

**Max Planck Institute of Colloids and Interfaces**

# BIANNUAL REPORT 2005-2006



MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT

Die Abbildung zeigt eine Bruchfläche von **Perlmutter**. Dieses organisch-anorganische Hybridmaterial besitzt im direkten Vergleich zu seinem Hauptbestandteil Aragonit die dreitausendfache Bruchfestigkeit. Perlmutter ist damit ein Beispiel für ein Biomaterial, von dem wir mehr über optimiertes, mechanisches Materialdesign lernen können.

The image shows a fracture surface of **Nacre** (Mother of Pearl). This organic-inorganic layered hybrid material has a 3000-fold fracture resistance compared to its main aragonite mineral component. This is an example for a Biomaterial archetype to learn about optimized mechanical material design.

2µm  




**Max Planck Institute  
of Colloids and Interfaces**

BIANNUAL REPORT  
2005-2006



# INHALTSVERZEICHNIS

## TABLE OF CONTENTS

<b>Vorwort</b>	6
<b>Preface</b>	8
Prof. P. Fratzl	
<b>Das Institut in Zahlen</b>	10
<b>The Institute in Numbers</b>	12
<b>Das Forschungsprogramm des Max-Planck-Instituts für Kolloid- und Grenzflächenforschung (MPIKG)</b>	14
<b>The Research Program of the Max Planck Institute of Colloids and Interfaces (MPIKG)</b>	17
Prof. M. Antonietti · Prof. P. Fratzl · Prof. R. Lipowsky · Prof. H. Möhwald	
<b>Wissenschaftliche Beziehungen</b>	20
<b>Scientific Relations</b>	22
<b>Internationale Max Planck Research School (IMPRS) über Biomimetische Systeme</b>	24
<b>International Max Planck Research School (IMPRS) on Biomimetic Systems</b>	26
Prof. R. Lipowsky · Dr. A. Valleriani	
<b>Presse- und Öffentlichkeitsarbeit</b>	28
<b>Press and Public Relations</b>	29
K. Schulze	
<b>BIOMATERIALS</b>	
Research in the Department of Biomaterials · Prof. P. Fratzl	32
<b>Biological Materials</b>	
Plant Systems Biomechanics · Dr. I. Burgert	34
Bone Material Quality and Osteoporosis Research · Prof. P. Fratzl	36
Mineralized Tissues · Dr. H. S. Gupta	38
Bone Regeneration · Dr. M. Inderchand	40
Mechanobiology · Dr. R. Weinkamer	42
<b>Biological and Bio-Inspired Materials</b>	
Biological and Bio-Inspired Materials · Dr. B. Aichmayer, Dr. R. Elbaum, Dr. P. Zaslansky, Prof. P. Fratzl	44
<b>Bio-Inspired Materials</b>	
Mesoscale Materials and Synchrotron Research · Dr. O. Paris	46
<b>COLLOID CHEMISTRY</b>	
Research in the Department of Colloid Chemistry · Prof. M. Antonietti	50
<b>Heterophase Polymerization</b>	
Polymer Dispersions/Heterophase Polymerizations · Dr. K. Tauer	52
<b>Self-Organizing Polymers</b>	
Biohybrid Polymers · Dr. H. Schlaad	54
Polymer-Bioconjugates as Macromolecular LEGO® - Bricks · Dr. H. Börner	56
Biomimetic Mineralization · Dr. H. Cölfen	58
<b>Mesoporous Materials and Nanoparticles</b>	
Organic Chemistry Meets Inorganic Materials Synthesis · Dr. M. Niederberger	60

Mesoporous “Non-Oxidic” Materials · Dr. A. Thomas	62
Synthesis and Characterization of Self-assembled Inorganic Materials · Dr. B. Smarsly	64

### **Modern Techniques of Colloid Analysis**

Fractionating Colloid Analytics · Dr. H. Cölfen	66
Electron Microscopic Studies of Colloidal Systems and Biomaterials · Dr. J. Hartmann	68
Light Scattering at Interfaces · Dr. R. Sigel	70

## **INTERFACES**

Research in the Department of Interfaces · Prof. H. Möhwald	74
---	----

### **(Quasi) Planar Interfaces – Fluid Interfaces**

Interactions at Interfaces: Langmuir Monolayers as Model Systems · Dr. G. Brezesinski	76
Thin Soft Films · Dr. R. Krastev	78
Dilational Rheology of Mixed Protein-Surfactant Adsorption Layers · Dr. R. Miller	80
Ion Distribution at Interfaces · Dr. H. Motschmann	82

### **Solid Interfaces**

Nucleation, Interfacial Molecular Mobility and Ordering of Alkanes at Solid/Vapor Interfaces · Dr. H. Riegler	84
---	----

### **Non-Planar Interfaces**

Nanoscale Membranes: Narrowing the Gap between Materials Science and Biology · Dr. A. Fery	86
From Molecular Modules to Modular Materials · Dr. D. G. Kurth	88
Biomimetic Vectorial Electron Transfer · Prof. H. Möhwald	90
Active Coatings Based on Incorporated Nanocontainers (Nanofuture Group) · Dr. D. Shchukin	92
Multifunctional Polymer Micro-Capsules · Dr. G. Sukhorukov	94
Ordering of Functionalized Nanoparticles · Dr. D. Wang	96

### **International Joint Laboratory**

Molecular Assemblies of Biomimetic Systems and Nanostructures · Prof. J. Li	98
---	----

### **Research Group Nanotechnology for Life Science**

Hybrid MPG/FhG Research Group “Nanotechnology for Life Science” & Golm Campus Initiative “Bioactive Surfaces” · Dr. J.-F. Lutz	100
---	-----

## **THEORY & BIO-SYSTEMS**

Research in the Department of Theory & Bio-Systems · Prof. R. Lipowsky	104
--	-----

### **Polymers and Proteins**

Peptide Folding, Aggregation and Adsorption at Interfaces · Dr. V. Knecht	106
Protein Folding · Dr. T. Weigl	108
Polymer Brushes · Dr. C. Seidel	110

### **Molecular Motors**

Chemomechanical Coupling of Molecular Motors · Prof. R. Lipowsky	112
Cooperative Transport by Molecular Motors · Dr. S. Klumpp	114

### **Rods and Filaments**

Polymerization of Filaments · Dr. J. C. Shillcock	116
Semiflexible Polymers and Filaments · Dr. J. Kierfeld	118
Fractionation and Low-Density-Structures in Systems of Colloidal Rods · Dr. T. Gruhn	120

<b>Membranes and Vesicles</b>	
Exploring Vesicle Fusion with Dissipative Particle Dynamics · Dr. J. C. Shillcock	122
Unveiling Membrane Fusion · Dr. R. Dimova	124
Electro-Deformation and -Poration of Vesicles · Dr. R. Dimova	126
Molecular Recognition in Membrane Adhesion · Dr. T. Weikl	128
<b>Networks in Bio-Systems</b>	
Activity Patterns on Scale-Free Networks · Prof. R. Lipowsky	130
Stochastic Modeling in Ecology and Evolution · Dr. A. Valleriani	132
<b>Instrumentation</b>	
Holding with Invisible Light: Optical Trapping of Small and Large Colloidal Particles · Dr. R. Dimova	134
<b>APPENDIX</b>	
<b>Organigramm</b>	
<b>Organization Chart</b>	138
<b>Fachbeirat</b>	
<b>Scientific Advisory Board</b>	140
<b>Drittmittelprojekte</b>	
<b>Third Party Funds</b>	141
<b>Ausgewählte Veranstaltungen</b>	
<b>Selected Events</b>	149
<b>Wissenschaftliche Abschlüsse</b>	
<b>Scientific Degrees</b>	150
<b>Personalien</b>	
<b>Appointments and Honors</b>	153
<b>Wissenschaftliche Veröffentlichungen und Patente</b>	
<b>Publications and Patents</b>	154

## Vorwort



Kolloide sind Teilchen oder Tröpfchen im Maßstab von weniger als einem Tausendstel Millimeter. Auch wenn man Teilchen dieser Größe ohne Mikroskop nicht sehen kann, sind sie doch allgegenwärtig. Praktisch alle natürlichen Gewebe in der belebten Natur sind aus Kolloiden aufgebaut. Sie finden sich auch in Farben, Cremes, Lebensmitteln, Medikamenten. Sehr viele dieser kleinen Objekte müssen zusammengefügt werden, bis ein sichtbarer und handhabbarer Gegenstand entsteht. Kolloidale Strukturen oder Materialien enthalten daher eine Vielzahl von Grenzflächen. Aus diesem Grund ist die Forschung an Kolloiden nicht von jener an Grenzflächen zu trennen. Da die typische Größe von Kolloiden im Bereich von Nanometern bis Mikrometern liegt, ist die Forschung an Kolloiden und Grenzflächen auch ein Teil der Nanowissenschaften.

Die Kolloid- und Grenzflächenforschung ist aber auch eine Wissenschaft, die in besonderem Maße von einer chemisch-physikalischen Betrachtung der Natur und einem biomimetischen Ansatz profitiert. Dabei werden Strukturen und Bauprinzipien, welche die Natur im Laufe der Evolution entwickelt hat, in künstliche Systeme und Materialien übertragen. Die Natur beherrscht es perfekt, aus nanometergroßen Bausteinen (Kolloiden) funktionelle Systeme wie Organe oder ganze Lebewesen zu assemblieren. Diese Möglichkeiten der Selbstaggregation spielen heute in der Chemie eine wesentliche Rolle und erlauben die direkte Synthese von komplexen, oft organisch-anorganischen Hybridsystemen mit interessanten physikalischen Eigenschaften. Auf diese Weise können Materialien hergestellt werden, die sich nicht nur selbst assemblieren, sondern sich auch an äußere Einflüsse anpassen oder nach einer Beschädigung heilen können. Die Eigenschaften solcher hierarchisch aufgebauten Materialien sind nur schwer zu untersuchen und noch schwerer vorherzusagen. Die Kolloid- und Grenzflächenforschung befasst sich daher auch mit der Physik von hierarchischen Materialien. Spezielle Messtechniken sind in diesem Bereich erforderlich, die es

erlauben, Strukturen und – vor allem – Struktur-Funktions-Beziehungen über einen weiten Größenbereich von den kolloidalen Bausteinen bis zu makroskopischen Dimensionen zu erforschen. Schließlich ist Bewegung eine besondere Eigenschaft der belebten Natur, die in der Erforschung von aktiven Materialien oder molekularen Motoren ihre Entsprechung findet.

Folgerichtig hat sich die Forschung an biomimetischen Systemen zu einer zentralen Aktivität des Potsdamer Max-Planck-Instituts für Kolloid- und Grenzflächenforschung entwickelt. Das Institut besteht aus vier Abteilungen, die diese Thematiken aus verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen heraus ansprechen. Die Forschung an Kolloiden und Grenzflächen umfasst die chemische Synthese und Analyse, die physikalische Beschreibung von Struktur, Eigenschaften und deren Beziehung, und die theoretische Modellbildung. Eine Verstärkung in Richtung biomolekularer Systeme wird diskutiert.

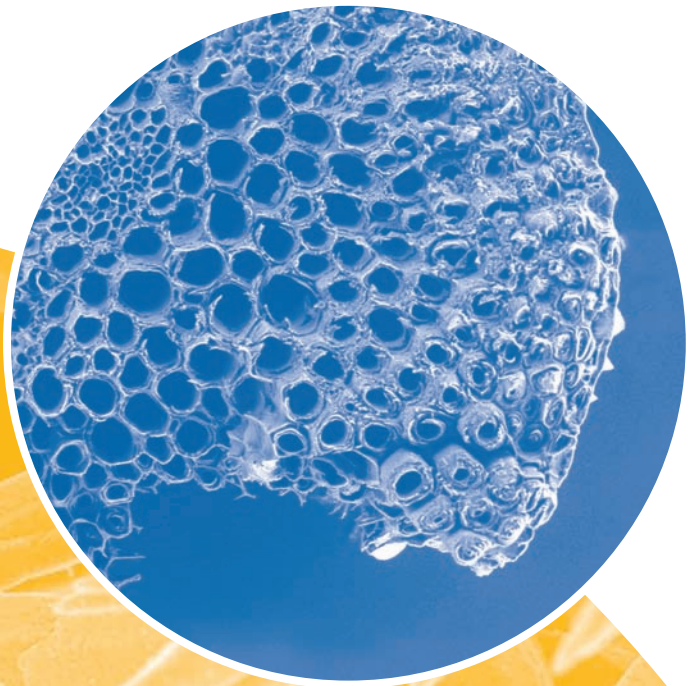
Auf Grund des interdisziplinären Forschungsgebietes ist der Personalstand des Instituts in mehrerer Hinsicht bunt. Zunächst betrifft das die wissenschaftliche Grundausbildung der Forschenden. Diese reicht von Chemie, Physik, Mathematik, Materialwissenschaft bis zur Biologie, Biochemie und sogar Medizin. Bunt ist auch die Herkunft der WissenschaftlerInnen, die je zu einem Drittel aus Deutschland, aus Europa und aus anderen Kontinenten stammen. Trotz dieser internationalen Ausrichtung ist das Institut sehr stark mit allen großen Universitäten in Potsdam und Berlin verbunden. Das drückt sich durch regelmäßige Lehrtätigkeit der Institutsmitarbeiter aus, aber auch durch eine Vielzahl von gemeinsamen Forschungsprojekten, zum Beispiel in Sonderforschungsbereichen oder EU-Netzwerken. Gemeinsam mit der Universität Potsdam und der Humboldt Universität zu Berlin betreibt das Institut die Internationale Max Planck Research School on Biomimetic Systems.



Die Forschungstätigkeit des Instituts ist grundlagenorientiert, aber dennoch anwendungsnah. Es gibt zusätzlich zu den Publikationen auch Anknüpfungspunkte und gemeinsame Projekte mit der Industrie, zum Beispiel in den Bereichen Chemie, Werkstoffe, Pharma oder Medizin. Dieses Buch enthält eine Vielzahl von Beispielen interessanter und wichtiger Forschungsergebnisse, berichtet jeweils auf zwei Seiten von den Forschern und Forscherinnen selbst. Mein herzlicher Dank gilt Ihnen und den Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen in den technischen Bereichen und der Verwaltung, die gemeinsam diese Erfolge möglich gemacht haben.

In vielen der in diesem Buch besprochenen Forschungsthemen nimmt das Max-Planck-Institut eine bedeutende, oft sogar führende Stellung ein. Das wichtigste aber ist die Freude an der Forschung selbst. Erst diese Freude führt dazu, dass neue Themen mit Begeisterung aufgegriffen, Kooperationen quer über alle Fachgebiete konstruiert und echte Durchbrüche erzielt werden. Ich hoffe, dass Sie diese Begeisterung an manchen Stellen dieses Buches spüren und dass sich unsere Freude an der Kolloid- und Grenzflächenforschung auch auf Sie überträgt.

Peter Fratzl  
Geschäftsführender Direktor 2005-2006



## Preface

Colloids are particles or droplets in the size range below a thousandth of a millimetre. Particles of this size can not be seen without microscope, but they are omnipresent in the world around us. Practically all natural tissues in plants or animals are based on colloidal structures. Colloids are also found in paints, crèmes, food or drugs. Many of these tiny particles have to be assembled to obtain a visible object. As a consequence, colloidal structures and materials contain a large amount of internal surface area between those particles. Therefore, research on colloids can not be separated from research on interfaces. Given the typical dimension of colloids in the range between nanometres and micrometres, colloid and interface science is also an important branch of the nanosciences.

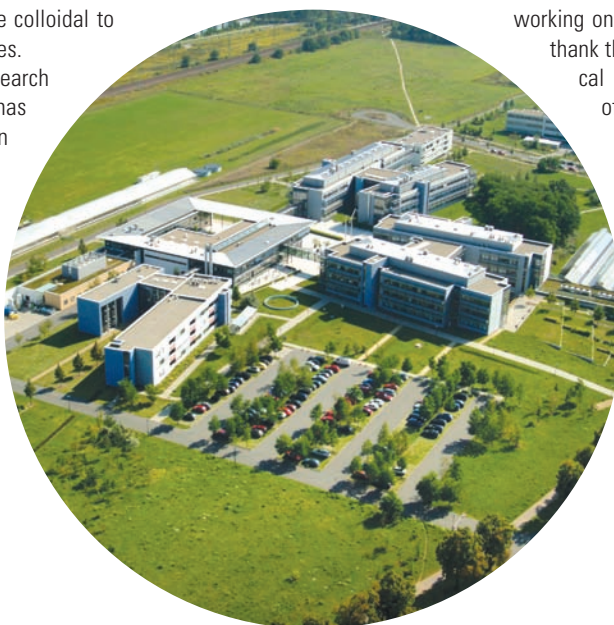
Colloid- and interface science particularly profits from a biomimetic approach, where natural tissues are studied with the methods of chemistry and physics. Indeed, most functional natural systems, such as organs or whole organisms are assembled from nanometer sized building blocks. The goal of biomimetic research is to find out how nature has optimized biological structures during evolution and to use these principles to design new artificial biomimetic materials and systems. Self-assembly is one of these biomimetic principles and plays an important role in the chemical synthesis of complex molecular systems or hybrid materials with interesting physical properties. Using other approaches, the synthesis of materials with adaptive or even self-healing properties becomes conceivable. Controlled movement and motility are special properties of natural materials, and biomimetic research includes the study of active materials or molecular motors. Finally, complex materials with hierarchical structure require special methods of investigation which are able to characterise structure-function relations from the colloidal to the macroscopic size ranges.

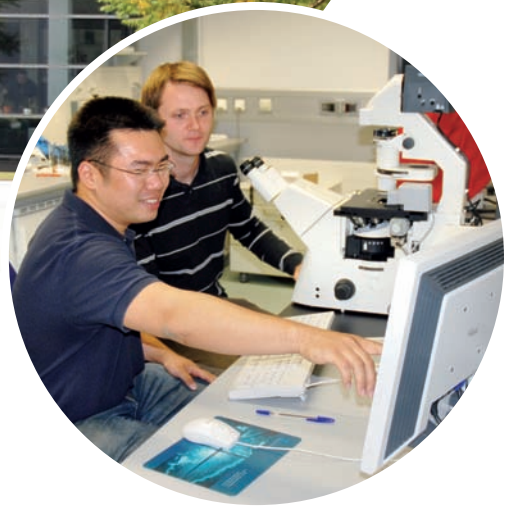
As a consequence, research on biomimetic systems has become a central activity in the Max Planck Institute in Potsdam. The Insti-

tute has currently four Departments who address this topic as well as other subjects in colloids and interfaces from the viewpoint of different disciplines. Research covers chemical synthesis and analysis, physical description of structure, properties and their relationships, as well as theoretical modelling. A strengthening of the Institute in the direction of biomolecular systems is currently under discussion.

Due to the interdisciplinarity of the research fields, the scientists in the Institute have quite different scientific backgrounds. Their basic training reaches from Chemistry, Physics, Mathematics and Materials Sciences to Biology, Biochemistry and even Medicine. The origin of the scientists is also quite varied. About one third are from Germany, another third from Europe (excluding Germany) and the last third from the rest of the world, with a strong community from Asia, in particular China and India. Despite its international orientation, the Max Planck Institute of Colloids and Interfaces is closely tied to the major Universities in Potsdam and Berlin. This is expressed in particular by continued teaching activities by members of the MPI, but also by a number of joined scientific projects, for example in the framework of EU-Projects or collaborative research centres financed by the German Science Foundation (DFG). The International Max Planck Research School on Biomimetic Systems, a graduate program, is run together with Potsdam University and Humboldt University Berlin.

The Institute is devoted to basic research but the topics are often close to possible applications. Therefore, in addition to publications in peer-reviewed journals, there are also contacts to and joint projects with industry, for example with chemical, materials or pharmaceutical industry. This book contains many examples of exciting and important research results reported by the scientists working on these topics. I would like to thank them as well as all the technical and administrative members of the Institute who made this success possible in a continuous joint effort.





The Max Planck Institute of Colloids and Interfaces holds an important and sometimes leading position in some of the research topics covered by this book. The most important, however, is the pleasure associated with our scientific work. Only this enthusiasm makes it possible to pick up new exciting topics, build cooperations across disciplines and reach ground breaking results. I hope that you will feel this enthusiasm in reading the book and that we are able to convey to you some of our pleasure on working in colloid and interface science.

Peter Fratzl  
Managing Director 2005-2006



# Das Institut in Zahlen

## I. Personal

**Abb.1** zeigt deutlich, dass sich die Mitarbeiterzahl des Instituts einer Höchstgrenze von 270 genähert hat. Die Zahl wird einerseits durch den vorhandenen Platz beschränkt, der ca. 4000 m<sup>2</sup> beträgt und andererseits durch die Zahl der Planstellen. Die insgesamt vierzig angestellten Wissenschaftler können zudem nicht mehr als derzeit 150 Studenten und Postdocs ausbilden. Aber auch die siebzig Mitarbeiter in Verwaltung und Technik sind an der Grenze der personellen Auslastung.

**Abb.2** demonstriert den stetigen Zuwachs an Doktoranden seit 2001. Das Jahr 2001 korrespondiert gleichzeitig mit einer sehr geringen Zahl an Diplomarbeiten in den Fächern Physik und Chemie in Deutschland. Der Anstieg der deutschen Studentenzahlen seitdem wird deutlich in der hier gezeigten Graphik. Die Zahl der ausländischen Studenten stieg ebenso aufgrund von speziellen europäischen Förderprogrammen.

**Abb.3** Der Anteil der ausländischen Studenten und Postdocs am Institut beträgt konstant um 70%. Mehr als 50% der angestellten Wissenschaftler sind aus Westeuropa, 20% jeweils aus Osteuropa und China und 10% aus Indien. Diese Zahlen zeigen, dass das Institut sehr international ausgerichtet ist und viele junge Wissenschaftler aus der ganzen Welt ausbildet.

## Etat

Der Gesamtetat hat sich mit der Erweiterung des Instituts durch die Abteilung Biomaterialien im Jahr 2003 weiter erhöht. Die Förderung durch Drittmittel betrug mit einigen Schwankungen in den letzten Jahren 2 Mio. EUR (siehe **Abb. 4**). Der hohe Anteil von DFG-Mitteln resultiert aus der Finanzierung von zwei Nachwuchsgruppen (Emmy Noether), die relativ hohe nichtöffentliche Förderung in den Jahren 2002/2003 aus den Preisgeldern für eine weitere Nachwuchsgruppe (Sofia Kovaleskaya). Darüber hinaus lassen sich folgende Trends feststellen (**Abb. 5**):

Abb.1

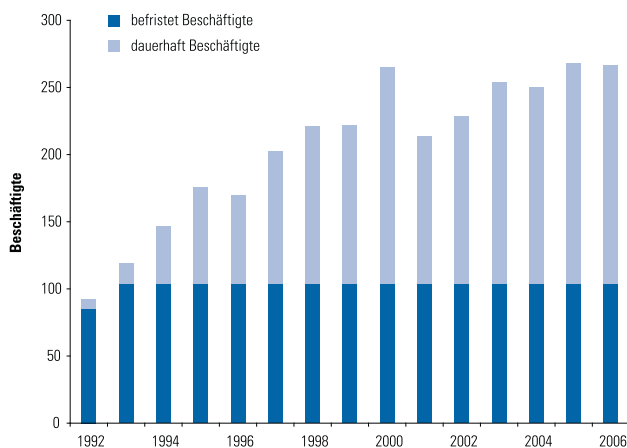


Abb.3

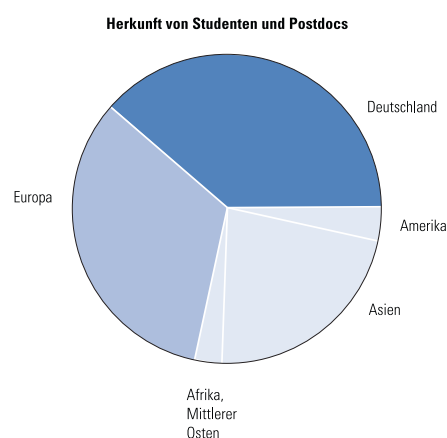
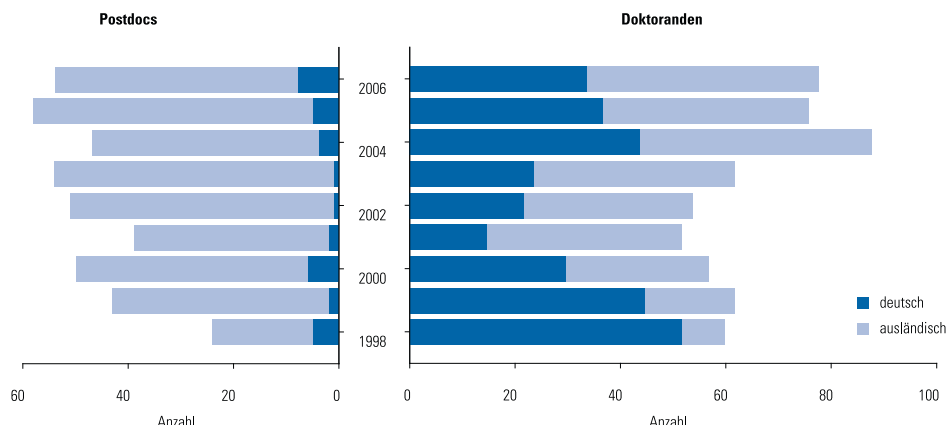


Abb.2



- Die direkte Förderung durch das Ministerium für Bildung und Forschung (BMBF) ist auf einen unerheblichen Betrag zusammengeschrumpft. Aufgrund neuer Richtlinien werden Max-Planck-Forscher jetzt von den regulären Programmen ausgeschlossen.
- Darüber hinaus werden viele Wissenschaftler auch aus dem DFG-Normalverfahren ausgenommen. Dies konnte durch stärkere Beteiligung an Schwerpunkten und Sonderforschungsbereichen kompensiert werden.
- Die Beschränkungen auf der nationalen Ebene werden größtenteils durch eine starke Mitwirkung in EU-Programmen ausgeglichen. Diese Tendenz wird sich weiter fortsetzen.
- Die Industrieförderung beträgt ca. 15% der Drittmittel und entspricht der grundlagenorientierten Ausrichtung des Instituts.

### Wissenschaftliche Ergebnisse und deren Einfluss

Die Qualität von wissenschaftlicher Arbeit lässt sich nur schwer messen. Dennoch zeigt **Abb. 6** als vorsichtige, quantitative Schätzung, dass die Anzahl von Publikationen in so genannten ISI Journals stetig auf jährlich 250-300 angestiegen ist. Die Zahl der Zitierungen hat mittlerweile sogar 9000 pro Jahr überschritten. Damit kann sich das Institut mit deutlich älteren und größeren Instituten messen. Der wissenschaftliche Einfluss wird auch in dem aktuellen Ranking der Humboldt-Stiftung deutlich. Ausgewertet werden die Entscheidungen ausländischer Spitzenwissenschaftler, die mit einem Stipendium oder einem Preis der Alexander von Humboldt-Stiftung ihren Arbeitsplatz an einer deutschen Forschungsinstitution frei wählen können. Darin belegt das Institut den zweiten Platz innerhalb der Max-Planck-Gesellschaft.

Abb.4

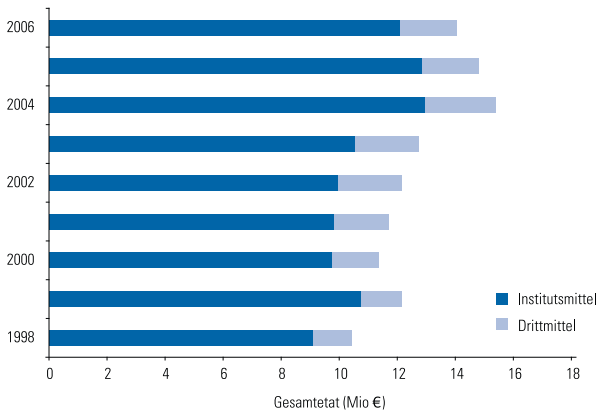


Abb.6 a

Veröffentlichungen pro Jahr

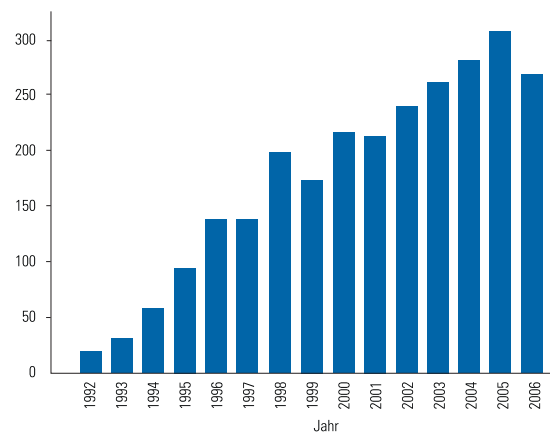


Abb.5

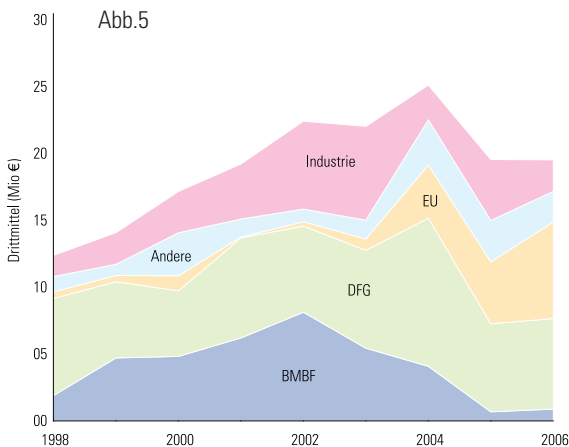
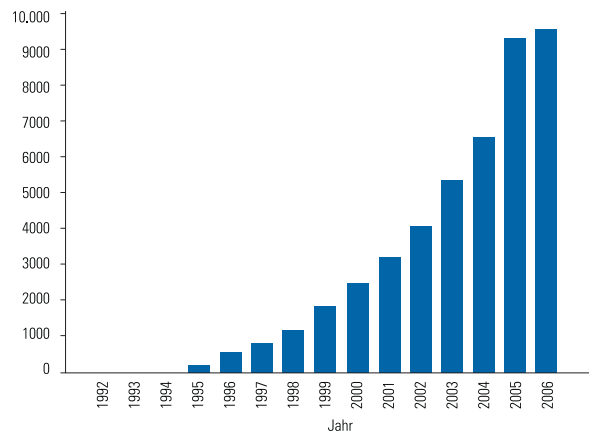


Abb.6 b

Zitierungen pro Jahr



# The Institute in Numbers

## I. Personnel

**Fig. 1** shows that the number of employees in the institute has reached a saturation near 270. This is on one hand limited by the space which amounts to about 4000m<sup>2</sup> on the other hand by the staff. The 40 staff scientists cannot train more than the present 150 students and postdocs, and also the 70 administrative and technical personnel are at the limits of capacity.

**Fig. 2** demonstrates a steady increase of the number of PhD students since 2001. This year corresponded to a minimum number of diploma in physics and chemistry in Germany, and the recovery since then is reflected in the number of German students. The number of foreign students now increases due to specific European programmes.

**Fig.3** The fraction of foreign students and postdocs is steadily around 70% but also more than 50% of the staff scientists are from Western Europe, 20% each from Eastern Europe and China, respectively, 10% from India. These numbers altogether show that the institute is truly international and that it trains many young scientists.

## II. Budget

Whereas the overall budget has seen an increase since the extension by the Biomaterials department in 2003, the funding has remained steadily around 2 Mio Euro with some fluctuations between years and funding sources as sketched below (**Fig. 4**). The specially high total DFG funding in 2005 was due to the budgeting of two junior research groups (Emmy Noether) and the specially high non-public funding in 2002/2003 was due to a special award for a junior group (Sofia Kovaleskaya) counted then. Beyond these the special trends are the following: (**Fig. 5**)

Fig.1

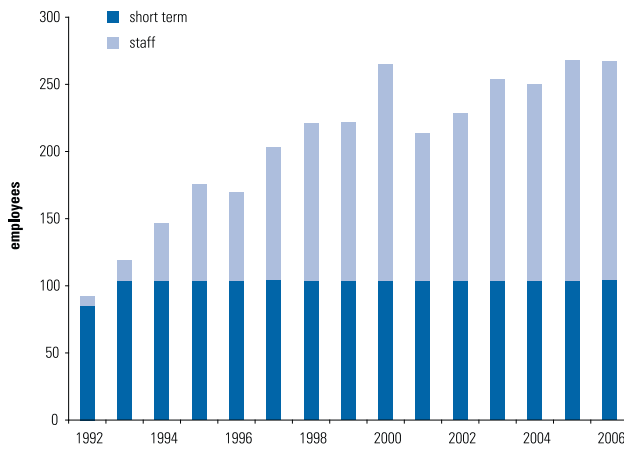


Fig.3

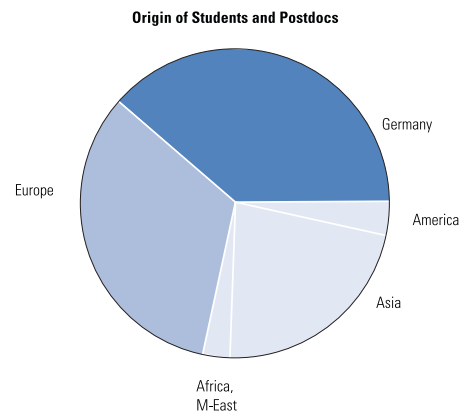
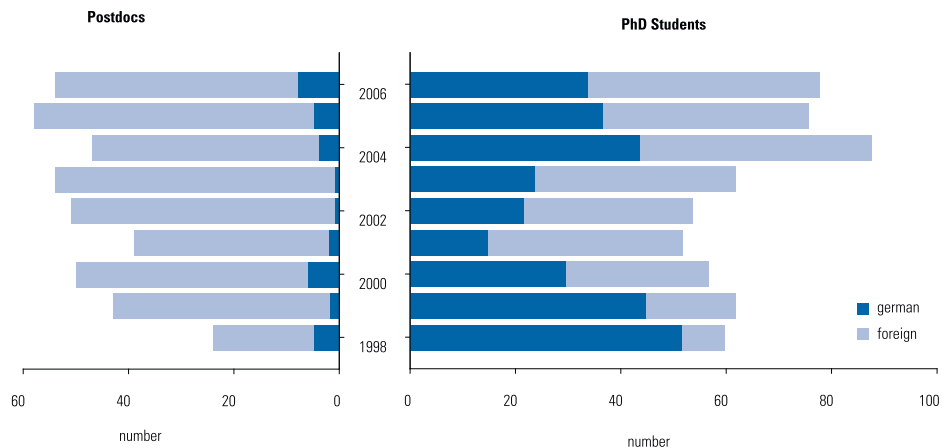


Fig.2



- The funding by the Ministry of Research and Technology (BMBF) has decayed to a nearly negligible amount. This has been politically enforced by new rules of the government excluding Max-Planck researchers from their regular programmes.
- Moreover, many of our researchers have been excluded from the regular DFG programmes. It could partly be compensated by stronger participation in priority programmes.
- The limitations on the national level could largely be overcome by a stronger involvement in EU-programmes, and this tendency will continue.
- The industry support amounts to around 15% of the funding. This is in accordance with the basic science mission of the institute.

### III. Scientific Output and Impact

Obviously the quality of work is difficult to measure. As a quantitative estimate **Fig. 6** shows that the annual number of publications in ISI journals has steadily increased towards 250-300. The number of citations has meanwhile reached a level above 9000 per year which is comparable to values of much older and larger institutes. This increased impact is also reflected in the recent ranking of the Humboldt foundation, measuring the number of excellent young scientists having selected their host institute in Germany, where we are ranked second among all MPI's.

Fig.4

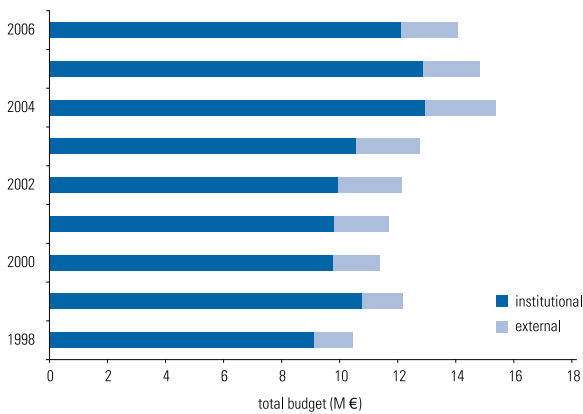


Fig.6 a

Published Items in Each Year

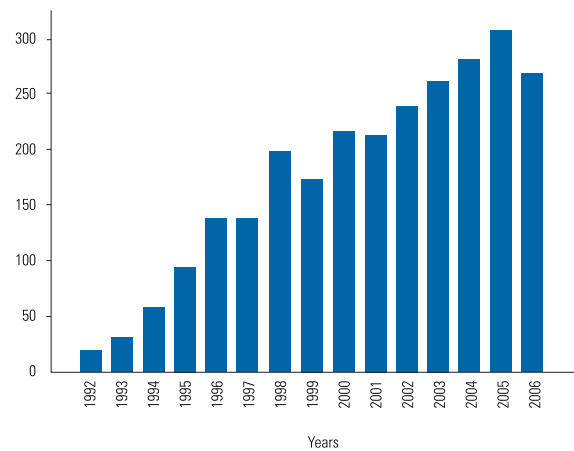


Fig.5

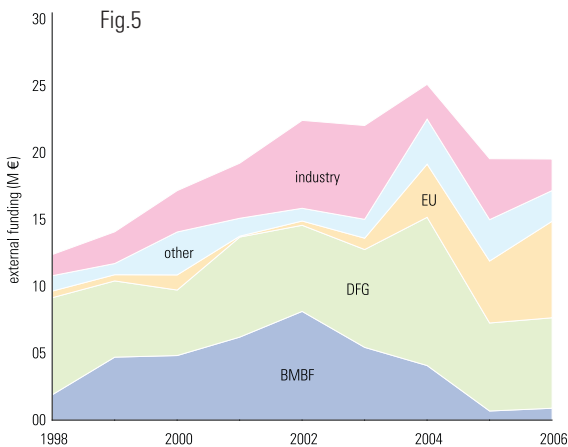
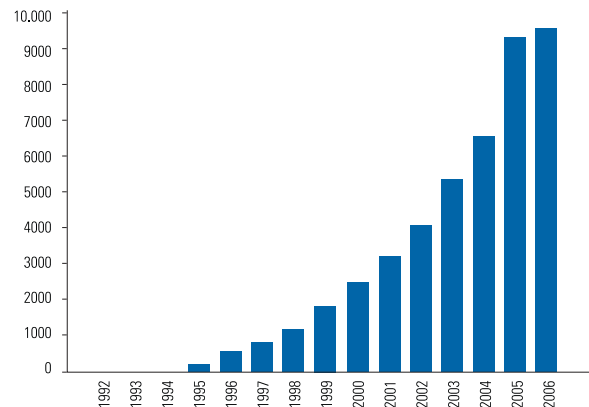


Fig.6 b

Citations in Each Year



# Das Forschungsprogramm des Max-Planck-Instituts für Kolloid- und Grenzflächenforschung (MPIKG)

Die Kolloid- und Grenzflächenforschung befasst sich mit den Strukturen, die zwischen den Größenbereichen „Nano“ und „Mikro“ liegen und daher auch als Welt der versteckten Dimensionen bezeichnet werden. Darüber hinaus ist sie in der Lage, die Brücke zwischen Molekülen und biomimetischen Materialien oder biologischen Geweben zu schlagen. Wie in **Abbildung 1** zu sehen, sind zwei grundlegende Aspekte besonders bedeutend für die Forschung. Zum einen ermöglicht das Verständnis der strukturellen und dynamischen Hierarchien, kolloidale Strukturen mit größeren Einheiten zu verknüpfen. Zum anderen stellt die Aufklärung der generellen Mechanismen und Prinzipien, die auf biomimetische und biologische Systeme gleichermaßen angewendet werden können, einen einheitlichen, konzeptuellen Rahmen dar.

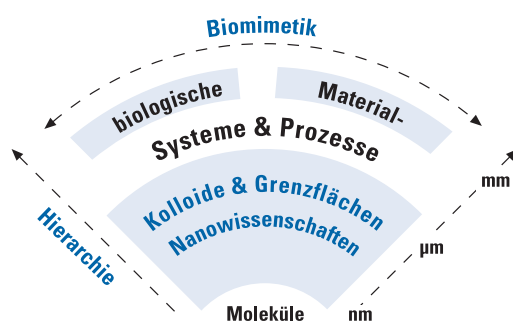


Abb. 1: Die Forschung am MPIKG beschäftigt sich mit Strukturen und Prozessen, die zwischen dem Nano- und Mikrometerbereich liegen, d.h. mit dem traditionellen Bereich der Kolloid- und Grenzflächenforschung, der viele Ebenen, angefangen von Molekülen bis hin zu biomimetischen Materialien und biologischen Geweben abdeckt.

Die Forschung am MPI für Kolloid- und Grenzflächenforschung basiert auf der Fachkenntnis von vier Abteilungen, die ein breites Spektrum an Methoden und Werkzeugen auf chemische Synthese, neue Materialien, physikalische Charakterisierung und theoretische Modellierung anwenden.

Die vielfältige Funktionsweise biomimetischer und biologischer Systeme hängt größtenteils von Struktur und Dynamik der Kolloide und Grenzflächen auf submikroskopischer Ebene ab. So können eine relativ kleine Menge von 20 Aminosäuren und vier Nukleotiden eine Vielzahl biologischer Polymere, Proteine und DNA mit nanometergroßen Strukturen ausbilden. Diese werden dann zu Filamenten, Membranen, Ribosomen und verschiedenen Biokolloiden zusammengebaut, die sogar Mineralien enthalten können. Diese Strukturen bilden die Grundlage der extrazellulären Matrix und der Zellen selbst und sind wesentlich für jeden lebenden

Organismus. Der Schritt vom biologischen Polymer zur lebenden Zelle läuft im Nanometer- und Mikrometerbereich ab und ist entscheidend für die Funktionalität eines jeden Organismus'. In Analogie dazu hängen die Funktionalität von biomimetischen Materialien und deren mechanische, optische oder magnetische Eigenschaften in hohem Maße von den Strukturen ab, die auf der Nano- bis Mikrometerskala erzeugt werden.

## Kolloide und Grenzflächen

Die aktuelle Forschung am Institut konzentriert sich auf die Synthese, den Aufbau und die Analyse von natürlichen und künstlichen Mehrkomponenten-Systemen. Der fachübergreifende Ansatz, der Physik, Chemie, Materialwissenschaften und Biowissenschaften umfasst, setzt sich aus folgenden Aktivitäten zusammen: Studium von Struktur- bzw. Funktionsbeziehungen in hierarchischen biologischen Materialien; Synthese und Aufbau von experimentellen Modellsystemen; Experimentelle Systemcharakterisierung; Entwicklung und Analyse von theoretischen Modellen.

Die Interaktion von Experiment und Theorie ist notwendig, um ein tieferes Verständnis kolloidaler Ordnung zu erlangen. Diese Erkenntnisse werden für die Verbesserung des Systemdesigns, die Leistungsoptimierung und die Erhöhung der Zuverlässigkeit eingesetzt. Auf diese Weise wird unsere Forschung die künftige Technologie und im Zuge des besseren Verständnisses biologischer Systeme auch die biomedizinischen Wissenschaften maßgeblich beeinflussen. So sind z.B. kolloidale Wirkstoff-Transportsysteme oder Veränderungen des Knochenmaterials aufgrund von Krankheit oder medizinischer Behandlung denkbar.

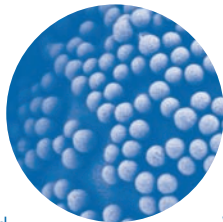
Die Synthese von funktionalen kristallinen oxidischen Nanopartikeln und neuen Kohlenstoffformen ist eine Spezialität des Instituts. Diese wird realisiert mit Hilfe von nichtwässrigen Sol-Gelrouten sowie hydrothermalen und bei hohen Temperaturen durchgeführten Karbonisierungen. Die dabei entstehenden Partikel bilden die Basis für neue Sensoren oder funktionale Beschichtungen und können direkt bei der Chromatographie, der Katalyse oder als aktive Füllstoffe in hybriden Materialien eingesetzt werden.

Für die Polymersynthese in Nanopartikeln werden neue Techniken der Heterophasen-Polymerisation erforscht. Umweltfreundliche werden hier mit neuen synthetischen Möglichkeiten verknüpft, so z.B. für die Verkapselung von nanometergroßen Strukturen, die Hybridisierung oder die Grenzflächen gesteuerte Synthese.



Für Wissenschaft und Anwendung ist neben weichen und harten Strukturen die kontrollierte Generierung von nanoskopischen Porengrößen für die Erzeugung von Bulk-Materialien und Filmen bedeutsam. Für die Bildung geeigneter Architekturen und Porengrößen in kristallinen Materialien werden daher Prozessvorlagen entwickelt. Solche Systeme werden voraussichtlich Elektroden, sensorische Beschichtungen, photovoltaische Zellen und elektrochrome Schichten in naher Zukunft verbessern.

Die Forschung an Grenzflächen ist einerseits dadurch motiviert, dass zahlreiche Interaktionen und Eigenschaften kolloidaler Systeme durch die hohe spezifische Oberfläche bestimmt werden. Andererseits ist das Verhalten von Materie nahe Grenzflächen an sich wissenschaftlich bedeutsam und relevant. Zentrales Thema ist die Dynamik des Austauschs von Materie zwischen Grenzfläche, Masse und begleitenden Veränderungen. Dies ist entscheidend für Makromoleküle, die Struktur von Wasser und Hydrathüllen nahe Oberflächen, die Erkennung und Enzymkatalyse sowie die Kristallisation an Oberflächen. Synthetische Methoden wurden für die Manipulation von Partikeloberflächen entwickelt, die ihre Oberflächenaktivität und Biofunktionalität verändern. Sie wurden zudem auch als Bausteine für supramolekulare Strukturen und Mikro- und Nanocontainer benutzt. Darüber hinaus konnten Methoden der supramolekularen Chemie erweitert werden, um funktionale Filme, reaktive Kapseln und sich selbst reparierende Beschichtungen zu erzeugen.



### Hierarchische Strukturen

Generell gibt es zwei verschiedene Wege, mit denen man kolloidale Strukturen erzeugen und die Lücke zwischen Molekülen und Materialien oder Bauteilen schließen kann: Bottom-up und Top-down Zugänge. Die Bottom-up Methode beinhaltet Polymerisation, Selbstorganisation sowie Partikelbildung und -wachstum, die Top-down Methode hingegen Dispersion, Druck, Lithographie und Modellbildung. Beide Zugänge finden am Institut ihre Anwendung. So werden viele Methoden der Polymersynthese auf die Bildung komplexer Materialien angewandt. Diese können einerseits vollständig organisch sein wie z.B. Blockkopolymere, wobei ein Baustein hydrophob, der andere hydrophil ist. Andererseits



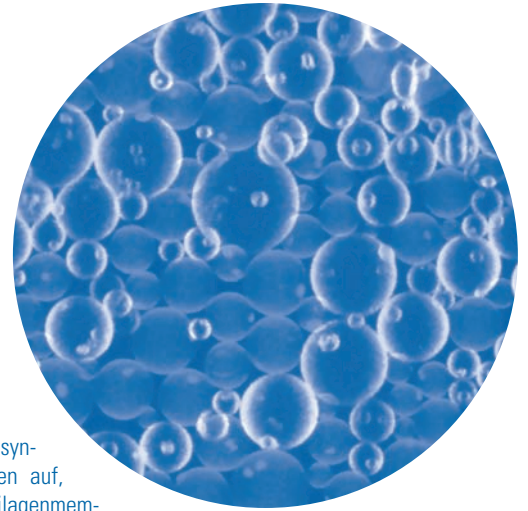
können Polymere auch benutzt werden, um die Morphologie wachsender Partikel und Mineralien so zu verändern, dass organisch-anorganische Hybride entstehen.

Amphiphile Blockkopolymere weisen synthetische Analogien zu Lipidmolekülen auf, die in der Natur für die Bildung von Bilagenmembranen, Vesikeln und komplexeren räumlicheren Anordnungen verwendet werden. Vesikelmembranen können eine lineare Größe zwischen 30 Nanometern und 100 Mikrometern aufweisen. Als Konsequenz daraus variiert der Bereich von intramembranen Domänen über neun Größenordnungen zwischen kleinen Clustern von Lipidmolekülen und tausendstel Quadratmikrometern Membransegmenten.

Die Anordnung von supramolekularen Strukturen wird von schwachen Wechselwirkungen (van der Waals Kräfte) oder entropisch induzierten Interaktionen (z.B. hydrophober Effekt) gesteuert. Die starke Abhängigkeit dieser Kräfte von umgebenden Parametern führt hin zu reaktiven und selbstheilenden Systemen.

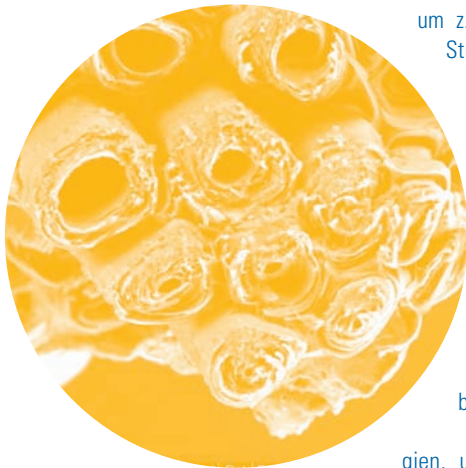
Membranen und andere Grenzflächen können durch extra hinzugefügte Moleküle und Partikel funktionalisiert werden. Am MPIKG wurde eine überaus effektive Methode für die Bildung von eher komplexen Grenzflächenstrukturen entwickelt, die auf der nacheinander folgenden Ablagerung von negativ und positiv geladenen Polyelektrolyten basiert.

Darüber hinaus wird am Institut ein großes Spektrum an experimentellen Methoden genutzt, um Struktur und Dynamik von Kolloiden und Grenzflächen zu charakterisieren. Zudem werden verschiedene Methoden der chemischen Analyse verwendet. Eine entscheidende Herausforderung bildet die simultane Bestimmung von Mikro- und Nanometer großen Strukturen in hierarchischen Materialien. Spezielle, kombinierte Zugänge, die auf Scanning Probe Methoden basieren und Elektronen, Photonen und mechanische Spitzen benutzen, wurden ebenfalls am MPIKG entwickelt. Detaillierte Informationen erhalten Sie in den einzelnen Berichten der experimentellen Gruppen.



### Biomimetische Systeme

Biomimetische Forschung erstreckt sich von den lebenden Systemen zu den Materialien und umgekehrt (siehe **Abb. 1**): aus der Analyse der Struktur- und Funktionsbeziehungen in den Zellen und der extrazellulären Matrix ergeben sich vom physiko-chemischen Standpunkt aus notwendige Informationen für den Aufbau von biomimetischen Systemen. Künstliche biomimetische Systeme werden entwickelt, um z.B. technische Probleme mit Hilfe von Strategien für neue Materialien oder technische Geräte zu beheben. Aber sie können auch als Modellsysteme das Verständnis für die natürlichen Vorbilder verbessern, da diese meist zu komplex sind, um mit physikalischen Experimenten oder theoretischen Methoden untersucht zu werden. Dies führt zu einem direkten Einfluss auf die Biomedizin (neue Wirkstoffträger und Behandlungsstrategien) und besseren Methoden für neue biomimetische Systeme.



Derzeit gibt es verschiedene Strategien, um biomimetische Systeme zu bilden. Erstens imitiert man die Bauprinzipien der Natur, vereinfacht jedoch ihre chemische Zusammensetzung. Beispiele sind Homopolymere, die nur aus einem Typ von Monomer aufgebaut sind oder Doppelschicht-Membranen, die aus nur einer Lipidsorte bestehen. Zweitens begrenzt man sich auf bestimmte biologische Subsysteme, die nur eine kleine Anzahl von Komponenten enthalten. Und drittens bildet man hybride Systeme, die eine Kombination von natürlichen und synthetischen Bestandteilen enthalten.

Biologische Systeme bestehen aus einer Hierarchie von Komponenten und Baugerüsten. Auf der kolloidalen Ebene treffen verschiedene Kompartimente aufeinander, die durch geschlossene Membranen und unterschiedliche Gerüste gebildet und durch vernetzte Filamente aufgebaut werden. Hauptfunktion der Membrankompartimente ist, den Raum in einzelne Bereiche zu teilen und den selektiven Transport zwischen den Kompartimenten zu ermöglichen. Die primäre Aufgabe der Filamentgerüste ist die Umstrukturierung der Kompartimente und die Neuorganisation der räumlichen Anordnung.

Die Forschung am MPIKG beinhaltet auch das Studium von natürlichen Materialien (Pflanzenzellwände, Bindegewebe, Knochen) sowie derer Eigenschaften und Fähigkeit zu

heilen und sich an wechselnde Umgebungsbedingungen anzupassen. Die Arbeit an biomimetischen Systemen schließt den Aufbau und das Studium verschiedener Kompartimente mit ein: Tröpfchen in Mikro- und Miniemulsionen, Vesikel, aus Lipiden oder polymeren Doppelschichten an Polyelektrolyt-Multilagengebundene Kapseln. In diesen Kompartimenten kann man physikalische und chemische Prozesse der Strukturbildung und Selbst-Organisation durchführen. Sowohl der Top-down als auch der Bottom-up Zugang werden bei der theoretischen Beschreibung von biologischen und biomimetischen Systemen eingesetzt. Ersterer basiert auf der Thermodynamik von Grenzflächen und Membranen. Letzterer beginnt bei grob strukturierten Monomer-Modellen und deren Interaktionen, die mit einer Vielzahl von theoretischen Methoden aus der statistischen Physik untersucht werden.

Ein langfristiges Ziel ist es, multifunktionale Biomaterialien zu verstehen, die auf der Tatsache basieren, dass biomimetische Systeme (z.B. synthetische Polymere) mit biologischen Systemen interagieren können (z.B. Bindung an einen Zellrezeptor). Für die räumliche Anordnung von Zellen in Gewebe werden dabei synthetische Gerüste benutzt. Nützlich wäre es, diese verschiedenen Ebenen in neue multifunktionale Biomaterialien zu integrieren, die hierarchisch aufgebaut sind und mit denen man die verschiedenen strukturellen Ebenen biologischer Systeme separat oder simultan adressieren kann.

Ein weiteres sich abzeichnendes Thema sind aktive biomimetische Systeme: Die Vielseitigkeit von biologischen Systemen ist eng mit der Tatsache verbunden, dass sie aktiv sind, sich neu organisieren können und so die räumliche Struktur auf der Nano- und Mikrometerskala ausbilden. Diese Fähigkeit basiert auf aktiven Nanostrukturen wie z.B. Filament-Monomeren und molekularen Motoren, die exergone chemische Reaktionen katalysieren. Es ist möglich, diese Prozesse mit Hilfe von biomimetischen Modellsystemen nachzubilden und systematisch zu studieren.

Die Aktivitäten über biomimetische Systeme und die Ausbildung von jungen Forschern auf diesem Gebiet werden durch die vom Institut ins Leben gerufene Internationale Max-Planck Research School on „Biomimetic Systems“, die jetzt vom Marie-Curie Early Stage Training Netzwerk komplettiert wird, entscheidend gestärkt und unterstützt. Weitere Informationen über die Graduiertenprogramme finden Sie auf den folgenden Seiten.

Markus Antonietti, Peter Fratzl,  
Reinhard Lipowsky, Helmuth Möhwald

# The Research Program of the Max Planck Institute of Colloids and Interfaces (MPIKG)

Colloid and interface science focuses on the intermediate size range between “nano” and “micro” – some-times called the twilight zone or the world of hidden dimensions – and bridges the gap between molecules and biomimetic materials or biological tissues. As shown in **Fig. 1**, two aspects are particularly important in this type of research. The first is the understanding of structural and dynamical hierarchies in order to connect the nanoregime with much larger scales. The second aspect is the elucidation of basic mechanisms and general principles that apply both to biomimetic and to biological systems and, thus, provide a unified conceptual framework for both types of systems.

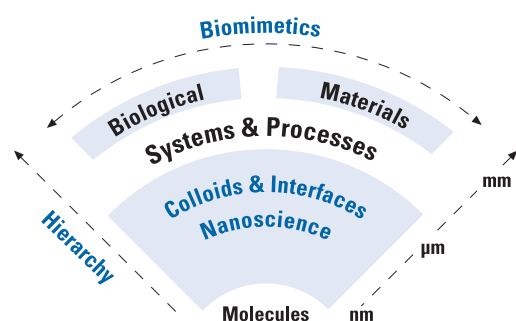


Fig. 1: Research in the MPIKG focuses on structures and processes in the size range between nano and micro, the traditional domain of colloid and interface science, covering many levels from molecules to biomimetic materials and biological tissues.

The versatile functionality of biomimetic and biological systems depends primarily on the structure and dynamics of colloids and interfaces in the nanoregime. For example, the relatively small number of 20 amino acids and 4 nucleotides form a multitude of biological polymers, proteins and DNA, with sizes in the nanometer range. They are further assembled into filaments, membranes, ribosomes and various biocolloids which may contain mineral elements as well. These are the building blocks of the extracellular matrix and of the cells themselves, which form the basis of any living organism. This step from biopolymers to living cells covers the range from a few nanometers to many micrometers and is obviously crucial in constructing the complex architecture of organisms. In an analogous manner, the functionality of biomimetic materials and their mechanical, optical or magnetic properties depend to a large extent on the structures developed in the size range between nano- and micrometers.

## Colloids and Interfaces

Current research at the MPIKG focuses on complex, multi-component systems, both natural and artificial. This research, which lies at the borderline of physics, chemistry, materials science and bioscience, includes the following activities: Study of structure/function relationships in hierarchical biological materials; Synthesis and construction of experimental model systems; Experimental characterization of these systems; Construction and analysis of theoretical models.

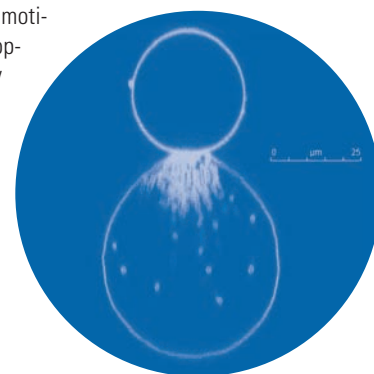
This interplay between experiment and theory is necessary in order to gain a deeper understanding of colloidal and interfacial systems. This understanding can then be used in order to improve the design of these systems, to optimize their performance, and to increase their reliability. In this sense, research at the MPIKG has a direct impact on tomorrow's technology. Insofar as the understanding of the biological systems themselves is improved, an impact on the biomedical sciences can also be foreseen. Examples include the construction of drug-delivery systems based on colloidal structures or the small-scale characterization of changes in bone material arising from disease or medical treatment.

One synthetic specialty of the institute is the synthesis of functional crystalline oxidic nanoparticles and new types of carbon by non-aqueous solgel routes, hydrothermal and high temperature carbonization pathways. Such particles provide the basis for new sensors or functional coatings, and can be directly applied in chromatography, catalysis, or as active fillers in hybrid materials.

For polymer synthesis in nanoparticles, new techniques of heterophase polymerization are explored. Here, environmental friendliness is combined with new synthetic possibilities, for instance for nanoscale encapsulation, hybridization, or interface driven synthesis.

In addition to soft and hard structures, the controlled generation of nanoscopic pore channel systems into bulk materials and films is of great scientific and application interest. Here, template procedures are developed and applied to design the architecture and the size of pores in crystalline materials in a rational fashion. Such systems will presumably help to make better electrodes, sensing layers, photovoltaic and electrochromic devices in the near future.

Research on interfaces is on the one hand motivated by the fact that many interactions and properties of colloidal systems are determined by their high specific surface. On the other hand the behavior of matter near interfaces in itself



is scientifically most important and relevant. Central topics addressed are the dynamics of exchange of matter between interface and bulk and concomitant changes, especially for macromolecules, the structure of water and hydration shells near surfaces, recognition and enzyme catalysis and crystallization at surfaces. Synthetic methods have been developed to manipulate the surface of particles which changed their interfacial activity as well as suitability for biofunctionalization and for using them as building blocks for supramolecular structures and micro- and nanocontainers. Methods of supramolecular chemistry have been extended to prepare functional films and responsive capsules as well as self-repairing coatings.

### Hierarchical Structures

In general, there are two different routes by which one can construct colloidal structures and bridge the gap between molecules and materials or tissues: Bottom-up and top-down approaches. The bottom-up approaches include polymerization, self-assembly, and particle nucleation and growth. The top-down approaches include dispersing, printing, lithography, and prototyping. Both routes are being pursued at the MPIKG. For example, many methods of polymer synthesis are applied to create complex materials. These materials can be fully organic, such as block copolymers, for which one block is hydrophobic and the other is hydrophilic. Polymers can also be used to change the morphology of growing particles and minerals, leading to organic-inorganic hybrids.

Amphiphilic block co-polymers provide synthetic analogues of lipid molecules which are used by nature to form bilayer membranes, vesicles and more complex spatial compartments. Vesicle membranes can have a linear size between 30 nanometers and 100 micrometers. As a consequence, the area of intramembrane domains can vary over nine orders of magnitude between small clusters of a few lipid molecules and membrane segments of thousands of square micrometers. The assembly of supramolecular structures is governed by



weak interactions such as van der Waals forces or entropically induced interactions such as the hydrophobic effect. The dependence of these forces on environmental parameters leads to responsive and self-healing systems.

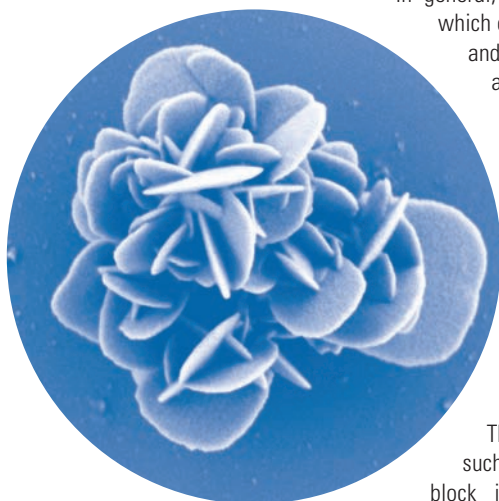
Membranes and other interfaces can be functionalized by decorating them with additional molecules and particles. A powerful method to create rather complex interfacial structures has been developed at the MPIKG, based on the subsequent deposition of negatively and positively charged polyelectrolytes.

A large spectrum of experimental methods is used at the MPIKG in order to characterize the structure and dynamics of colloids and interfaces. In addition, various methods of chemical analysis are applied. A particular challenge represents the simultaneous determination of structures in the micro- and nano-range in a hierarchical material. Special combination approaches based on scanning probe methods utilizing electrons, photons and mechanical tips are being developed in the MPIKG. More details on the various methods are provided in the reports of the experimental groups.

### Biomimetic Systems

Biomimetic research can address both directions of the arrow in **Fig.1**: from the biological systems to the synthetic materials and vice versa. First, the analysis of structure-function relations in cells and extracellular matrix (from a physico-chemical viewpoint) gives the necessary input for building biomimetic systems. Artificial biomimetic systems can then be used to address engineering problems in providing strategies for creating new materials or technical devices. But they can also serve as model systems to improve the understanding of the natural analog, which is usually much too complex to be studied in full detail by physical experiments and, even more, by theoretical modeling. This can have a direct impact in the biomedical field (leading to new drug carriers or treatment strategies, for example) but also lead to improved input for new biomimetic systems.

There are several different strategies by which one can construct biomimetic systems. First, one may imitate the basic construction principle of the biological systems but simplify their chemical composition. This strategy leads to homo-polymers, which consist only of a single type of monomer, or to one-component bilayers, which contain only



a single type of lipid. Secondly, one may focus on certain biological subsystems which contain only a relatively small number of components. Thirdly, one may construct hybrid systems which contain a combination of natural and synthetic components.

Biological systems contain a hierarchy of compartments and scaffolds. On the colloidal level of this hierarchy, one encounters various compartments, formed by closed membranes, and different scaffolds, built up from cross-linked filaments. The main function of membrane compartments is to divide space into separate regions and to enable selective transport between compartments. The main function of filament scaffolds is to reshuffle these compartments and to reorganize their spatial arrangement.

Research at the MPIKG involves the study of natural materials, such as plant cell walls, connective tissue and bone, their properties and their capability to heal and adapt to changing environmental conditions. Work on biomimetic systems includes the construction and study of different types of compartments: droplets in micro- and miniemulsions, vesicles bounded by lipid or polymeric bilayers, and capsules bounded by polyelectrolyte multilayers. In all of these compartments, one can perform physical and chemical processes of structure formation and self-organization. Both the top-down and the bottom-up approaches are used for the theoretical description of biological and biomimetic systems. The first is based on the thermodynamics of interfaces and membranes, the second starts from coarse-grained models for the molecular building blocks and their interactions, which are studied by a wide range of theoretical methods as provided by statistical physics.

A long-term goal is to conceive multifunctional biomaterials, which are based on the fact that biomimetic systems (e.g., synthetic polymers) can interact with the biological system itself (e.g., bind to a cell receptor). Synthetic scaffolds can also be used for the spatial arrangements of cells into tissues. It would be useful to integrate these different levels into new multifunctional biomaterials which are organized in a hierarchical way and by which one

can address, separately or simultaneously, the different structural levels of the biological systems.

Active Biomimetic Systems are another emerging topic: The versatility of biological systems is intimately related to the fact that these systems are active and are able to reorganize and to reconstruct their spatial structure on the nano- and microscale. This ability is based on active nanostructures such as filament monomers and molecular motors which can catalyze exergonic chemical reactions. It is now possible to imitate these processes in biomimetic model systems and to study them in a systematic manner.

In order to support and enhance its activities on biomimetic systems, and to improve the training of young researchers in this emerging field, the MPIKG has created the International Max-Planck Research School on Biomimetic Systems, now complemented by a Marie-Curie Early Stage Training Network, described in detail on the next pages.

Markus Antonietti, Peter Fratzl, Reinhard Lipowsky,  
Helmuth Möhwald

# Wissenschaftliche Beziehungen

## **Kooperationen mit Universitäten:**

Zwischen dem Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung (MPIKG) und der Universität Potsdam besteht eine intensive und gute Zusammenarbeit, u. a. dokumentiert durch eine Kooperationsvereinbarung aus dem Jahr 1995. Prof. Antonietti, Prof. Lipowsky und Prof. Möhwald sind Honorarprofessoren an der Universität Potsdam. Dies spiegelt sich in einer intensiven Lehrtätigkeit sowohl in Bereichen des Grundstudiums als auch in den Wahlpflichtfächern wider. Prof. Fratzl und Prof. Lipowsky sind Honorarprofessoren an der Humboldt Universität zu Berlin. Ein Kooperationsvertrag mit dieser Universität wurde bereits unterzeichnet. Darüber hinaus wurde Prof. Rabe vom Institut für Physik der Humboldt-Universität zu Berlin 2005 als Auswärtiges Wissenschaftliches Mitglied an das MPI für Kolloid- und Grenzflächenforschung berufen.

Die International Max Planck Research School über „Biomimetische Systeme“ ist ein Graduierten-Kolleg, das zunächst gemeinsam mit der Universität Potsdam eingerichtet wurde und an der sich seit 2006 auch die Humboldt-Universität zu Berlin und die beiden Fraunhofer-Institute in Golln beteiligen. Sprecher der Schule ist Prof. Lipowsky, der die Schule 1999 beantragt hat.

Zur weiteren Verstärkung der Zusammenarbeit wurden zwei Juniorprofessuren an der Universität Potsdam eingerichtet: durch die Abteilung Kolloidchemie Prof. Andreas Taubert und durch die Abteilung Grenzflächen Prof. Matias Bargheer.

Das Institut ist über den Sonderforschungsbereich (SFB) 448 „Mesoskopische Verbundsysteme“ sowie dem SFB „Muskel-Skelett-Regeneration“, der von der Charité - Universitätsmedizin Berlin koordiniert wird, mit der Universität Potsdam und allen drei Berliner Universitäten verknüpft. Darüber hinaus ist es auch Mitglied des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) finanzierten Berlin-Brandenburger Zentrums für Regenerative Therapien. Eine Plattform für die Untersuchung biologischer Proben mit Synchrotronstrahlung wird in enger Kooperation mit der Universität Heidelberg aufgebaut.

## **Internationale und Nationale Kooperationen:**

Im Rahmen von europäischen Förderprogrammen, insbesondere dem 6. Rahmenprogramm der EU partizipieren Arbeitsgruppen des Instituts an Network of Excellence- (NoE), Marie Curie- und Specific Target Research Projects (STREP)- Maßnahmen. Insgesamt laufen zurzeit zehn EU Projekte innerhalb des 6. Rahmenprogramms und ein weiteres startet Oktober 2007. Das Marie Curie Netzwerk über „Biomimetic Systems“ und das STREP-Netzwerk über „Active Biomimetic Systems“ wird von der Theorieabteilung des MPI koordiniert. Weitere Informationen zu diesen beiden Netzwerken finden Sie unter [www.biomimeticsystems.de](http://www.biomimeticsystems.de) und [www.biomimics.de](http://www.biomimics.de).

Bilaterale- und Kooperationsprojekte unter der Förderung der European Space Agency (ESA), des Deutschen Akademischen Austausch Dienstes (DAAD), der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), der German Israel Foundation (GIF) for Scientific Research and Development, den National Institutes of Health (NIH) sowie der VW- und Zeit-Stiftung bestehen zur Zeit mit Australien, Bulgarien, Dänemark, Frankreich, der Gemeinschaft Unabhängiger Staaten (GUS), Italien, Israel, Schweiz, Ukraine und den USA. Darüber hinaus wird in enger Zusammenarbeit mit dem Ludwig-Boltzmann Institut für Osteologie in Wien (Österreich) an klinisch orientierter Knochenforschung gearbeitet.

Zudem koordiniert das Institut eine Deutsch-Französische Forschergruppe, an der neben den Abteilungen des MPIKG fünf deutsche sowie acht französische Gruppen beteiligt sind. Gefördert wird das Vorhaben gemeinsam von DFG, CEA und CNRS. Weitere Informationen finden Sie unter [www.mpikg.mpg.de/crg](http://www.mpikg.mpg.de/crg)

Großes Engagement gilt auch der Betreuung und dem Aufbau von Messplätzen an den Berliner Neutronen- (Hahn-Meitner-Institut) und Synchrotronstrahlungsquellen (BESSY) sowie dem Deutschen Elektronen Synchrotron (DESY) in Hamburg. Insbesondere mit BESSY und der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) existiert ein Kooperationsvertrag zum Aufbau und zur Inbetriebnahme einer Mikrofokus Beamline.

Die Abteilung Grenzflächen unterhält zusammen mit der Chinesischen Akademie der Wissenschaften eine Internationale Partnergruppe in Peking und ein gemeinsames Labor mit dem National Institute for Materials Science (NIMS) in Tsukuba (Japan). Die Abteilung Kolloidchemie hat 2001 zusammen mit dem Hefei National Laboratory for Physical Sciences at Microscale (CAS) eine Internationale Partnergruppe in Hefei eingerichtet.

Im Weiteren liefen in 2004 die aus dem strategischen Innovationsfonds der MPG geförderten Projekte „Plant Cell Wall“ und „ENERCHEM (Nanochemische Konzepte einer nachhaltigen Energieversorgung)“ sehr erfolgreich an. ENERCHEM ist ein Forschungsverbund von fünf Max-Planck-Instituten zur Entwicklung nanochemischer Lösungen für eine nachhaltige Energieversorgung. Das gemeinsam von den Max-Planck-Instituten für Kolloid- und Grenzflächenforschung, Festkörperforschung, Polymerforschung, Kohlenforschung und dem Fritz-Haber-Institut gegründete Projekt wird von Prof. Antonietti geleitet. Die Forschungsinitiative wird von der MPG mit insgesamt rund 4 Mio. Euro aus dem Strategischen Innovationsfonds gefördert.

Darüber hinaus kooperiert das Institut mit den Fraunhofer-Instituten für Angewandte Polymerforschung und Biomedizinische Technologie und der Universität Potsdam in dem Projekt „Bioaktive Grenzflächen“, in dem die Bindung von Biomolekülen und Zellen an funktionalisierte Oberflächen reversibel gesteuert werden soll. Der MPG-Anteil (aus dem

Strategiefonds) am Gesamtvolumen von 3.5 Mio. Euro beträgt 0.9 Mio. Euro.

### **Industriekooperationen, Verwertungsverträge, Ausgründungen**

Industriekooperationen bestehen unter anderem mit der Clariant GmbH, Degussa AG, Procter & Gamble, Servier und der Schering AG. Das Institut hält gegenwärtig 46 Patente. Im Zeitraum von 1993-2000 erfolgten insgesamt sieben Ausgründungen: Capsulation Nanoscience AG, Colloid GmbH, Nanocraft GmbH, Optrel, Riegler & Kirstein, Sinterface und Oxidion GmbH.

Zusammen mit dem benachbarten Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung wurde die Nachwuchsgruppe „Polymere Nanotechnologie für die Life Sciences“ eingerichtet, in der neue Wege von Grundlagen hin zu Anwendungen besprochen werden sollen.

### **Perspektiven**

In den letzten Jahren hat sich die Forschung an biomimetischen Systemen zunehmend als eine gemeinsame Klammer zwischen den Abteilungen entwickelt. Unterstützt wird die Verbreiterung des Themas durch die IMPRS „Biomimetic Systems“ sowie durch die Mitwirkung in entsprechenden EU-Netzen. Das Institut sieht für seine langfristige Entwicklung das Erfordernis, auch das Thema „Biomolekulare Systeme“ im Institut möglichst auf Abteilungsebene – ggf. in Kooperation mit einer Universität – abzudecken. Die Konzentration sollte dabei auf der Synthese und Manipulation biologischer Moleküle und künstlicher Nachbildungen und der Integration derselben in hierarchische Systeme liegen.

### **Editorial Boards**

Unsere Wissenschaftler fungieren als Gutachter und Berater von fachspezifischen Zeitschriften und Journalen. In der folgenden Liste sind nur die Wissenschaftler angeführt, die entweder Herausgeber oder Mitglied eines Editorial Boards sind. Des Weiteren informieren wir Sie über Mitgliedschaften in Fachbeiräten.

- Applied Rheology (M. Antonietti)
- Advances in Coll. Surf. Sci. (R. Miller, Herausgeber)
- Adv. Eng. Materials (P. Fratzl)
- Biophysical Reviews and Letters (P. Fratzl, R. Lipowsky, H. Möhwald)
- Calcif. Tissue Int. (P. Fratzl)
- Chemistry of Materials (M. Antonietti, H. Möhwald)
- Chem. Phys. Mat. (H. Möhwald)
- Colloids and Surfaces (J. Li, Herausgeber)
- Colloid & Polymer Science (M. Antonietti)
- Current Opinion Coll. Interf. Sci. (H. Möhwald)
- Europhysics Letters (R. Lipowsky)

- Journal of Biological Physics (R. Lipowsky)
- J. Struct. Biol. (P. Fratzl)
- Langmuir (M. Antonietti, H. Möhwald)
- Lecture Notes in Physics (R. Lipowsky)
- Macromolecular Journals of VCh (M. Antonietti)
- Nach.Chem.Lab.Tech. (M. Antonietti)
- Nano-Letters (H. Möhwald)
- New Journal of Chemistry (M. Antonietti)
- New Rheol. J. (M. Antonietti)
- PhysChemChemPhys (H. Möhwald)
- Polymer (M. Antonietti)
- Progress in Polymer Science (M. Antonietti)
- Review in Molecular Biotechnology (M. Antonietti)
- Soft Matter (H. Möhwald, Herausgeber)

### **Fachbeirat:**

- Austrian Nano Initiative (H. Möhwald, Beirat und Jury)
- DECHEMA Arbeitsgruppe über „Chemische Nanotechnologie“ (H. Möhwald)
- European Colloid and Interface Society (H. Möhwald, Präsident)
- Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung (H. Möhwald)
- Gerhardt Schmidt Minerva Zentrum für supramolekulare Strukturen (P. Fratzl)
- German Colloid Society (H. Möhwald, Vorsitzender)
- Hahn-Meitner-Institut (H. Möhwald, Vorsitzender)
- Institut für Schichten und Grenzflächen, Forschungszentrum Jülich (H. Möhwald)
- Institute of Theoretical Physics, CAS (R. Lipowsky)
- Minerva Weizmann Komitee (R. Lipowsky)
- PETRA III Microfocus Beamline (P. Fratzl)
- Photon Science Committee DESY (P. Fratzl, Vorsitzender)

# Scientific Relations

## **National Cooperations: Cooperations with Universities**

The Max Planck Institute of Colloids and Interfaces (MPIKG) and the University Potsdam maintain intense and well-connected research cooperations that are among others documented by a cooperation agreement from 1995. Prof. Antonietti, Prof. Lipowsky and Prof. Möhwald hold Honorary Professorships at the University Potsdam which reflect intensive teaching in basic studies as well as in specialized subjects. In addition to this Prof. Fratzl and Prof. Lipowsky hold Honorary Professorships at the Humboldt University Berlin. A cooperation agreement with the University and the MPIKG has already been signed. In 2005 Prof. Rabe of the Humboldt University Berlin (Institute of Physics) was appointed as Foreign Member of the Max Planck Institute of Colloids and Interfaces.

The "International Max Planck Research School on Biomimetic Systems" (IMPRS) is a graduate program, which was initiated together with the University of Potsdam and now involves the Humboldt University Berlin and the two Fraunhofer Institutes in Golm as well. The speaker of the school is Prof. Lipowsky who proposed the school in 1999.

For additional intensification of the collaboration two Junior Professorships were established at the University Potsdam: Prof. Matias Bargheer (Department of Interfaces) and Prof. Andreas Taubert (Department of Colloid Chemistry).

Besides this the institute is connected with the University Potsdam and with all three Berlin universities through the German Research Foundation (DFG) priority program "Mesoscopic Composites", as well as the new SFB program "Musculoskeletal Regeneration" coordinated by Charité, Medical University, Berlin. The MPI is also member of the BMBF-financed Berlin-Brandenburg Center for Regenerative Therapies (BCRT). Furthermore a platform for investigating biological specimens at Synchrotron BESSY is set up together with the University Heidelberg.

## **International and National Cooperations:**

Several research groups take part in Networks of Excellence (NoE), Marie Curie and Specific Target Research Projects (STREP) within the framework of European programs, especially the 6th framework program of the EU. In total there are ten EU projects within the 6th framework program at the MPIKG. Another one will start in October 2007. The Marie Curie network on "Biomimetic Systems" and the STREP network on "Active Biomimetic Systems" are coordinated by the Theory & Bio-Systems Department of the MPI. Further information is available under [www.biomimeticsystems.de](http://www.biomimeticsystems.de) and [www.biomimics.de](http://www.biomimics.de).

Beyond the collaborations described there exist bilateral and cooperation projects under assistance of the European Space Agency (ESA), the German Academic Exchange Service (DAAD), the German Research Foundation (DFG), German Israel Foundation (GIF) for Scientific Research and Development, the National Institutes of Health (NIH), VW- and Zeit-Stiftung in Australia, Bulgaria, Commonwealth of Independent States (CIS), France, Italy, Israel, Denmark, Switzerland, Ukraine and USA. Clinically oriented bone research is carried out in close collaboration with the Ludwig Boltzmann Institute of Osteology in Vienna (Austria).

In addition the MPIKG has coordinated a German-French Collaborative Research Group which consists apart from the departments of the institute of five German and eight French groups. The project is jointly funded together by the DFG, CEA and CNRS. Please find further information under [www.mpikg.mpg.de/crg](http://www.mpikg.mpg.de/crg).

Also the maintenance and build-up of beamlines at the neutron- (Hahn Meitner Institute) and synchrotron radiation resources (BESSY) in Berlin and the German electron synchrotron (DESY) in Hamburg takes up big engagement. There exist cooperation agreements especially with BESSY and the Federal Institute for Materials Research and Testing for building-up and implementing a microfocus beamline.

Moreover the Department of Interfaces has established together with the Chinese Academy of Sciences an International Joint Laboratory in Beijing and a Joint Laboratory with the National Institute for Materials Science in Tsukuba (Japan). In addition the Department of Colloid Chemistry together with the Hefei National Laboratory for Physical Sciences at Microscale (CAS) started an International Partner Group in Hefei in 2001.

Also the projects "Plant Cell Wall" and "EnerChem", funded by the strategic innovation funds of the Max Planck Society have been successfully started in 2004. EnerChem is a research association, initiated by five Max Planck institutes and coordinated by Prof. Antonietti of the MPIKG. The aim is to combine the chemical expertise and capacities of these institutes to generate solutions to the emerging problems of energy supply, storage and saving with the focus on nanostructured carbon materials. The research initiative is funded with 4. Mill. EUR.

Furthermore a cooperation project between the institute and the Fraunhofer Institutes of Applied Polymer Research and Biomedical Technology and the University Potsdam called "Bioactive Interfaces" has been established. The research project is funded with altogether 3.5 Mill EUR. The part of the strategic innovation funds of the Max Planck Society amounts 0.9 Mill EUR.



### **Cooperations with Industry, Application Contracts, Spin-Offs**

Among many industry contacts cooperations with well-defined targets have been with Clariant GmbH, Degussa AG, Procter & Gamble, Servier and Schering AG. At present the MPIKG upholds 46 patents. In the period from 1993-2006 seven spin-offs have been launched: Capsulation Nanoscience AG, Colloid GmbH, Nanocraft GmbH, Optrel, Riegler & Kirstein, Sinterface and Oxidion GmbH. Moreover a Junior Research Group "Nanotechnology for Life Science" has been established together with the neighbouring Fraunhofer Institute for Applied Polymer Research. This group should break new ground from basic research to application.

### **Perspectives**

In the last few years research on biomimetic systems has increasingly developed as a common scientific subject matter of the four departments. This is supported by the IMPRS "on Biomimetic Systems" and the participation in the corresponding EU-networks. For the long-term development of the institute it is therefore necessary and essential to cover also the field of "Biomolecular Systems" and this preferably with a fifth department and in cooperation with an university. The concentration lies on the synthesis and manipulation of biological molecules and artificial simulations and on their integration into hierarchical systems.

### **Editorial and Advisory Boards**

Scientists serve as reviewers and advisors for many journals. Therefore listed are only activities as editor and member of an editorial board. Moreover you will find a list where you can find memberships in advisory boards.

#### Editorial Boards

- Applied Rheology (M. Antonietti)
- Advances in Coll. Surf. Sci. (R. Miller, Editor)
- Adv. Eng. Materials (P. Fratzl)
- Biophysical Reviews and Letters (P. Fratzl, R. Lipowsky, H. Möhwald)
- Calcif. Tissue Int. (P. Fratzl)
- Chemistry of Materials (M. Antonietti, H. Möhwald)
- Chem. Phys. Mat. (H. Möhwald)
- Colloids and Surfaces (J. Li, Editor)
- Colloid & Polymer Science (M. Antonietti)
- Current Opinion Coll. Interf. Sci. (J. Li)
- Europhysics Letters (R. Lipowsky)
- Journal of Biological Physics (R. Lipowsky)
- J. Struct. Biol. (P. Fratzl)
- Langmuir (M. Antonietti, H. Möhwald)

- Lecture Notes in Physics (R. Lipowsky)
- Macromolecular Journals of VCh (M. Antonietti)
- Nach.Chem.Lab.Tech. (M. Antonietti)
- Nano-Letters (H. Möhwald)
- New Journal of Chemistry (M. Antonietti)
- New Rheol. J. (M. Antonietti)
- PhysChemChemPhys (H. Möhwald)
- Polymer (M. Antonietti)
- Progress in Polymer Science (M. Antonietti)
- Review in Molecular Biotechnology (M. Antonietti)
- Soft Matter (H. Möhwald, Editor)

#### Advisory Boards:

- Austrian Nano Initiative (H. Möhwald, Advisory Board and Jury)
- Bayrische Elitenetzwerke (R. Lipowsky)
- DECHEMA Research Group on "ChemicalNanotechnology" (H. Möhwald)
- European Colloid and Interface Society (H. Möhwald, President)
- Fraunhofer Institute for Applied Polymer Research (H. Möhwald)
- Gerhardt Schmidt Minerva Center on Supramolecular Architectures (P. Fratzl)
- German Colloid Society (H. Möhwald, President)
- Hahn-Meitner Institute (H. Möhwald, Chair)
- Institute of Thin Films and Interfaces
- Research Centre Jülich (H. Möhwald)
- Institute of Theoretical Physics, CAS (R. Lipowsky)
- Minerva Weizmann Komitee (R. Lipowsky)
- PETRA III Microfocus Beamline (P. Fratzl)
- Photon Science Committee DESY (P. Fratzl, Chair)

# Internationale Max Planck Research School (IMPRS) über Biomimetische Systeme

## Graduiertenprogramme über Biomimetische Systeme

Das Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung (MPIKG) beteiligt sich an zwei Graduiertenprogrammen über „Biomimetische Systeme“. Zum einen koordiniert das Institut gemeinsam mit der Universität Potsdam seit 2000 die „Internationale Max Planck Research School (IMPRS) on Biomimetic Systems“, die eine weitere Förderungszusicherung bis zum Jahr 2012 erhalten hat. Zum anderen leitet das MPIKG seit 2004 das European Early Stage Training (EST), das aus einem Netzwerk von sechs europäischen Gruppen in Kopenhagen, Düsseldorf, Edinburgh, Leoben, Mailand und Toulouse besteht.

Zusammen mit seinen Partnern bietet das Institut ausländischen und deutschen Studenten der Physik, Chemie, Biologie und Materialwissenschaften ein interdisziplinäres Lehr- und Forschungsprogramm über „Biomimetische Systeme“ an. Hauptziel des Graduiertenprogramms ist es, grundlegende Kenntnisse über biologische und biomimetische Systeme zu vermitteln und damit eine fachübergreifende Ausbildung anzubieten. Die auf Englisch gehaltenen Kurse, Seminare und Workshops werden von international renommierten Dozenten des jeweiligen Forschungsgebietes gehalten.

## 1. Was sind biomimetische Systeme?

Biomimetische Systeme sind Modellsysteme, mit denen man bestimmte biologische Zusammenhänge nachahmen kann.

Diese sind sehr komplex und weisen innerhalb unterschiedlicher Längenskalen viele Ebenen der Selbstorganisation auf. Das Graduiertenprogramm am MPIKG erforscht biomimetische Systeme im Bereich supramolekularer und kolloidaler Größenordnungen. Diese werden hauptsächlich durch die innere Architektur von Zellen inspiriert, enthalten viele, aus Ionen und kleinen Molekülen aufgebaute Nano-Strukturen und weisen lineare Dimensionen zwischen einigen Nano- und vielen Mikrometern auf.

Die aktuelle Forschung über biomimetische Systeme am MPIKG beinhaltet folgende Themenbereiche: Wasserstruktur; Polyelektrolyte und andere wasserlösliche Polymere; flexible Membranen mit mehreren Lipidkomponenten; Diblock-Copolymerschichten und Polyelektrolyt-Multischichten; Membranfusion, aktiver Transport von molekularen Motoren; Biomineralisation und Knochen, Netzwerkdynamik und Evolution.

Während der letzten Jahre stieß die Forschung über biomimetische Systeme auf ein überaus großes, weltweites Interesse. 1999, als die Internationale Max Planck Research School (IMPRS) über „Biomimetic Systems“ ins Leben gerufen wurde, war der Begriff der Biomimetik nur einer kleinen

Expertengruppe bekannt. Suchmaschinen wie Google hätten zu diesem Zeitpunkt keine nennenswerten Ergebnisse aufweisen können. Dagegen hat das Wort „biomimetisch“ zu Beginn des Jahres 2007 eine Popularität erlangt, die bis in die Werbung und den Film reicht. Aufgrund dieser rasanten Entwicklung zeigt Google bei Sucheingabe heute mehr als eine Million Ergebnisse für „biomimetisch“ und 800.000 für „biomimetische Systeme“ an. Dabei steht unser EU Netzwerk EST beim Suchbegriff „Biomimetische Systeme“ an zweiter und die IMPRS an vierter Stelle.

## 2. Lehrprogramme über Biomimetische Systeme

Das Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung hat die große Bedeutung biomimetischer Systeme schon seit langem erkannt. Die Auseinandersetzung mit dieser Thematik erfolgte lange bevor diese als Trendbegriff in die Medien und die wissenschaftliche Gemeinschaft eingegangen ist. Die typische, traditionell ausgerichtete Ausbildung, die die meisten Studenten erhalten, reicht allerdings für ein befriedigendes Grundwissen in der Biomimetik nicht aus. Es gibt daher einen starken Bedarf an multidisziplinär geschulten Studenten, um diesen wachsenden Bereich ausreichend entwickeln und ausbauen zu können.

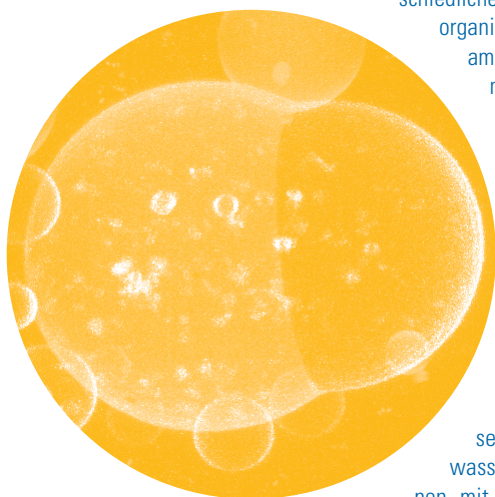
Der Antrag für die Internationale Max Planck Research School (IMPRS) on „Biomimetic Systems“ wurde 1999 von einem von uns (R.L.) eingereicht und von der Leitung der Max-Planck-Gesellschaft bewilligt. Die Schule eröffnete daraufhin das erste Semester im Jahr 2000 und hat eine weitere Förderung bis 2012 erhalten. Darüber hinaus haben sich die andauernden Bemühungen, die Ausbildungsaktivitäten zu erweitern und zu verstärken 2003 in der Beantragung und 2004 mit der Koordination des Early Stage Training Network (EST) fortgesetzt. Das EST Netzwerk besteht aus sieben europäischen Partnern und wird von der Europäischen Gemeinschaft finanziert.

### 2.1 Die IMPRS über „Biomimetische Systeme“

Der Antrag für die Internationale Max Planck Research School (IMPRS) über „Biomimetische Systeme“ wurde zunächst für einen Zeitraum von sechs Jahren (2000-2006) bewilligt. Nach erfolgreicher Evaluierung im Jahr 2004 wurde das Vorhaben, die Schule fortzuführen, durch die Leitung der Max-Planck-Gesellschaft bestätigt. Es wurde eine weitere Förderung von sechs Jahren bis zum Ende des Jahres 2012 festgesetzt.

### Partner der Schule

Von 2000 bis 2003 bestand die IMPRS aus sieben Partnergruppen: den drei Abteilungen des MPI für Kolloid- und Grenzflächenforschung und vier Gruppen der Universität Potsdam. Die neu etablierte vierte Abteilung für „Biomaterialien“ des MPIKG nahm 2003 ihre Arbeit auf und beteiligt sich seitdem ebenfalls an der Schule. Die Struktur der IMPRS bestand in dieser Weise bis zur Mitte des Jahres 2006.





Mit dem zweiten Bewilligungszeitraum (ab Mitte 2006) kamen weitere Gruppen hinzu: zwei Gruppen der Universität Potsdam, drei Gruppen der Humboldt-Universität zu Berlin, zwei Gruppen des Fraunhofer-Instituts für Biomedizinische Technik (IBMT) und eine Gruppe des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Polymerforschung (IAP). Das Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik ist im Sommer 2006 in den Wissenschaftspark Golm gezogen. Die Gruppen der Humboldt-Universität zu Berlin befinden sich in Berlin-Adlershof.

Weiterführende Informationen über die IMPRS on „Biomimetic Systems“ und über die damit verbundenen Lehrveranstaltungen erhalten Sie unter [www.imprs.org](http://www.imprs.org)

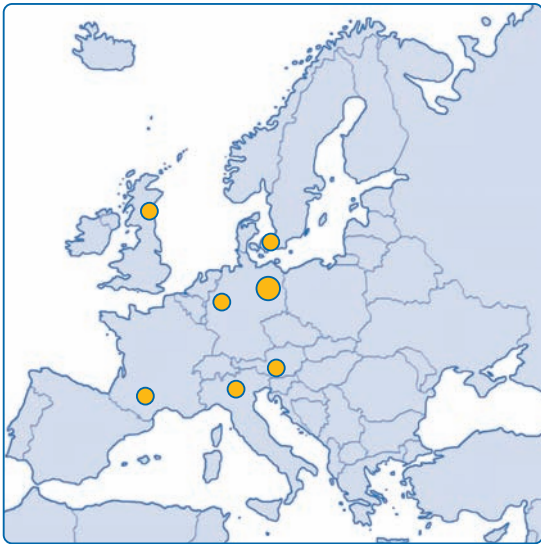


Abb.: Europakarte mit Partnern des EST Netzwerks (gelbe Kreise)

## 2.2 European Early Stage Training Network

Der Antrag für das Early Stage Training (EST) über „Biomimetische Systeme“ wurde 2003 von uns (R.L. und A.V.) eingereicht und von der Europäischen Kommission für einen Zeitraum von vier Jahren (2004-2008) bestätigt. Die Förderung war stark umkämpft. So wurden im Bereich Physik nur fünf von mehr als 100 Anträgen akzeptiert. Die ersten EST-Studenten nahmen im September 2004 ihre Arbeit auf.

### Partner des Netzwerks

Das EST-Netzwerk besteht im Wesentlichen aus den Gruppen der IMPRS (drei Abteilungen des MPIKG, zwei Gruppen der Universität Potsdam) sowie aus zusätzlichen Arbeitsgruppen des Niels-Bohr-Institutes in Kopenhagen, der Universität Düsseldorf, der Universität Edinburgh, der Technischen Universität in Leoben, dem Politecnico Mailand sowie der Universität Paul Sabatier in Toulouse (siehe Abbildung).

Weiterführende Informationen über das Marie-Curie Early Stage Training Netzwerk „Biomimetische Systeme“ erhalten Sie unter <http://www.biomimeticsystems.org>.

## 2.3 Bio-Systeme

### EST Konferenz, Berlin 2006

Im Rahmen des Marie Curie EST über Biomimetische Systeme hat das MPI für Kolloid- und Grenzflächenforschung im Juni 2006 eine große Konferenz über Bio-Systeme organisiert. Innerhalb dieser Veranstaltung kamen 36 Sprecher des EST-Netzwerks und andere namhafte Persönlichkeiten auf dem Gebiet der biologischen und biomimetischen Systeme aus ganz Europa und den USA zusammen. Weiterführende Informationen erhalten Sie unter: <http://www.bio-systems.org/berlin2006>

### 2.4 Bio-Systeme Sommerschule, Peking 2006

Das Institut ist sehr daran interessiert, die bereits bestehenden Verbindungen zu nationalen und internationalen Partnern aufrechtzuerhalten und zu stärken sowie neue Kooperationen aufzubauen. Besonderes Interesse gilt dabei Regionen, in denen Wissenschaft und Forschung besonders gefördert werden. Aus diesem Grund hat das MPIKG großes Interesse an Veranstaltungen in China.

Im September/Oktober 2006 wurde daher eine zweiwöchige Sommerschule über Bio-Systeme zusammen mit unseren Partnern der Chinesischen Akademie der Wissenschaften (CAS) organisiert. Mit Vortragenden aus Europa, den USA und China bot diese Veranstaltung den rund 60 Masterstudenten und Doktoranden einen grundlegenden, multidisziplinären Überblick über biologische und biomimetische Systeme. Weiterführende Informationen erhalten Sie unter: [www.bio-systems.org/beijing2006](http://www.bio-systems.org/beijing2006)

## 3. Ausblick

In den nächsten zwei Jahren werden einige der genannten Projekte abgeschlossen sein und wiederum neue Projekte, Konferenzen und Sommerschulen realisiert werden. Das Graduiertenprogramm ist Teil einer größeren Reihe von Aktivitäten, die sich mit dem aktuellen und vielfältigen Forschungsthema „Bio-Systeme“ befassen.

Gesammelte Informationen dazu finden Sie unter [www.bio-systems.org](http://www.bio-systems.org).

Reinhard Lipowsky  
und Angelo Valleriani

# International Max Planck Research School (IMPRS) on Biomimetic Systems

## Graduate Programs on Biomimetic Systems

The MPI of Colloids and Interfaces is involved in two graduate programs on "Biomimetic Systems". First, in the year 2000 it has established, together with the University of Potsdam, an International Max Planck Research School (IMPRS) on this topic. Second, since the year 2004 the MPI also coordinates a European Early Stage Training (EST) network which includes six partner groups in Copenhagen, Düsseldorf, Edinburgh, Leoben, Milano, and Toulouse.

Together with its partner groups the MPI of Colloids and Interfaces offers an interdisciplinary curriculum on "Biomimetic Systems" for foreign and German students from physics, chemistry, biology, and materials science. One major goal of this curriculum is to provide a common basis of knowledge in biological and biomimetic systems, which transcend the traditional boundaries between the different disciplines. The curriculum is based on courses, seminars and workshops that are offered by scientists active in this field.

## 1. What are Biomimetic Systems?

Biomimetic systems are model systems by which one can mimic certain aspects of biological systems. The latter systems are complex and exhibit many levels of self-organization over a wide range of length scales. The graduate programs at the MPI of Colloids and Interfaces are focused on biomimetics at the supramolecular or colloidal levels for which the interior architecture of cells provides the main source of inspiration. These levels contain many different nanostructures that are built up from ions and small molecules and which attain linear dimensions between a few nanometers and many micrometers.

Current research on biomimetic systems at the MPI of Colloids and Interfaces includes the following topics: Water structure; polyelectrolytes and other water soluble polymers; flexible microcompartments based on lipid bilayers, diblock copolymer bilayers, and polyelectrolyte multilayers; membrane fusion; active transport by molecular motors; biomineralization and bone; networks dynamics and evolution.

At present, biomimetic systems are a hot research topic around the world. In the year 1999, when our International Max Planck Research School (IMPRS) has been proposed, the term "biomimetic" was known only to a small group of experts, and search engines such as Google would not return any significant number of results. Now, at the end of 2006, "biomimetic" has become a popular term that is mentioned even in movies and advertisements, and Google returns more than 1 million results for it and it returns about 800000 results for "biomimetic systems"! In fact, our EU-Network EST is currently returned as the second result for "biomimetic systems" and our IMPRS as the fourth one.

## 2. Training Programs on Biomimetic Systems

The Max Planck Institute of Colloids and Interfaces recognized the relevance of Biomimetic Systems long before the world had so much resonance in the media and in the scientific community as it has now. We also realized that the typical traditional training of most students would not provide a sufficient knowledge base in biomimetics. Thus, there is a strong demand of multidisciplinary training in order to further develop this research area which has many possible applications in bioengineering, pharmacology and medicine.

Thus, already in the year 1999 one of us (R.L.) submitted a proposal for the International Max Planck Research School on Biomimetic Systems (IMPRS) to the President of the Max Planck Society. This proposal was approved and the school started with its first semester in the year 2000 and will run until 2012. On the other hand, in the continuous effort to enlarge and strengthening our training activity in 2003 we have established a seven-partner Early Stage Training Network (EST) financed by the European Commission in 2004.

## 2.1 The IMPRS on Biomimetic Systems

The school was originally approved for the duration of six years until mid 2006. After a successful evaluation in 2004, our proposal for continuation was approved by the President of the Max Planck Society and now the school will run for another six years until the end of 2012.

## Partners of the School

From 2000 until 2003, the IMPRS consisted of seven partner groups including the three departments at the MPI of Colloids and Interfaces and four groups from the University of Potsdam. In 2003, the fourth department on Biomaterials was established at the MPI and started to participate in the school. This structure of the school persisted until mid 2006.

Starting with the second period, from mid 2006, several groups joined the school: Two additional groups from the University of Potsdam; three groups from Humboldt University Berlin; two groups from the Fraunhofer Institute for Biomedical Engineering (IBMT) and one group from the Fraunhofer Institute for Applied Polymer Research (IAP).

The Fraunhofer Institute for Biomedical Engineering moved to the Science Park in Potsdam-Golm during the summer 2006. The groups from Humboldt University are located in Adlershof, Berlin.

More detailed information about the International Max Planck Research School on "Biomimetic Systems" can be found on its website at <http://www.imprs.org>.

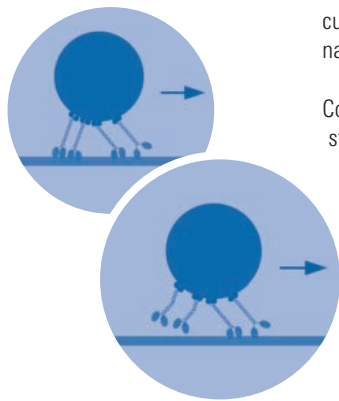




Fig.: A map of Europe with the partners of the EST network indicated by yellow dots.

## 2.2 European Early Stage Training Network

The proposal for the Early Stage Training (EST) network on "Biomimetic Systems" was submitted by us (R.L. and A.V.) in 2003 and was approved by the European Commission for a four-year period from 2004 until 2008. The competition for these funds was rather strong: in the physical sciences, only five proposals out of more than 100 have been accepted. The first EST students started to work in September 2004

### Partners of the Network

The EST network consists of most groups from IMPRS (three departments of the MPI, two groups from the University of Potsdam) as well as additional research groups from the Niels-Bohr-Institute in Copenhagen, the University of Düsseldorf, the University of Edinburgh, the Technical University in Leoben, the Politecnico of Milano, and The University Paul Sabatier of Toulouse, see Figure.

More detailed information on the Marie-Curie Early Stage Training Network on "Biomimetic Systems" can be found on its website at <http://www.biomimeticsystems.org>.

## 2.3 Bio-Systems EST Conference, Berlin 2006

Within the framework of our Marie Curie EST on Biomimetic Systems, the MPI has organized a big conference on Bio-Systems in June 2006. This conference has brought together 36 speakers from the EST network, the rest of Europe and the US, who covered many timely and exciting aspects of biological and biomimetic systems. For more information, see: <http://www.bio-systems.org/berlin2006>

## 2.4 Bio-Systems Summer School, Beijing 2006

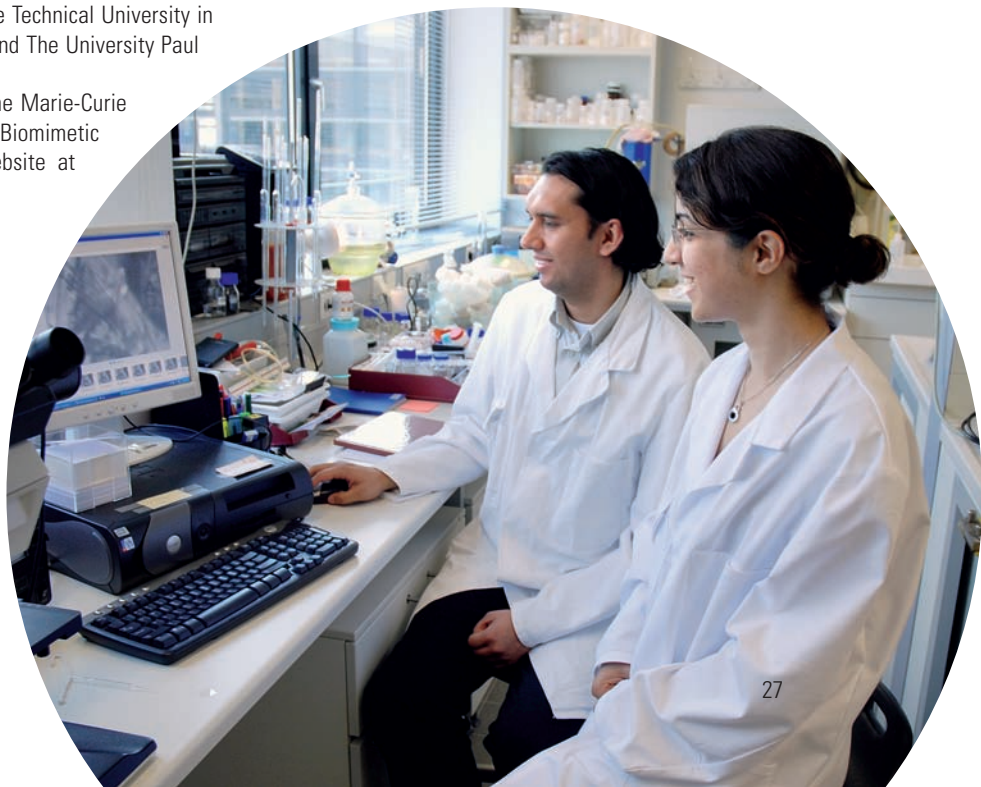
The MPI has already many ongoing cooperations with national and international partners but is always open for new links to new partners. We are particularly interested in those regions where science development is moving at a great pace. That is why we pay great attention to the events in China.

In September/October 2006 we have organized a two-week Summer School on Bio-Systems together with our partners at the CAS. With speakers from Europe, USA and China, the school offered a multidisciplinary overview of biological and biomimetic systems to about 60 masters and PhD Students. For more information, see: <http://www.bio-systems.org/beijing2006>

## 3. Outlook

In the next period of two years, some of the projects will finish and some new projects, conferences and summer schools will be realized. Our graduate program is part of a larger set of activities about bio-systems which is used as an abbreviation of both, biomimetic and biological systems. For more information, see: [www.bio-systems.org](http://www.bio-systems.org).

Reinhard Lipowsky  
and Angelo Valleriani



## Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Das Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung informiert innerhalb seiner Presse- und Öffentlichkeitsarbeit über die wissenschaftlichen Innovationen am Institut und deren Ergebnisse in Lehre, Forschung und Anwendung. Auf diese Weise möchten wir ein eigenständiges, positives Image und Vertrauen schaffen. Gleichzeitig soll dazu beigetragen werden eine Brücke von der Lehr- und Forschungsstätte in die Öffentlichkeit zu schlagen, aktuelle Impulse aufzunehmen, neue Ideen zu finden und umzusetzen. Ein Hauptziel ist es, unsere aktuelle Forschung in das Bewusstsein der allgemeinen Öffentlichkeit, der Politik, der Presse, unserer Kooperationspartner, zukünftiger Studenten, ehemaliger Institutsangehöriger sowie der internen Gemeinschaft zu bringen. Aufmerksamkeit und Interesse für die Wissenschaft und damit letztendlich Akzeptanz, Sympathie und Vertrauen zu gewinnen, sind unsere wichtigsten Anliegen.

Fach- und Publikumsjournalisten werden über das aktuelle Geschehen mit Hilfe von fundierten Nachrichten und Hintergrundwissen informiert. Regelmäßig veröffentlichen wir unseren Zweijahresbericht, Presse-Informationen, beantworten Presseanfragen und halten zu den Medienvertretern persönlichen Kontakt. Neben der klassischen Pressearbeit stellt die Konzeption, Organisation und Durchführung von Veranstaltungen den zweiten Tätigkeitsschwerpunkt des Referats dar. Der alle zwei Jahre stattfindende Tag der Offenen Türen im Wissenschaftspark Golm ist dabei einer unserer Höhepunkte. Gemeinsam mit den Max-Planck-Instituten für Gravitationsphysik und Molekulare Pflanzenphysiologie, den Fraunhofer-Insti-

tuten für Angewandte Polymerforschung (IAP) und Biomedizinische Technik (IBMT), dem Golm Innovationszentrum GO:IN sowie der Universität Potsdam bieten wir interessierten Besuchern aller Altersklassen einen faszinierenden Einblick in die Forschung. Das bunte Programm mit Führungen, Experimenten, Vorträgen und Mitmach-Aktionen bietet Jung und Alt Wissenschaft zum Anfassen und bietet zahlreiche Möglichkeiten High-Tech-Technologien hautnah zu erleben und zu begreifen. Der Tag der Offenen Türen wird im Jahr 2007 am 1. September stattfinden.

Zudem werden am Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung Führungen für Interessierte insbesondere für Schulklassen sowie Vorträge an den Schulen selbst organisiert. Der Internetauftritt des Instituts, aber auch die interne Kommunikation stellen darüber hinaus weitere wichtige Bereiche der Öffentlichkeitsarbeit dar.

Wir sehen es als Aufgabe an, die Bedeutung der Grundlagenforschung und der zukünftigen Entwicklungen in der Kolloid- und Grenzflächenforschung an die breite Öffentlichkeit zu transportieren. Entdecken Sie auf den folgenden Seiten, dass Wissenschaft faszinierend, kreativ und fesselnd ist! Sollten Sie bei auftretenden Fragen unsere Hilfe benötigen, unterstützen wir Sie jederzeit gern.

Katja Schulze  
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit  
katja.schulze@mpikg.mpg.de



## Press and Public Relations

Press and Public Relations at the Max Planck Institute of Colloids and Interfaces serve as the interface between the scientists' work and the public. We inform you about the research results, and want to create an independent, positive image and thus trust in scientific work. Simultaneously we try to bridge the gap between research institution and general public and hence get new impetus and ideas. We promote the perception of our research among the community, the press, government, corporate partners, prospective students, alumni and our own internal community. It is a matter of great importance that not only the scientific community but in fact anyone interested in modern science should have the opportunity to get an idea about the aims of our institute. Attention, interest and finally trust in science must be one of our most important concerns.

Therefore we inform journalists with profound news and background knowledge about current research. To pursue this task press releases are edited, brochures – such as the Biannual Report – are published and distributed on request and informal support is provided whenever necessary. Beside classical Press and Public Relations the complete conception, organisation and realisation of events is a second core theme. One of our highlights every year is the Open Day on the Research Campus Golm, which is an interesting and fun-packed day, combining demonstrations of high-tech learning facilities with hands on activities for all age groups. The Open Day 2007 will be held together with the Max Planck Institutes of Gravitational Physics and Molecular Plant Physiology, the Fraunhofer Institutes for Applied Polymer Research (IAP) and Biomedical Engineering (IBMT), the Golm Innovation Center GO:IN and the Univer-

sity Potsdam on September 1. There will be lab tours, popular talks and scientific demonstrations providing an excellent opportunity for everybody to experience scientific activity at first hand.

Furthermore tours through the institute as well as talks at schools are organized. But also the internet presence and the internal communication are additional important fields within Press and Public Relations.

We try to create awareness for the role of basic research in general, especially with regard to future developments in colloid and interface science. We also seek to show that the world of science and technology is fascinating, challenging, varied and rewarding. Within these pages you can find the latest news from the institute as well as a more in depth look at our research. If you have any further questions, please contact us. We are pleased to help you.

Katja Schulze  
Press and Public Relations  
katja.schulze@mpikg.mpg.de

