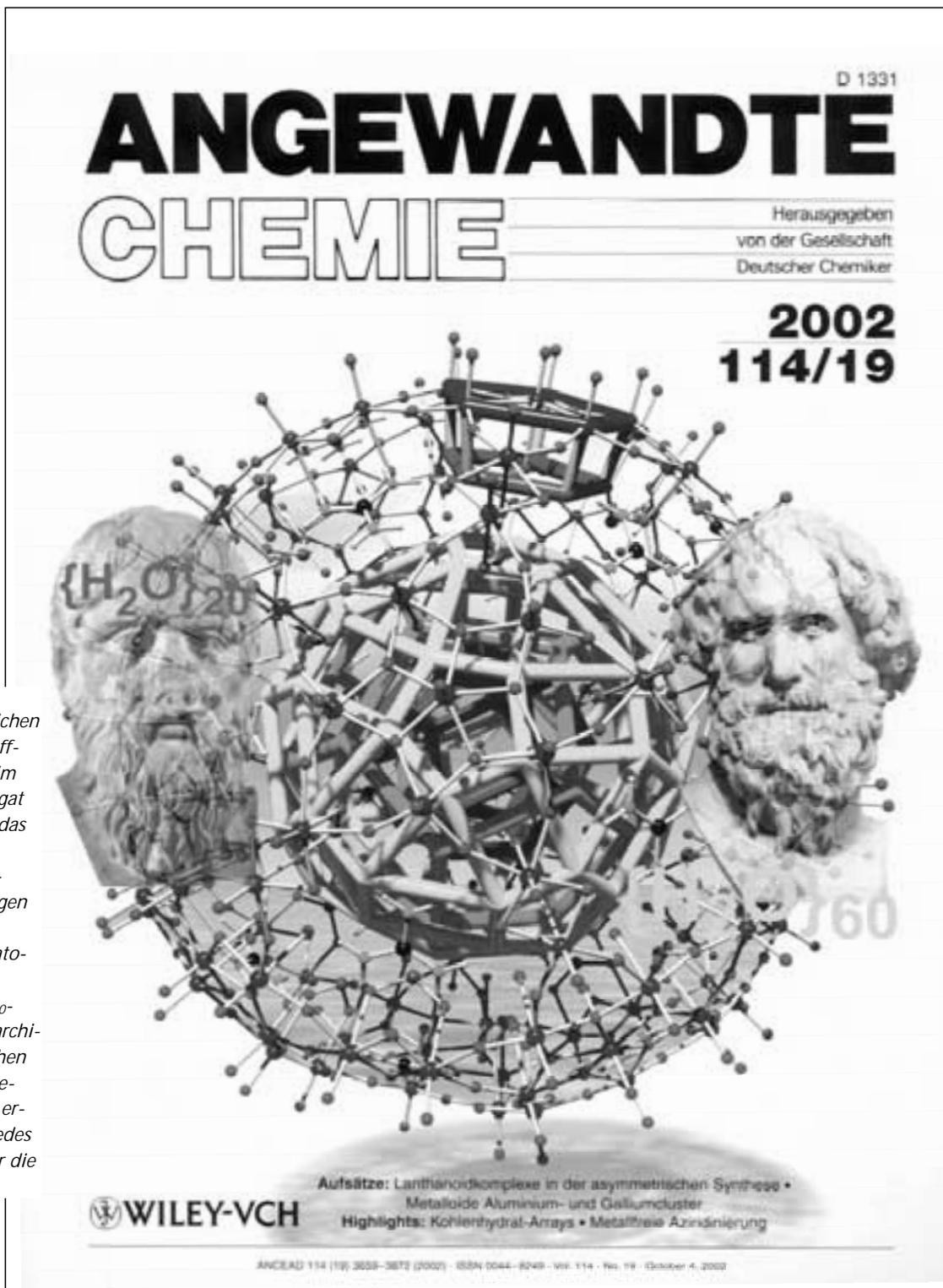


Abb. 2: Eine nanoskalierte Kugelschale, die im Wesentlichen aus Molybdän- und Sauerstoffatomen besteht, beherbergt im Inneren ein neuartiges Aggregat aus 100 Wasser-Molekülen, das eine hierarchische Struktur aufweist und einen Schnappschluss der Struktur des flüssigen Wassers darstellen könnte. Im Zentrum zeigt sich ein platonisches (H<sub>2</sub>O)<sub>20</sub>-Dodekaeder (grün) und außen ein (H<sub>2</sub>O)<sub>60</sub>-Gebilde mit der Form eines archimedischen Körpers. Dazwischen ist ein weiteres (H<sub>2</sub>O)<sub>20</sub>-Dodekaeder (rot) mit Kittfunktion erkennbar. Platon und Archimedes signalisieren ihre Freude über die Entdeckung.

Die eingeschlossenen, nunmehr geordneten 100 H<sub>2</sub>O-Moleküle lassen sich zwei platonischen und einem archimedischen Körper (vgl. Abb. 2) zuordnen und sind derart miteinander verbunden, dass jedes Sauerstoffatom tetraedrisch von vier anderen umgeben ist (Abb. 1 unten rechts). Damit könnte es sich um einen Schnappschuss der Struktur des flüssigen Wassers handeln, über dessen Struktur sich noch heute die Wissenschaftler streiten. Hier gibt es immer wieder Bereiche größerer Ordnung, die sich jedoch bezüglich ihrer Position und Ausdehnung ständig verändern („flickering clusters“). Vielleicht kann die neue Entdeckung mithelfen, das Geheimnis der Wasserstruktur etwas zu lüften. Dies, obwohl sich diese Struktur in einem „dunklen“ abgeschlossenen Cluster-Hohlraum bildet. Noch weniger wissen wir übrigens über die zentrale Rolle des Wassers und der Wassermoleküle in den Zellen der Biosphäre:

“Anyone attempting to describe the nature of water in the cell must realize that, because of our understanding is so incomplete, the description will probably be outmoded in a decade or so.”

(P. Wiggins [1990], Microbiological Reviews)

### ■ Super-supramolekulare Chemie

Die beschriebene Reaktion eröffnet neue Wege für eine Nano-Chemie und -Technologie, speziell einer Chemie auf Kugeloberflächen und mit nanoporösen Clustern, aber auch für die Entwicklung einer Super-supramolekularen Chemie. (Zum Unterschied: Die klassische supramolekulare Chemie bezieht sich nur auf eine Wirt-Gast-Wechselwirkung.) Aber auch für den Mathematiker sind die Nanokugeln mit den 20 beherbergten Gästen im Hinblick auf Pflasterungen von Kugeloberflächen, für die sich auch Künstler wie zum Beispiel M. C. Escher interessiert haben, von Interesse. Ein weiteres Faszinosum: Die mehr als 900 Atome der im Wesentlichen aus Metall- und Sauerstoffatomen aufgebauten Kugelschale bilden zwei platonische und fünf archimedische Körper.

Literatur: A. Müller, E. Krickemeyer, H. Bögge, M. Schmidtman, S. Roy, A. Berkle.  
Changeable Pore Sizes Allowing Effective and Specific Recognition by a Molybdenum-Oxide Based “Nanosponge”: En Route to Sphere-Surface and Nanoporous-Cluster Chemistry, in: Angewandte Chemie 2002, 114, 3761–3763.



*Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Achim Müller (Jahrgang 1938) hat in Göttingen Chemie und Physik studiert und dort 1965 mit einer Arbeit zur Thermochemie flüchtiger Metalloxide bei Oskar Glemser promoviert. 1971 übernahm er eine Professur für Anorganische Chemie an der Universität Dortmund, seit 1977 hat er den Lehrstuhl für Anorganische Chemie I an der Universität Bielefeld inne. Seine Forschungsinteressen umfassen Probleme der Übergangsmetall-, Bioanorganischen und Supramolekularen Chemie sowie der Materialwissenschaft, der Heterogenen Katalyse, der Molekülphysik und der Naturphilosophie. Er ist Mitglied führender Akademien im In- und Ausland und hat für seine Forschungsarbeiten zahlreiche Ehrungen (Ehrendoktorate, -Professuren und -Mitgliedschaften) und Preise (Alfred-Stock-Gedächtnispreis 2000, Prix Gay-Lussac/Humboldt 2001 [Le Ministère de la Recherche, Paris], Sir Geoffrey Wilkinson Prize 2001) erhalten. Auf internationalen Tagungen ist er ca. siebzigmals als Plenarvortragender und „Invited Lecturer“ aufgetreten.*



Anselmetti et al.

### Focus on Single Biomolecules

Biomolecules are fundamental constituents of all living organisms. In their impressive diversity, these molecules span an enormous spectrum of structures and functions, most of which are still undisclosed. Their functions, for example, comprise transport and movement control, information storage, the formation of spatial structures, as well as the control and acceleration of reaction. To clarify the structures and properties of biomolecules is crucial for biology and medicine. Until recent years, available experimental techniques permitted no more than a statistical analysis of huge biomolecule accumulations (usually of a billion molecules). Hence, single molecules with deviant properties or short-lived intermediate states remained for the most part unrecognized.

Modern nanotechnological methods have now made it possible to investigate such questions on the level of the single molecule. Structural information, for example, can be obtained by mapping proteins or DNA strands at molecular resolution. Molecular recognition describing the specific interaction between biomolecules is fundamental for many problems in biology and medicine and can now be analyzed using single molecules. Likewise, we are also able today to manipulate and stretch a molecule in a controlled way to obtain insights into intramolecular forces and folding structures. To separate out small quantities of biomolecule-mixtures is indispensable for many biological and diagnostic tasks. In order to develop new methods of separation, the migration of single molecules is observed in real time in micro- and nanostructured channels.



Egelhaaf et al.

### A View into the Cockpit of a Fly

#### From Images Processing in the Nervous System to Artificial Visual Systems

Small brains, such as those of flies, may outperform in many respects the brains of much larger animals, not to mention technical systems, in many respects. An example for that is the speed with which visual images are processed and transformed into visually guided behaviour. To understand how visual systems encode behaviourally relevant information, we need to know both about the computational capabilities of the nervous system and the natural conditions under which they normally operate. By combining behavioural, neurophysiological and computational approaches in studying the fly, it is now possible to assess adaptations that process visual-motion information under the constraints of its natural input. It is concluded that neuronal operating ranges and coding strategies appear to be closely matched to the inputs the insect encounters under behaviourally relevant conditions.



Ipke Wachsmuth

### Max, our Agent in the Virtual World

#### A Machine that Communicates with Humans

Will it be possible one day to have machines that live up to human communication abilities, in that they „understand“ what we want them to do and can take on the role of social partners? A technical aim of research in artificial intelligence is the advancement of human-machine interaction by way of systems which use speech and gesture to make communication with the human more intuitive. In the Collaborative Research Center, „Situated Artificial Communicators“, an anthropomorphic agent, Max, is under development inserted in large-scale virtual reality. Situated in a virtual world of cooperative construction tasks, the agent Max can perform diverse activities and conduct a dialog with the human user. By means of microphones and tracker systems, Max can „hear“ and „see“, and is able to understand spoken instructions and gestures. Equipped with a synthetic voice and an articulated body and face, Max is able to speak and gesture, and to mimic emotions. Beyond the aspect of technical achievement our research is led by the expectation that the construction and test of an artificial communicator will help to reach a more profound understanding of human communication, presumably the most impressive field of human intelligence.



Britta Bannenberg

### Graft in Germany

The contribution is based on a comprehensive nationwide empirical study of indictments for graft. Felonies range from isolated cases and petty venality across geographically and personally circumscribed „time-honored“ graft often established for regular repetition over many years up to large-scale white collar criminality, sometimes with connections into politics. A fundamental problem is the small probability of discovery which encourages graft felonies. There is a significant control deficit both in the civil service and in private enterprise. Felonies are often not reported for fear of personal disadvantages. It is hence urgent to develop protective measures for whistleblowers. General problems arise in the practical implementation of proposals to intensify prosecution and prevention of graft.



Ingo Reichard

### Reform of Law of Obligations

---

#### Harmonization of Legislation between Science and Politics – Ways to Regain a European *Ius Commune*

European approximation of laws reaches the Bürgerliches Gesetzbuch, the German Civil Code of 1900. The government decided to put into one bill the transformation of the EC Consumer Sales Directive due Jan. 1, 2001 and the long-time idea of a reform of the law of contractual liability (“either now or never”). Thus, the Roman Law based German law of sale with its ancient aedilician remedies “Wandlung” (rescission of sale) and “Minderung” (reduction of purchase price) which did not imply a duty for the seller to repair or replace defective goods in case of purchase of specified goods has been replaced by the 1980 UN Convention established according to the International Sale of Goods model inspired by Ernst Rabel; this law of sale model complies with the modern reality of industrial goods sales (but fails in purchases of, e.g., paintings and horses). The second notable shift was that from the traditional trias of impossibility of performance (for which the debtor is responsible), delay and the “positive Vertragsverletzung” (positive violation of contractual duty) to an abstract concept of “Pflichtverletzung”, neglect of duty. Academic civilians criticized particularly that the reform was carried out in a considerable hurry. Anyway, a complete recapture of the former legal unity in continental Europe will only be possible by creating a European Civil Code. For legal science and teaching the new law means a challenge. Participants in the series of lectures during winter semester 2001-2002 were Professors W. Grunsky, F. Jost, D. Kleindiek, G. Otte, Th. Pfeiffer, B. Piltz, I. Reichard, H. Schulte-Nölke and P. Schwerdtner.



Mathias Albert, Tanja Kopp-Malek

### Political Science in Bielefeld

The article provides an overview over the particular situation of political science in Bielefeld. The profile of political science research and teaching is characterized by its integration into the Faculty of Sociology which is reflected both in the new BA-program in political science and in the various research projects currently under way. The contribution describes some of these projects to give an impression of the scope of political science research in Bielefeld.



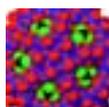
Alexa Geisthövel

### Approachable Rulers

---

#### The Self Resentation of Royalty in Health Spas as a Mode of Political Communication in the 19th Century

The self-presentation of royalty in German and Austrian health spas since about 1800 can be understood as a preliminary stage of present-day „media democracy“. After the French Revolution, rulers needed, to legitimize their rule and keep it effective, to be seen and read about by their subjects. The effect was to provide „the people“ with the certitude of being able to participate in their being ruled to some degree – not in the sense of having a real say, but as an audience to enacted political communication. In the health spas, rulers were observable to the general public as „commoners“ seeking recreation – just like other guests. This became a significant precursor for later political mass communication.



Achim Müller

### Plato, Archimedes, unique water nanospheres and „intelligent“ materials

Responsive sensing cluster: By linking  $\{(Mo)Mo_5\}$  type building units with different spacers, spherical clusters (nanosponges) having 20 different nanosized and tunable pores /macrocycles of the type and quality of the classical crown ethers of supra-molecular chemistry are formed. This property allows the development of a novel spherical-surface and nanoporous-cluster chemistry as well a modeling of cell responses to extracellular signal molecules. Closing of the pores leads to hierarchic clustering of encapsulated water molecules organizing as of Platonic and Archimedean solids while the final aggregate could be a snapshot of liquid water.