

Max Planck Institute of Colloids and Interfaces

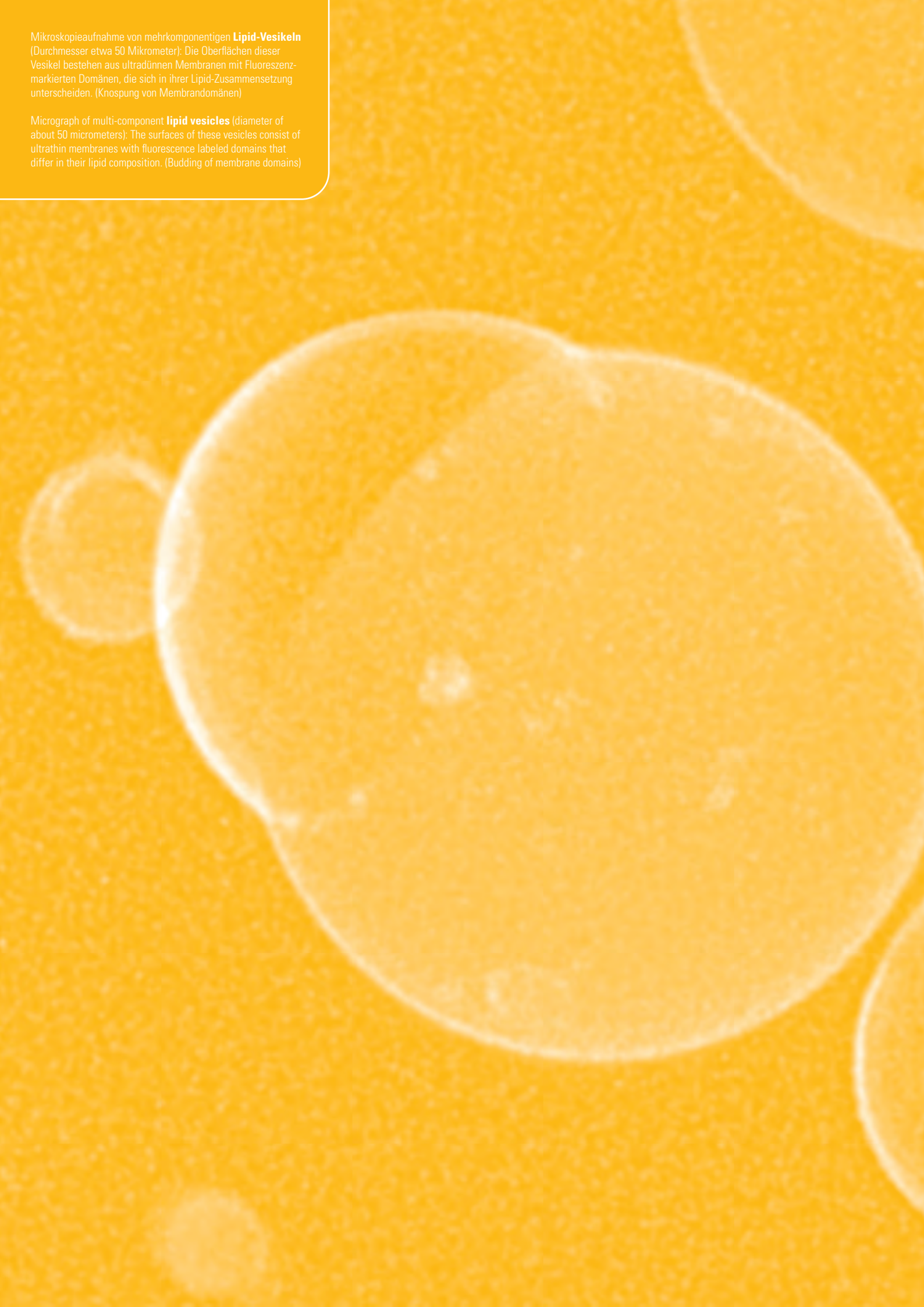
**REPORT
2007-2008**



MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT

Mikroskopieaufnahme von mehrkomponentigen **Lipid-Vesikeln** (Durchmesser etwa 50 Mikrometer): Die Oberflächen dieser Vesikel bestehen aus ultradünnen Membranen mit Fluoreszenz-markierten Domänen, die sich in ihrer Lipid-Zusammensetzung unterscheiden. (Knospung von Membrandomänen)

Micrograph of multi-component **lipid vesicles** (diameter of about 50 micrometers): The surfaces of these vesicles consist of ultrathin membranes with fluorescence labeled domains that differ in their lipid composition. (Budding of membrane domains)





**Max Planck Institute
of Colloids and Interfaces**

REPORT 2007-2008

Imprint

Publisher: Max Planck Institute of Colloids and Interfaces
Address: Science Park Potsdam-Golm, Am Mühlenberg 1, 14476 Potsdam
Phone: +49 (0) 331/567-7814
Fax: +49 (0) 331/567-7875
Email: info@mpikg.mpg.de
Internet: www.mpikg.mpg.de
Editorial: Katja Schulze
Design and Illustration: www.pigurdesign.de
Printed by: Druckhaus Berlin-Mitte GmbH
Potsdam, June 2009



INHALTSVERZEICHNIS

TABLE OF CONTENTS

Vorwort	6
Preface	8
Prof. R. Lipowsky	
Das Institut in Zahlen	10
The Institute in Numbers	12
Prof. H. Möhwald	
Das Forschungsprogramm des Max-Planck-Instituts für Kolloid- und Grenzflächenforschung (MPI-KG)	14
The Research Program of the Max Planck Institute of Colloids and Interfaces (MPI-CI)	17
Prof. M. Antonietti, Prof. P. Fratzl, Prof. H. Möhwald, Prof. R. Lipowsky, Prof. P.H. Seeberger	
Wissenschaftliche Beziehungen	20
Scientific Relations	22
Internationale Max Planck Research School (IMPRS) über Biomimetische Systeme	24
International Max Planck Research School (IMPRS) on Biomimetic Systems	26
Prof. R. Lipowsky · Dr. A. Valleriani	
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit	28
Press and Public Relations	29
K. Schulze	
BIOMATERIALS	
Research in the Department of Biomaterials · Prof. P. Fratzl	32
Biological Materials	
Bone Material Quality and Osteoporosis · Prof. P. Fratzl, Dr. A. Mašić	34
Hierarchical Connective Tissues · Dr. H. S. Gupta	36
Bone Regeneration · Dr. I. Manjubala	38
Mechanobiology · Dr. R. Weinkamer	40
Biological and Biomimetic Materials	
Plant Biomechanics and Biomimetics · Dr. I. Burgert	42
Molecular Biomimetics and Magnet Biomineralization · Dr. D. Faivre	44
From Micro-Structure to Mechanical Function · Prof. P. Fratzl, Dr. J. Dunlop, Dr. N. Gierlinger, Dr. P. Zaslansky	46
Bio-Inspired Materials	
Biogenic Minerals and Bio-Inspired Nano-Composites · Dr. B. Aichmayer	50
Mesoscale Materials and Synchrotron Research · Dr. O. Paris	52
COLLOID CHEMISTRY	
Research in the Department of Colloid Chemistry · Prof. M. Antonietti	56
Heterophase Polymerization	
Heterophase Polymerizations – Polymer Dispersions · Dr. K. Tauer	60
Biomimetic Mineralization and Crystal Growth Control	
Bio-Inspired Mineralization · Dr. H. Cölfen	62

Chimera Polymers and Novel Polymerization Techniques	
Polymer-Bioconjugates as Macromolecular LEGO®-Bricks · Dr. H. Börner	64
Bioinspired Polymers and Colloids · Dr. H. Schlaad	66
Modern Techniques of Colloid Analysis	
Fractionating Colloid Analytics · Dr. H. Cölfen	68
Electron Microscopic Studies of Colloidal Systems and Biomaterials · Dr. J. Hartmann	70
Materials for Energy Applications	
From Hard to Soft Porous Frameworks · Dr. A. Thomas	72
Hydrothermal Carbon Nanostructures and Coatings	
Sustainable Functional Nanostructured Materials · Dr. M.M. Titirici	74
De Novo Nanoparticles	
De Novo Nanoparticles : Novel synthetic routes for nanoparticle production · Dr. C. Giordano	76
International Joint Laboratory	
Artificial Photosynthesis · Dr. X. Wang	78
INTERFACES	
Research in the Department of Interfaces · Prof. H. Möhwald	82
(Quasi) Planar Interfaces – Fluid Interfaces	
Langmuir Monolayers as Model Systems to Study Interactions at Interfaces · Dr. G. Brezesinski	84
Thin Soft Films · Dr. R. Krastev	86
Replacement of Proteins by Surfactants from Adsorbed Interfacial Layers · Dr. R. Miller	88
Ion Distribution at Interfaces · Dr. H. Motschmann	90
Solid Interfaces	
Phase Transitions, Nucleation, and Transport Phenomena at Solid/Air Interfaces · Dr. H. Riegler	92
Non-Planar Interfaces	
From Molecular Modules to Modular Materials · Dr. D. G. Kurth	94
Nanotechnology for Bio-Applications · Prof. H. Möhwald; Dr. A. Skirtach	96
Active Interfaces and Coatings · Dr. D. Shchukin	98
Ordering of Functional Nanoparticles · Dr. D. Wang	100
International Joint Laboratory	
Molecular Assemblies of Biomimetic Systems and Nanostructured Design · Prof. J. Li	102
Supramolecular Materializations · Dr. T. Nakanishi	104

THEORY & BIO-SYSTEMS

Research in the Department of Theory & Bio-Systems · Prof. R. Lipowsky 108

Polymers and Proteins

Polypeptides: Amyloid Formers and Molecular Motors · Dr. V. Knecht 110

Protein Folding and Function · Dr. T. Weikl (I) 112

Weak Polyelectrolytes in Poor Solvents · Dr. C. Seidel 114

Molecular Motors

Motor Cycles and Operation Modes of Kinesin · Dr. S. Liepelt 116

Cooperative Transport by Molecular Motors · Dr. M. Müller 118

Membranes and Vesicles

Morphologies of vesicles loaded with aqueous polymer solution · Dr. R. Dimova (I) 120

Morphological transitions of vesicles in AC electric fields · Dr. R. Dimova (II) 122

Lipid flow patterns in vesicles fields · Dr. R. Dimova (III) 124

Membranes and Nonpolar Surfaces · Dr. V. Knecht 126

Tension-Induced Membrane Fusion · Dr. A. Grafmüller 128

Membrane Adhesion · Dr. T. Weikl (II) 130

Networks in Bio-Systems

Life Cycle of Chlamy Cells · Prof. R. Lipowsky; Dr. A. Valleriani 132

BIOMOLECULAR SYSTEMS

Research in the Department of Biomolecular Systems · Prof. P.H. Seeberger 136

APPENDIX

Organigramm

Organization Chart 140

Fachbeirat und Kuratorium

Scientific Advisory Board and Board of Trustees 142

Drittmittelprojekte

Third Party Funds 143

Ausgewählte Veranstaltungen

Selected Events 152

Wissenschaftliche Abschlüsse

Scientific Degrees 153

Personalien

Appointments and Honors 156

Wissenschaftliche Veröffentlichungen und Patente

Publications and Patents 158

Vorwort

„Aus winzigen Keimen entsteht Gewaltiges.
[Ex minimis seminibus nascuntur ingentia.]“
Lucius Seneca

„Aus kleinen Dingen kann groß' Sach' entspringen.“
Holländisches Sprichwort

Dieser Bericht beschreibt die Aktivitäten des Max-Planck-Instituts für Kolloid- und Grenzflächenforschung (MPI-KG), das 1992 als eines der ersten Max-Planck-Institute in den neuen Bundesländern gegründet wurde und seit 1999 im Wissenschaftspark Potsdam-Golm, angesiedelt ist. Das MPI-KG besteht zurzeit aus fünf Abteilungen und mehreren Servicegruppen, wobei die neu eingerichtete Abteilung „Biomolekulare Systeme“ (Peter Seeberger) bis zur Fertigstellung unseres Erweiterungsgebäudes an der Freien Universität Berlin untergebracht ist.

Dieses Vorwort gibt zunächst eine kurze Einführung in das Forschungsgebiet des MPI-KG und einen Überblick über die aktuellen Schwerpunkte der einzelnen Abteilungen. Dabei soll auch deutlich werden, dass die Forschungsaktivitäten aller fünf Abteilungen eng miteinander verknüpft sind.

Die Kolloid- und Grenzflächenforschung beschäftigt sich mit sehr kleinen bzw. ultradünnen Strukturen im Nano- und Mikrometerbereich. Einerseits handelt es sich bei diesen Nanostrukturen um eine „Welt der versteckten Dimensionen“, andererseits bestimmt die komplexe Architektur und Dynamik

dieser Strukturen das Verhalten von sehr viel größeren Systemen wie biomimetischen Verbundmaterialien und biologischen Organismen.

Ein tieferes Verständnis von Kolloiden und Grenzflächen ist deshalb Voraussetzung für die Entwicklung von „intelligenten“ Wirkstoffträgern und Biomaterialien. Dazu ist ein interdisziplinärer Zugang notwendig, der chemische Synthese und biomimetische Materialentwicklung mit physikalischer Charakterisierung und theoretischer Modellierung verknüpft.

Die Nano- und Mikrostrukturen, die am MPI-KG erforscht werden, sind aus noch kleineren, nämlich atomaren und molekularen Bausteinen aufgebaut. Es ist im Prinzip möglich, diese Bausteine mit Instrumenten wie dem Rasterkraftmikroskop zu greifen, aber diese „Greifarme“ sind relativ unhandlich, so dass ein derartiger Zusammenbau selbst für eine einzelne Nanostruktur sehr aufwändig ist. Außerdem benötigt man für die weitere Forschung und Entwicklung viele Kopien der gleichen Struktur.

Die Synthese und der Zusammenbau der atomaren und molekularen Bausteine nutzt deshalb das Prinzip der Selbstorganisation aus: man stellt die äußeren Bedingungen so ein, dass sich die Bausteine „von selbst“ miteinander verbinden und größere Strukturen aufbauen. Die beiden Abteilungen „Biomolekulare Systeme“ (Peter Seeberger) und „Kolloidchemie“ (Markus Antonietti) beschäftigen sich schwerpunktmäßig mit diesem Systemaufbau.

In der Abteilung „Biomolekulare Systeme“, die im Jahr 2008 neu eingerichtet wurde, werden „maßgeschneiderte“

Zuckermoleküle synthetisiert und mit anderen molekularen Gruppen verknüpft.

Diese komplexen Kohlehydrate können andere Kohle-



hydrate sowie Proteine und Antikörper an ihrem molekularen Aufbau erkennen und diskriminieren, ein Prozess, der mit Hilfe sogenannter Zuckerchips systematisch untersucht wird. Ein langfristiges Ziel ist dabei die Entwicklung von Impfstoffen auf Zuckerbasis.

Die Abteilung „Kolloidchemie“ setzt verschiedenartige Makromoleküle ein, um daraus mesoskopische Verbundsysteme und Hybridmaterialien mit unterschiedlicher Architektur aufzubauen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der gezielten Kodierung von Strukturbildung und Selbstorganisation, d. h. die Moleküle enthalten bestimmte Muster, die die Strukturbildung steuern und die Zielstruktur weitgehend festlegen. Ein weiterer Schwerpunkt dieser Abteilung ist die Umwandlung von Biomasse in Kohle mittels der hydrothermalen Karbonisierung, ein Prozess, der einen wichtigen Beitrag zur Fixierung von CO₂ liefern könnte.

Weitere Nanostrukturen, die sich „von selbst“ organisieren, sind molekulare Monoschichten sowie Multischichten aus positiv und negativ geladenen Polymeren, zwei Schwerpunkte der Abteilung „Grenzflächen“ (Helmuth Möhwald). Die Nanostrukturen werden dabei an mesoskopischen und makroskopischen Grenzflächen „aufgehängt“ und können dann mit physikalischen Untersuchungsmethoden sehr präzise vermessen werden. Die Multischichten von geladenen Polymeren lassen sich für die Verkapselung von ganz unterschiedlichen Wirkstoffen einsetzen und haben deshalb ein großes Anwendungspotential.

Nano- und Mikrostrukturen sind hierarchisch aufgebaut. Besonders eindrucksvolle Beispiele für diesen „verschachtelten“ Systemaufbau finden sich in mineralisierten Geweben, wie Knochen, Zähnen oder Muschelschalen, sowie in Pflanzen und deren Zellwänden. Diese Systeme werden in der Abteilung „Biomaterialien“ (Peter Fratzl) mit physikalischen Methoden erforscht. Dabei wird auch die Methode der fokussierten Synchrotronstrahlung eingesetzt, die es erlaubt, die Struktur von Mikrodomänen des Materials mit atomarer Auflösung sichtbar zu machen. Im Zentrum des Interesses stehen die Struktur-Funktions-Beziehungen dieser natürlichen Materialien, insbesondere ihre außergewöhnlichen mechanischen Eigenschaften, die sich ständig wechselnden äußeren Bedingungen anpassen.

Die Aktivitäten der vier experimentellen Abteilungen werden durch theoretische Untersuchungen in der Abteilung „Theorie & Bio-Systeme“ (Reinhard Lipowsky) ergänzt. Aktuelle Schwerpunkte der Theorie sind molekulare Maschinen und mehrkomponentige Membranen. Zur Abteilung gehört auch ein Labor für die experimentelle Untersuchung von Lipid-Membranen und -Vesikeln. Diese theoretischen und experimentellen Aktivitäten verfolgen das langfristige Ziel, die grundlegenden Mechanismen und generellen Prinzipien aufzuklären, die die Selbstorganisation von Bio-Systemen im Nanobereich bestimmen.

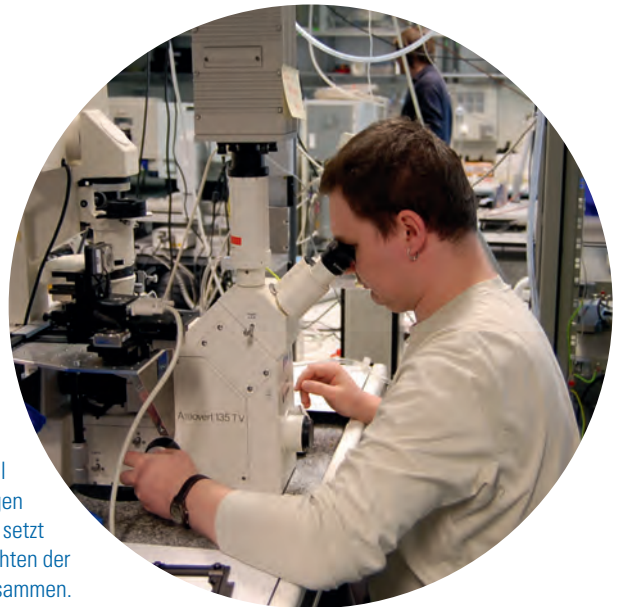
Alle Forschungsgebiete, die hier erwähnt wurden, werden im Hauptteil dieses Berichts sehr viel genauer und detaillierter beschrieben. Dieser Hauptteil ist nach den fünf Abteilungen des Instituts gegliedert und setzt sich aus den Forschungsberichten der einzelnen Arbeitsgruppen zusammen.

Neben der intensiven Forschungstätigkeit hat das MPI-KG auch seine erfolgreiche Nachwuchsförderung weiter fortgesetzt. Inzwischen sind mehr als 40 ehemalige Mitarbeiter des MPI-KGs auf Professuren an Universitäten berufen worden.

Zum Schluss möchte ich zwei Ereignisse der beiden letzten Jahre besonders hervorheben, da sie die Entwicklung des MPI-KGs in den kommenden Jahren maßgeblich mitbestimmen werden. Erstens ist es uns gelungen, Peter Seeberger, vorher ETH Zürich, an das MPI-KG zu berufen. Zweitens hat die Leitung der Max-Planck-Gesellschaft unseren Antrag auf die Errichtung eines Erweiterungsgebäudes genehmigt. Die Notwendigkeit dieser Erweiterung ergibt sich auch aus der Zahl unserer Mitarbeiter, die in den vergangenen Jahren stetig gewachsen ist, vor allem durch die erfolgreiche Einwerbung von Drittmitteln.

An dieser Stelle möchte ich allen Kollegen und Mitarbeitern des MPI-KGs für ihre tatkräftige Unterstützung während der letzten beiden Jahre danken. Mein Dank gilt auch unserem wissenschaftlichen Beirat, der unsere Arbeit wieder sehr kompetent und konstruktiv begleitet hat, und nicht zuletzt der Leitung der Max-Planck-Gesellschaft für die nachhaltige Unterstützung bei der Berufung von Peter Seeberger und bei der Planung unseres Erweiterungsgebäudes.

Reinhard Lipowsky
Geschäftsführender Direktor 2007-2008



Preface

“Ex minimis seminibus nascuntur ingentia.”

(Out of tiny things emerge gigantic ones)

Lucius Seneca

“Aus kleinen Dingen kann groß’ Sach’ entspringen.”

Holländisches Sprichwort

This report describes the recent activities of the Max Planck Institute of Colloids and Interfaces (MPI-KG), which was founded in 1992 as one of the first new Max Planck Institutes after the reunification of Germany. The MPI-KG is located in the Science Park Potsdam-Golm and currently consists of five departments and several service groups. The new department on „Biomolecular Systems“ (Peter Seeberger) is temporarily accommodated at the FU Berlin until the extension of our building has been completed.

This preface provides a brief introduction to some basic aspects of colloids and interfaces and a summary of the main research topics that are pursued in the different departments. The strong interconnections between all research activities within the MPI-KG will be emphasized.

Colloids and interfaces consist of very small and ultrathin structures with linear dimensions between nanometers and micrometers. On the one hand, the dynamics of these nanostructures involves relatively fast processes that evolve on the time scale of nanoseconds. These processes are difficult to study with direct imaging methods, and, thus, represent a „world of hidden dimensions“. On the other hand, these small structures determine the properties and functions of much larger systems such as biomimetic materials and biological organisms.

A more systematic understanding of colloids and interfaces is a prerequisite for the development of „smart“ drug delivery systems and biomaterials. Such a deeper understanding can only arise from an interdisciplinary approach that combines chemical synthesis and biomimetic materials science with physical analysis and characterization as well as theoretical modelling.

The nano- and microstructures that are investigated at the MPI-KG are built up from even smaller atomic and molecular building blocks. In principle, it is possible to hold and assemble these building blocks with special instruments such as the scanning force microscope. These „microhands“ are, however, relatively thick and sticky, and such an assembly is very time-consuming even for an individual nanostructure. In addition, in order to characterize these structures and to develop them further, it is necessary to produce many copies or replicas of them.

Therefore, the synthesis and assembly of atomic and molecular building blocks is primarily based on self-assembly and self-organization. When placed into an appropriate environment, the building blocks assem-

ble „by themselves“ into well-defined larger structures. These structure formation processes represent the focus of the two departments on „Biomolecular Systems“ (Peter Seeberger) and „Colloid Chemistry“ (Markus Antonietti).

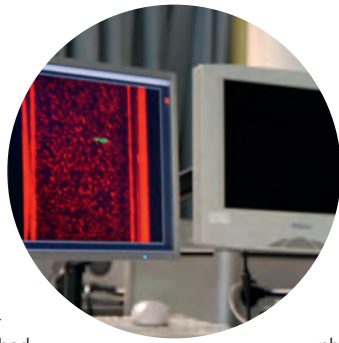
The department „Biomolecular Systems“, which has been newly established in 2008, synthesizes and designs sugar molecules and carbohydrates with well-defined and fine-tuned architectures. These complex macromolecules are able to specifically recognize and distinguish other macromolecules such as proteins and antibodies, a process that is studied by immobilizing the molecules on so-called glycochips. A long-term goal of this research is to develop vaccines based on such sugar molecules.

In the department „Colloid Chemistry“, a variety of macromolecules is used in order to construct mesoscopic compound systems and hybrid materials. One important aspect of this activity is the molecular encoding of self-assembly and self-organization by specific molecular groups that guide these processes towards a certain target structure. Another recent focus of the department is the transformation of biomass into coal using the process of hydrothermal carbonization. The latter process could provide an important contribution to carbon fixation and, thus, to the reduction of CO₂.

Additional nanostructures that arise via selforganization are monolayers of organic molecules and multilayers of positively and negatively charged polymers, two priorities of the department „Interfaces“ (Helmuth Möhwald). These nanostructures are suspended at mesoscopic and macroscopic interfaces and, in this way, become accessible to a wide spectrum of imaging and scattering methods. The multilayers of polyelectrolytes can be used to encapsulate a variety of different molecules and nanoparticles with many promising applications in chemical engineering and pharmacology.

Nano- and microstructures are built up in a hierarchical fashion. Especially impressive examples for this „nested“ system architecture are found in mineralized tissues such as bone, teeth, and seashells as well as in plants and their cell walls. These systems are studied in the department „Biomaterials“ (Peter Fratzl) using a variety of ex-





perimental characterization methods. One particularly powerful method is microfocussed synchrotron radiation, by which one can determine the structure of micrometer domains with atomic resolution and determine the structure-function relationships of these natural materials. One important aspect is their extraordinary mechanical properties, which can adapt to changing environmental conditions.

The activities of the four experimental departments are complemented by theoretical investigations in the department „Theory & Bio-Systems“ (Reinhard Lipowsky). Current priorities of this department are molecular machines as well as bio-membranes and vesicles that are also studied experimentally using optical microscopy. The long-term goal of these research activities is to elucidate the fundamental principles and generic mechanisms that govern the selforganization of biomimetic and biological systems in the nanoregime.

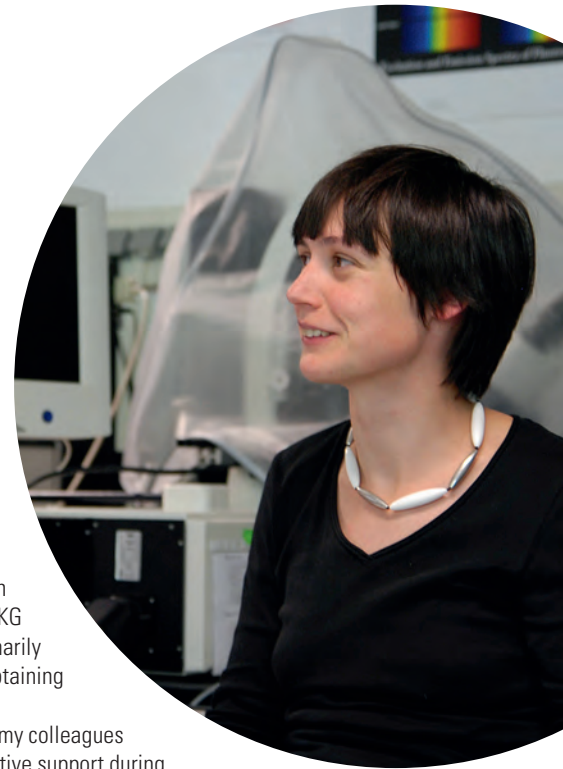
All research topics that have been mentioned here will be described in much more detail in the main body of this report, which is organized according to the five departments of the MPI-KG. Each department consists of several research groups, each of which will present its research results as obtained during the past two years.

Apart from its many research activities, the MPI-KG also continued its successful training of young scientists (in German: Nachwuchsförderung). Indeed, during the last 15 years, more than 40 alumni of the MPI-KG have taken up professorships in Germany and abroad.

Finally, I would like to emphasize two events during the past two years that will have a strong impact on the future development of our institute. First, Peter Seeberger, who has been at the ETH Zürich, has accepted our offer in 2008 and has now started to build up his new department. Second, our president has approved our proposal for an extension of our building. This extension reflects the steady growth of the MPI-KG during the last couple of years, primarily because we were quite successful in obtaining external funding.

I take this opportunity to thank all of my colleagues and associates at the MPI-KG for their active support during the past two years. It is also my pleasure to acknowledge the comprehensive advice that we again obtained from our scientific advisory board. Last not least, I am grateful to our president and to our vice-president for their continuous support of our institute.

Reinhard Lipowsky
Managing Director 2007-2008



Das Institut in Zahlen

Personal

Abb. 1 zeigt, dass das Stammpersonal, etwa 65 administrative und technische Mitarbeiter sowie 40 Wissenschaftler, über die Jahre konstant geblieben ist. Dagegen stieg die Zahl der meist jüngeren Wissenschaftler mit Anstellung über weniger als drei Jahre stetig auf etwa 200. Wenn man berücksichtigt, dass zusätzlich etwa 50 kurzzeitige Gäste im Institut arbeiten, wird klar, dass die Büros und Labors mit etwa 4000 m² Fläche überbelegt sind. Dennoch erwarten wir einen Anstieg der Mitarbeiterzahl mit dem Aufbau der Abteilung „Biomolekulare Systeme“, die zunächst auf dem Campus der Freien Universität Berlin untergebracht wird, ehe sie in den Erweiterungsbau des Instituts im Wissenschaftspark Potsdam-Golm umziehen kann.

Abb. 2 demonstriert, daß die Zahl der Doktoranden gerade 100 übersteigt, während die Zahl der Postdoktoranden über 70 angewachsen ist (**Abb. 3**). Während Postdoktoranden vorwiegend Ausländer sind, liegt deren Anteil bei den Doktoranden um 50%. Dieser Anteil ist wünschenswert und die

Statistik zeigt auch, dass die Phase zu geringer deutscher Doktoranden Anfang des Jahrhunderts überwunden ist.

Unter den Wissenschaftlern sind Ausländer in der Mehrzahl, insgesamt liegt deren Anteil bei etwa 40%. Die Statistik der Herkunftsländer in **Abb. 4** zeigt, dass der Anteil der Europäer bei etwa 50% liegt, etwa zur Hälfte West- und Osteuropa. Ein weiteres Viertel sind chinesische Gäste.

Budget

Die institutionelle Förderung sank in den letzten Jahren stetig, und der Anstieg 2008 hat technische Gründe (**Abb. 5**). Die Max-Planck-Gesellschaft wurde weitgehend mehrwertsteuerpflichtig und dies wurde durch eine erhöhte Zuweisung aufgefangen. Dennoch erwarten wir mit der Einrichtung der fünften Abteilung einen erheblichen Etatzuwachs in den folgenden Jahren.

Fig. 1

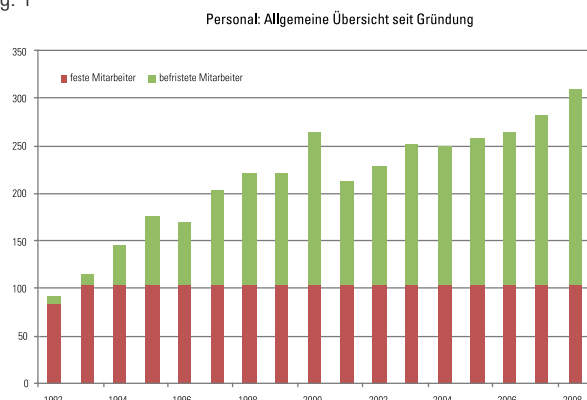


Fig. 3

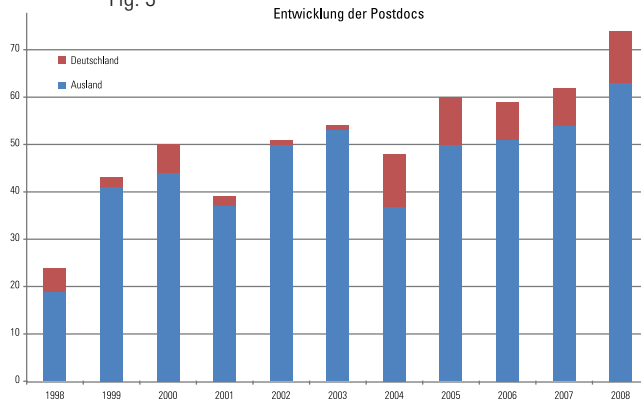


Fig. 2

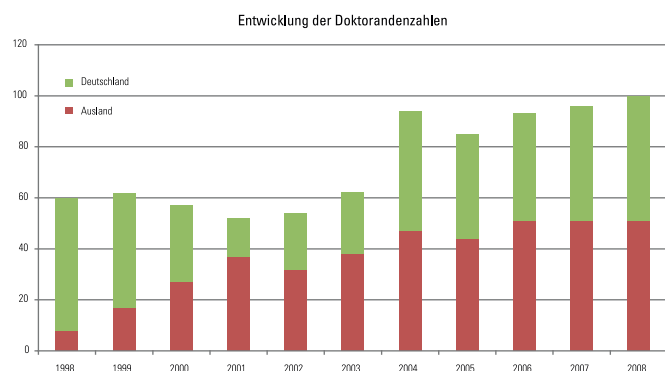
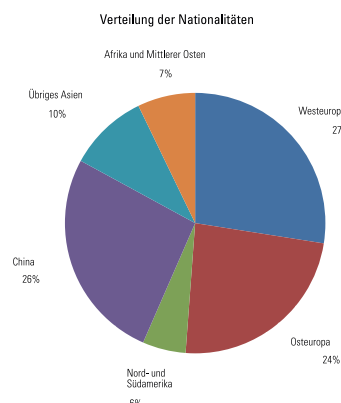


Fig. 4



Der Anteil der Drittmittelförderung liegt bei etwa 20% (Abb. 6). Insgesamt stieg er leicht an, es gibt aber erhebliche Schwankungen des Anteils einzelner Drittmittelgeber:

- Die EU-Förderung verringerte sich 2008 erstmals vor allem wegen des Übergangs vom 6. zum 7. Rahmenprogramm. Zudem haben viele Wissenschaftler, die EU-Mittel eingeworben haben, das Institut auf Professorenstellen verlassen und dorthin ihre Fördermittel übertragen.
- Trotz der Beschränkungen für Max-Planck-Wissenschaftler wuchs die Förderung durch die Deutsch Forschungsgemeinschaft (DFG), vor allem wegen der Gewährung einer Gemeinkostenpauschale.
- Die Förderung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), bei der Max-Planck-Forscher ebenfalls eingeschränkt sind, stieg an wegen einer besonderen Aktivität, dem NanoFutur-Preis von D. Shchukin.
- Die Industriemittel blieben konstant bei einem Anteil von 15% der Drittmittel. Dieser Anteil ist akzeptabel für ein Institut mit einem Grundlagenforschungsauftrag.

Wissenschaftliche Ergebnisse und deren Einfluss

Obwohl wir ein Forschungsinstitut und keine Universität sind, betrachten wir als wichtigsten Ertrag nicht Papier, sondern viele gut ausgebildete junge Wissenschaftler. Es ist allerdings in der Wissenschaft zur Gewohnheit geworden, den Erfolg durch Publikationen und Zitationen zu messen, die vom „Institute for Scientific Information“ (ISI) erfasst werden. Wie Abb. 7a zu entnehmen, haben die Zahlen der jährlichen Publikationen einen stabilen Wert oberhalb 300 erreicht. Der Anstieg internationaler Anerkennung wird auch sichtbar anhand des drastischen Anstiegs an Zitationen oberhalb 14.000 (Abb. 7b). Die Zahl übertrifft erheblich die entsprechenden viel größerer Institute, auch solcher mit älterer Geschichte, die von dem kumulativen Charakter der Zitationen profitieren. Diese Zahlen machen es auch verständlich, dass das Institut an der Spitze vieler Arten von Reihungen und Bewertungen liegt. Die letzte bemerkenswerte war das 2007 veröffentlichte „Forschungsrating Chemie“ des Wissenschaftsrats, bei dem das Institut in Qualität und Effizienz den Spitzenplatz unter 77 Forschungsinstituten oder Fakultäten einnimmt.

Fig. 5

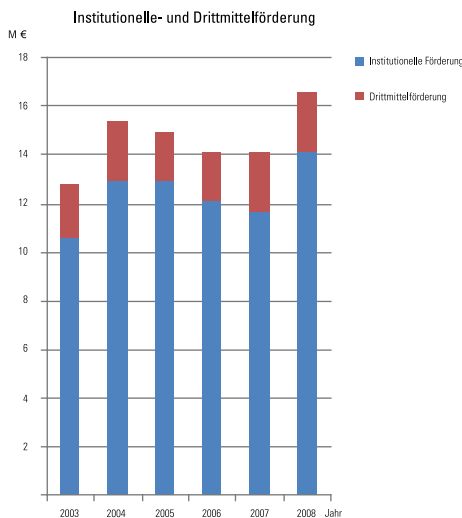


Fig. 7a

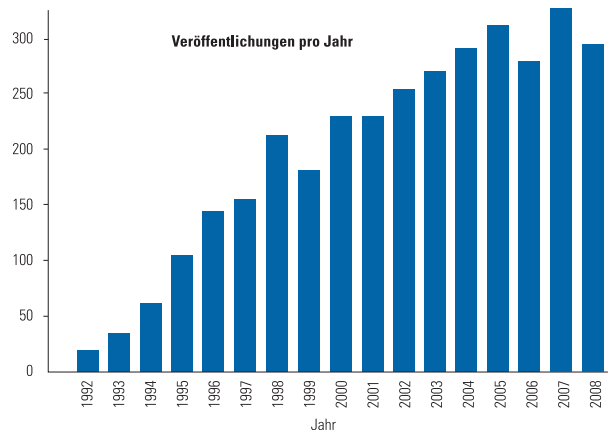


Fig. 6

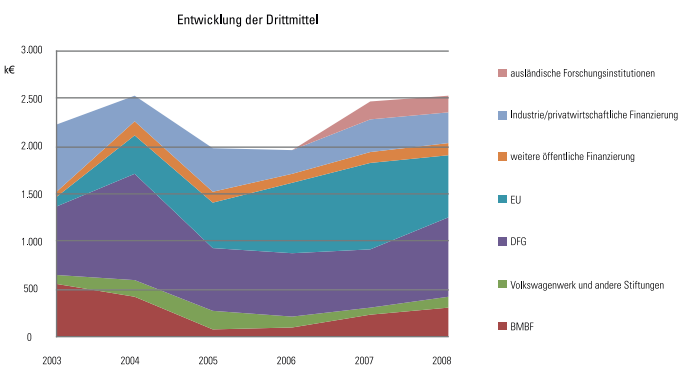
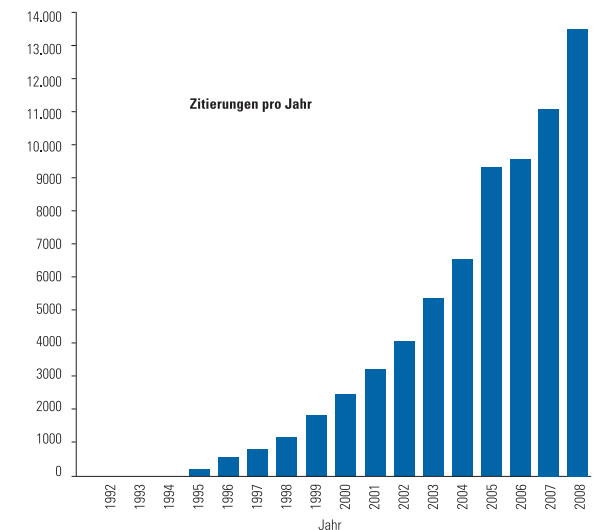


Fig. 7b



The Institute in Numbers

I. Personnel

Fig. 1 shows that staff, about 65 administrative and technical personnel and 40 scientists, has remained constant over many years. However, the number of scientists, mostly young ones with appointments for less than three years, has still been increasing towards close to 200. Taking into account that there are in addition about 50 short term guests in the institute the space of about 4000 m² is overcrowded. Still we expect an increase of the personnel with the set up of the department "Biomolecular Systems" which will be accommodated on the Campus of the Free University Berlin until it moves into the extension of the institute in the Science Park Potsdam-Golm.

Fig. 2 demonstrates that the number of graduate students will exceed the amount of 100. That of postdocs is just increasing above 70 (**Fig. 3**). Whereas postdocs are mainly foreigners, for graduate students their fraction is near 50%. This is a desirable situation indicating that we have well overcome the

shortage of German graduate students in the first years of this century.

Among scientists foreigners are the majority, in total their fraction is about 40%. Their origin by country is depicted in **Fig. 4**. The fraction of Europeans is about 50%, nearly equally divided between Eastern and Western Europe. Another quarter is taken up by Chinese guests.

Budget

The institutional funding has seen a steady decrease in the last years, and the increase in 2008 is for technical reasons (**Fig. 5**). There have been changes in the German tax law forcing the Max Planck society to pay sales tax, and this has been recovered by a budget increase. Still with the establishment of the 5th department we also anticipate a major budget increase in the years to come.

Fig. 1

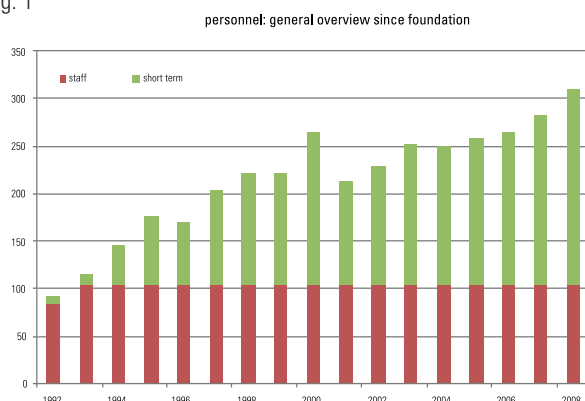


Fig. 3



Fig. 2

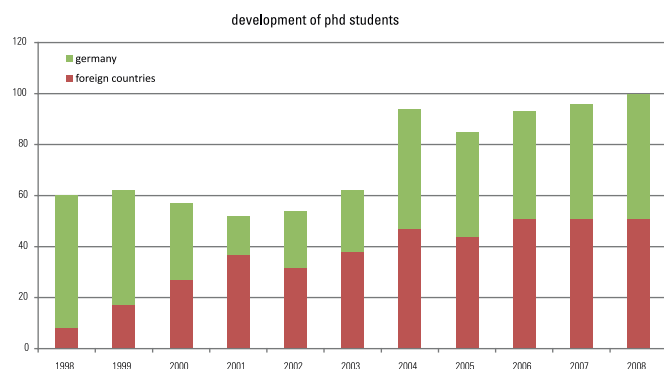
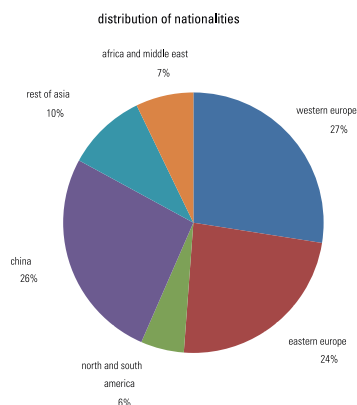


Fig. 4



External funding amounts to about 20% (Fig. 6). This overall has been slightly increasing but there have been considerable fluctuations concerning the different sources:

- EU funding has experienced the first decline in 2008 predominantly due to a change between the 6th and the 7th framework program. In addition many scientists who have been strong in EU funding have left on professor positions taking their funding with them.
- Despite its restriction for Max Planck scientists funding by the German Research Foundation (DFG) has increased, largely also due to introduction of overhead financing.
- Funding by the Ministry of Education and Research (BMBF), also restricted for Max Planck Institutes, has again increased, predominantly due to a special activity, the Nanofuture award for D. Shchukin.
- Industry funding has remained on a constant level of 15% of all funding. This is a reasonable level for an institute with a basic science mission.

Scientific Output and Impact

Although being a research institution, not a university, we consider the most important output not paper but the many well-trained young scientists leaving the institute. Yet it has become custom to measure success in science in publications and citations analyzed by the ISI. According to Fig. 7a the number of publications has reached a steady level above 300. The build-up of international reputation is also visible from the drastic increase in citations above 14.000 (Fig. 7b). This number much exceeds that of many large institutes, also those with a longer history that profit from the cumulative character of citations. These numbers make it also understandable that the institute ranks top in many types of rankings and ratings. The last notable has been the 2007 published chemistry research rating of the German Science Council which in quality and efficiency ranked our institute top among 77 research institutes or faculties.

Fig. 5

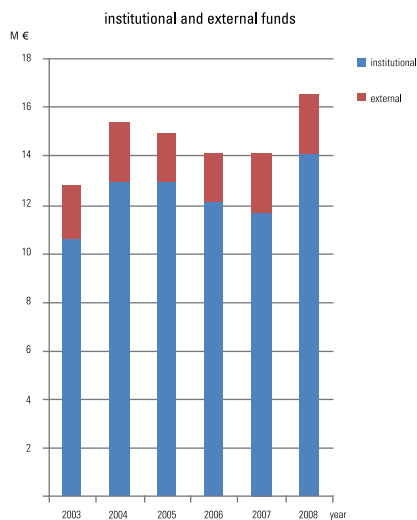


Fig. 7a

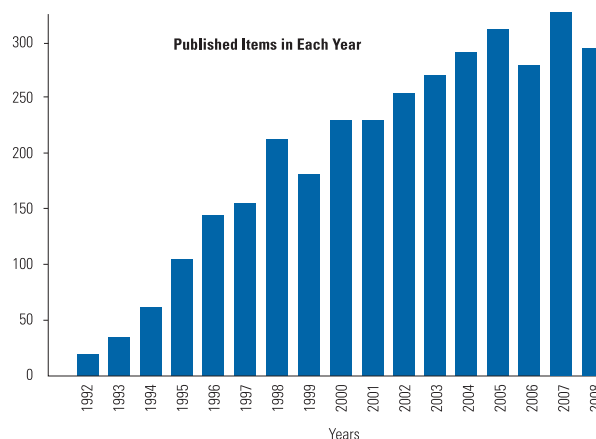


Fig. 6

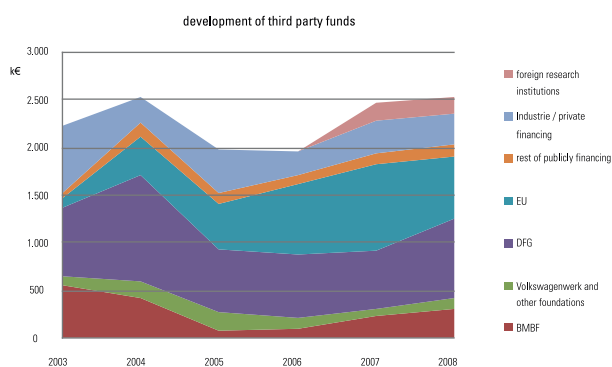
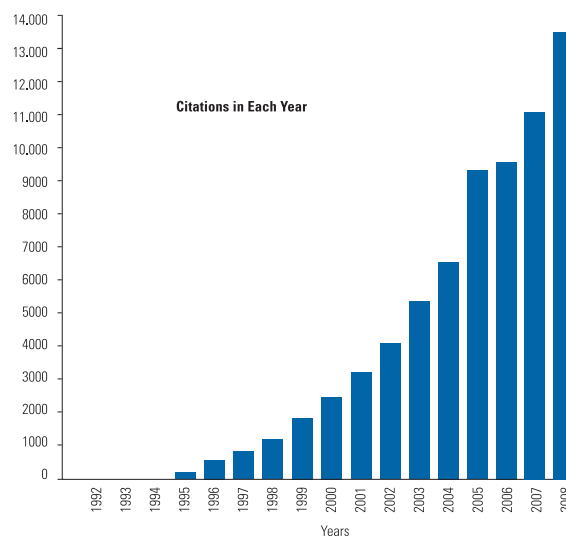


Fig. 7b



Das Forschungsprogramm des Max-Planck-Instituts für Kolloid- und Grenzflächenforschung (MPI-KG)

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 **Abb. 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.

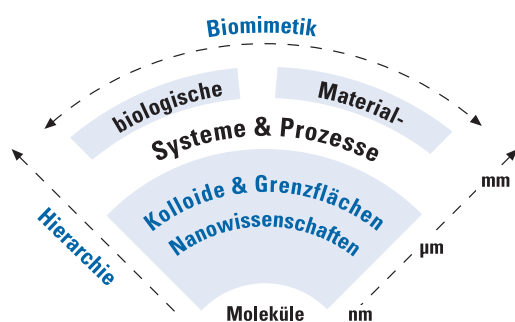


Abb. 1: Die Forschung am MPI-KG beschäftigt sich mit Strukturen und Prozessen, die zwischen dem Nano- und Mikrometerbereich liegen, d.h. mit dem traditionellen Bereich der Kolloid- und Grenzflächenforschung, der viele Ebenen, angefangen von Molekülen bis hin zu biomimetischen Materialien und biologischen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

Die Forschung am MPI für Kolloid- und Grenzflächenforschung basiert auf der Fachkenntnis von fünf 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 zusammgebaut, 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 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 grenzflächengesteuerte 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 räumlichen 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 Umgebungsparametern führt hin zu reaktiven und selbstheilenden Systemen.

Membranen und andere Grenzflächen können durch speziell hinzugefügte Moleküle und Partikel funktionalisiert werden. Am MPI-KG 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 ver-

wendet. 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 MPI-KG 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 MPI-KG 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, Vesikeln aus Lipiden oder polymeren Doppelschichten aus Polyelektrolyt-



Multilagen bestehende Kapseln. In diesen Kompartimenten kann man physikalische und chemische Prozesse der Strukturbildung und Selbstorganisation 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 vom Marie-Curie Early Stage Training Netzwerk komplettiert wird, entscheidend gestärkt und unterstützt. Weitere Informationen über die Graduiertenprogramme finden Sie auf den folgenden Seiten.

Neu hinzugekommen ist die Abteilung „Biomolekulare Systeme“, die ab Januar 2009 unter Leitung von Prof. Dr. Peter H. Seeberger ihre Arbeit aufgenommen hat. Da dies außerhalb des Berichtszeitraums liegt, finden Sie hier kein gesondertes Kapitel dazu. Als aktueller Bestandteil des wissenschaftlichen Institutsprofils wird es dennoch einen einführenden Artikel geben, der die zukünftigen Entwicklungen und Erwartungen beschreibt.

Interfacing ist ein Schlüsselproblem bei der Anordnung von kontrollierten und funktionalen kolloidalen Superstrukturen. Dabei ist die Anlagerung von verschiedenen, speziell interagierenden Bausteinen auf der Oberfläche zwingend notwendig. Sind Peptidsequenzen und deren komplett biologische Erkennung weit verbreitet und in vielen Variationen zu finden, fokussiert sich die Seeberger-Gruppe auf die Synthese von speziellen Zuckern und Mehrfachzuckern. Auf diese Weise soll die Erkennung und Wechselwirkung zwischen biologischen Systemen, aber auch bei Grenzflächen zwischen synthetischen Materialien und Biosystemen etabliert werden. Prof. Seeberger hat eine automatisierte Syntheseapparatur entwickelt, um Zuckermoleküle mit anderen Zuckern oder auch Molekülen zu verknüpfen. Damit hat er die Voraussetzungen für die Weiter- und Neuentwicklung von Zuckerbasierten Medikamenten und Impfstoffen geschaffen. Ein Beispiel ist das Impfen mit einem Glykolipid des Malaria-Parasiten oder die chemische Synthese von Heparin. Dieser Ansatz der Polysacchariderkennung und -codierung ist einzigartig, auch für Kolloide und Grenzflächen. Im Zuge dessen hoffen die anderen Abteilungen diese außergewöhnlichen Werkzeuge instrumentalisieren und synergetisch für andere Ziele und Projekte nutzen zu können.

Markus Antonietti, Peter Fratzl, Reinhard Lipowsky, Helmuth Möhwald, Peter Seeberger

The Research Program of the Max Planck Institute of Colloids and Interfaces (MPI-CI)

Colloid and interface science focusses 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.

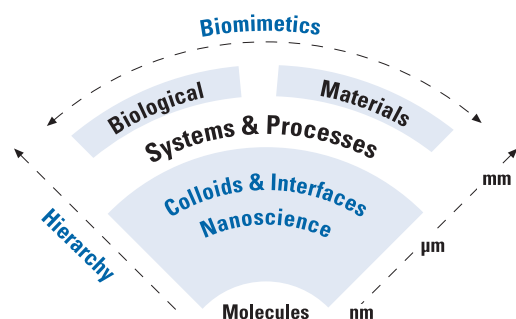


Fig. 1: Research in the MPI-CI focuses on structures and processes in the size range between nano and micro, the traditional domain of colloid and interface science, covering many levels from molecules to biomimetic materials and biological tissues.

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 MPI-CI focuses on complex, multicomponent 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.

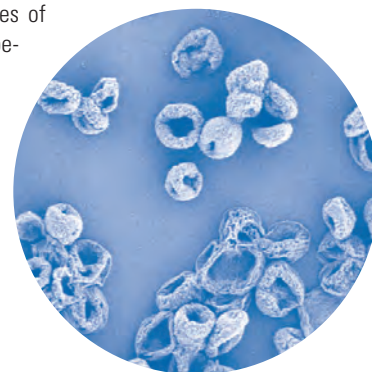
This interplay between experiment and theory is necessary in order to gain a deeper understanding of colloidal and interfacial systems. This understanding can then be used in order to improve the design of these systems, to optimize their performance, and to increase their reliability. In this sense, research at the MPI-CI 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 sol-gel 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 MPI-CI. 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 MPI-CI, based on the subsequent deposition of negatively and positively charged polyelectrolytes.

A large spectrum of experimental methods is used at the MPI-CI 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 MPI-CI. 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 MPI-CI 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 formed from lipid or polymeric bilayers, and capsules existing of 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 MPI-CI has created the International Max-Planck Research School on Biomimetic Systems, complemented by a Marie-Curie Early Stage Training Network, described in detail on the next pages.

The newest addition to the portfolio of the institute is the department "Biomolecular Systems" headed by Prof. Peter H. Seeberger. It has started its scientific work in January 2009. As this is not within the reporting period, there is no chapter on the outcome of this group. Nevertheless, as a part of the scientific profile there will be an introductory article discussing expectations and promises.

Since "interfacing" is a key issue in the set-up of controlled and functional colloidal superstructures, decoration of the surface of various building blocks with specifically interacting moieties is mandatory. While peptide codes and the decoration with complete biological recognition moieties is found widespread and in many variations, the Seeberger group has focussed on the synthesis of specific sugar and oligosaccharide moieties to establish recognition and interaction between biological systems but also for the interface between synthetic materials and biosystems. Peter Seeberger has designed diverse automated synthesis procedures towards such functional carbohydrates in the past, thus allowing to address problems as Malaria treatment or the synthesis of Heparin. We regard this approach of polysaccharide recognition and encoding as unique also for colloids and interfaces, and the other departments intend to instrumentalize these unique tools synergistically for other targets and projects.

Markus Antonietti, Peter Fratzl, Reinhard Lipowsky, Helmuth Möhwald, Peter Seeberger



Wissenschaftliche Beziehungen

Kooperationen mit Universitäten:

Zwischen dem Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung (MPI-KG) und der Universität Potsdam besteht seit Institutsgründung eine intensive und gute Zusammenarbeit. Prof. Antonietti, Prof. Fratzl, 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 und Prof. Seeberger an der Freien Universität Berlin. Darüber hinaus wurde Prof. Rabe vom Institut für Physik der Humboldt-Universität 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 und die beiden Fraunhofer-Institute in Golm beteiligen. Der Sprecher der Schule ist Prof. Lipowsky, der die Schule 1999 beantragt hatte.

Zur weiteren Verstärkung der Zusammenarbeit wurden zwei Juniorprofessuren an der Universität Potsdam eingerichtet, besetzt durch Prof. Andreas Taubert (Kolloidchemie) und durch Prof. Matias Bargeer (Grenzflächen).

Das Institut ist über den Sonderforschungsbereich (SFB) 448 „Mesoskopische Verbundsysteme“ sowie dem SFB 760 „Muskuloskeletale 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 (BCRT) sowie der von der DFG-Exzellenzinitiative geförderten Graduiertenschule Berlin-Brandenburg School of Regenerative Therapies (BSRT). Eine Plattform für die Untersuchung biologischer Proben mit Synchrotronstrahlung wird in enger Kooperation mit der Universität Heidelberg aufgebaut und am Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie betrieben.

Großes Engagement gilt der Betreuung und dem Aufbau von Messplätzen an den Berliner Neutronen- und Synchrotronstrahlungsquellen sowie dem Deutschen Elektronen Synchrotron (DESY) in Hamburg.

Internationale und nationale Kooperationen:

Im Rahmen von europäischen Förderprogrammen, insbesondere dem 6. und 7. Rahmenprogramm der EU partizipieren Arbeitsgruppen des Instituts an Network of Excellence (NoE), Marie Curie- und Specific Target Research Projects (STREP)- Maßnahmen. Insgesamt laufen zurzeit fünf EU-Projekte innerhalb des 6. und sechs EU-Projekte innerhalb des 7.

Rahmenprogramms, davon zwei ERC Advanced Grants. Das Marie Curie Netzwerk über „Biomimetic Systems“ und das STREP-Netzwerk über „Active Biomimetic Systems“ wurden bis 2008 von der Theorieabteilung des MPI koordiniert. Weitere Informationen zu diesen beiden Netzwerken finden Sie unter www.biomimeticsystems.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.

Die Abteilung Grenzflächen unterhält zusammen mit der Chinesischen Akademie der Wissenschaften ein Internationales Labor in Peking und ein gemeinsames Labor mit dem National Institute for Materials Science (NIMS) in Tsukuba (Japan). Darüber hinaus betreibt sie seit 2008 ein „Laboratoire Européen Associé über „Sonochemie“ mit dem CEA-Institut für Separationschemie in Marcoule.

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 lief in 2004 das mit rund fünf Mio. Euro aus dem strategischen Innovationsfonds geförderte Projekt „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 und ist 2008 nach erfolgreicher Evaluation für eine zweite Förderperiode bestätigt worden.

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. Außerdem beteiligt es sich an dem vom BMBF geförderten Netzwerk GoFORSYS über Systembiologie sowie an dem von der DFG geförderten internationalen Graduiertenkolleg über „Self-assembled Soft Matter Nanostructures“.

Industriekooperationen, Verwertungsverträge, Ausgründungen

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

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-Netzwerken. Mit Einrichtung der Abteilung „Biomolekulare Systeme“ hat das Institut sein Spektrum erweitert und den Fokus auf Biowissenschaften verstärkt.

Editorial Boards und Fachbeirat

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.

Editorial Boards:

- Applied Rheology (M. Antonietti)
- Advances in Colloid and Interface Science (R. Miller, Herausgeber)
- Advanced Engineering Materials (P. Fratzl)
- Biomacromolecules (H. Möhwald)
- Biointerphases (P. Fratzl)
- Biophysical Review Letters (P. Fratzl, R. Lipowsky (Herausgeber), H. Möhwald)
- Biophysical Journal (R. Lipowsky)
- Calcified Tissue International (P. Fratzl)
- Chemistry of Materials (M. Antonietti, H. Möhwald)
- Materials Chemistry and Physics (H. Möhwald)
- Colloids and Surfaces (J. Li, Herausgeber)
- Colloid & Polymer Science (M. Antonietti)
- Current Opinion in Colloid & Interface Science (H. Möhwald)
- Journal of Materials Chemistry (H. Möhwald)
- Journal of Structural Biology (P. Fratzl)
- Journal of Structured Physics (R. Lipowsky)
- Langmuir (H. Möhwald, M. Antonietti)
- Macromolecular Chemistry and Physics (H. Möhwald)
- Macromolecular Journals of VCh (M. Antonietti)
- Materials Transactions, Japan (P. Fratzl)

- Nach.Chem.Lab.Tech. (M. Antonietti)
- Nano-Letters (H. Möhwald)
- New Journal of Chemistry (M. Antonietti)
- Journal of Rheology (M. Antonietti)
- Physical Chemistry Chemical Physics (H. Möhwald)
- Polymer (M. Antonietti)
- Progress in Polymer Science (M. Antonietti)
- Review in Molecular Biotechnology (M. Antonietti)
- Soft Matter (H. Möhwald, Herausgeber)

Fachbeiräte:

- Adolphe Merkle Institute (AMI) Fribourg (H. Möhwald)
- Austrian Nano Initiative (H. Möhwald, Beirat und Jury)
- Berlin-Brandenburg School of Regenerative Therapies (BSRT) (P. Fratzl)
- DECHEMA Arbeitsgruppe über „Chemische Nanotechnologie“ (H. Möhwald)
- Elitenetzwerk Bayern (R. Lipowsky)
- Fondation ICFRC, International Center for Frontier Research in Chemistry, Strasbourg (H. Möhwald)
- 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)
- Institute of Biophysics and Nanosystems Research of the Austrian Academy of Science (ÖAW), Graz (H. Möhwald, Vorsitzender)
- PETRA III microfocus beamline (P. Fratzl)
- Photon Science Committee DESY (P. Fratzl, Chair)

Scientific Relations

Co-operations with Universities

The Max Planck Institute of Colloids and Interfaces (MPI-CI) and the University Potsdam maintain since its foundation intense and well-connected research co-operations. Prof. Antonietti, Prof. Fratzl, 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 and Prof. Seeberger at the Free University Berlin. 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 and the two Fraunhofer Institutes in Golm as well. The chairman 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 760 program "Musculoskeletal Regeneration" co-ordinated by Charité, Medical University, Berlin. The MPI is also member of the BMBF financed Berlin-Brandenburg Center for Regenerative Therapies (BCRT) and the Berlin-Brandenburg School of Regenerative Therapies (BSRT), funded by the Excellence Initiative of the DFG. Furthermore a platform for investigating biological specimens at Synchrotrons is set up together with the University Heidelberg and is run by the Helmholtz Centre Berlin for Materials and Energy.

Big engagement required also the maintenance and build-up of beamlines at the neutron- and synchrotron radiation sources in Berlin and the German Electron Synchrotron (DESY) in Hamburg

International and National Co-operations:

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 and 7th framework program of the EU. In total there are five EU projects within the 6th and six within the 7th framework program, including two ERC Advanced Grants. The Marie Curie network on "Biomimetic Systems" and the STREP network on "Active Biomimetic Systems" were coor-

inated by the Theory & Bio-Systems Department of the MPI until 2008. Further information is available under www.biomimeticsystems.de.

Beyond the collaborations described there exist bilateral and co-operation 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 with 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 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. 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). Furthermore there exists a Laboratoire Européen Associé about „Sonochemistry“. It is run since 2008 together with the CEA Institute of Separation Chemistry in Marcoule.

Also the project "EnerChem", funded with 5 Mill. EUR by the strategic innovation funds of the Max Planck Society, has been successfully started in 2004. EnerChem is a research association, initiated by five Max Planck Institutes and coordinated by Prof. Antonietti of the MPI-CI. 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. After a successful evaluation in 2008 the research initiative has been approved for a second funding period.

Furthermore a co-operation 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. The institute also takes part in the systems biology network GoFORSYS, which is funded by the BMBF and the international graduate program "Self-assembled Soft Matter Nanostructures", which is funded by the DFG.

Co-operations with Industry, Application

Contracts, Spin-Offs

Among many industry contacts co-operations with well-defined targets have been with BASF Coatings, Clariant GmbH, Degussa AG, Firmenich, Procter & Gamble, Servier and Schering AG. At present the MPI-Cl upholds 46 patents. In the period from 1993-2006 six spin-offs have been launched: Capsulation Nanoscience AG, Colloid GmbH, Nanocraft GmbH, Optrel, Riegler & Kirstein and Sinterface.

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. With the establishment of the "Biomolecular Systems" department the scientific spectrum has been enlarged and the focus on biological sciences has been strongly intensified.

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 Colloid and Interface Science (R. Miller, Editor)
- Advanced Engineering Materials (P. Fratzl)
- Biomacromolecules (H. Möhwald)
- Biointerphases (P. Fratzl)
- Biophysical Review Letters (P. Fratzl, R. Lipowsky (Editor), H. Möhwald)
- Biophysical Journal (R. Lipowsky)
- Calcified Tissue International (P. Fratzl)
- Chemistry of Materials (M. Antonietti, H. Möhwald)
- Materials Chemistry and Physics (H. Möhwald)
- Colloids and Surfaces (J. Li, Editor)
- Colloid & Polymer Science (M. Antonietti)
- Current Opinion in Colloid & Interface Science (H. Möhwald)
- Journal of Materials Chemistry (H. Möhwald)
- Journal of Structural Biology (P. Fratzl)
- Journal of Structured Physics (R. Lipowsky)
- Langmuir (H. Möhwald, M. Antonietti)
- Macromolecular Chemistry and Physics (H. Möhwald)
- Macromolecular Journals of VCh (M. Antonietti)

- Materials Transactions, Japan (P. Fratzl)
- Nach.Chem.Lab.Tech. (M. Antonietti)
- Nano-Letters (H. Möhwald)
- New Journal of Chemistry (M. Antonietti)
- Journal of Rheology (M. Antonietti)
- Physical Chemistry Chemical Physics (H. Möhwald)
- Polymer (M. Antonietti)
- Progress in Polymer Science (M. Antonietti)
- Review in Molecular Biotechnology (M. Antonietti)
- Soft Matter (H. Möhwald, Editor)

Advisory Boards:

- Adolphe Merkle Institute (AMI) Fribourg (H. Möhwald)
- Austrian Nano Initiative (H. Möhwald, Board and Jury)
- Berlin-Brandenburg School of Regenerative Therapies, BSRT (P. Fratzl)
- DECHEMA Research Group on "Chemical Nanotechnology" (H. Möhwald)
- Elitenetzwerk Bayern (R. Lipowsky)
- Fondation ICFRC, International Center for Frontier Research in Chemistry, Strasbourg (H. Möhwald)
- Fraunhofer-Institute of 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 Biophysics and Nanosystems Research of the Austrian Academy of Science (ÖAW), Graz (H. Möhwald, Chair)
- Institute of Theoretical Physics, CAS (R. Lipowsky)
- Minerva Weizmann Committee (R. Lipowsky)
- PETRA III Microfocus Beamline (P. Fratzl)
- Photon Science Committee DESY (P. Fratzl, Chair)

Internationale Max Planck Research School (IMPRS) über Biomimetische Systeme

Das Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung (MPI-KG) koordiniert gemeinsam mit der Universität Potsdam seit 2000 die „Internationale Max Planck Research School (IMPRS) über Biomimetische Systeme“. Die Schule wurde von 2004 bis 2008 um ein *European Early Stage Training (EST)* Netzwerk erweitert, das aus 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.

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 MPI-KG erforscht biomimetische Systeme im Bereich supramolekularer und kolloidaler Größenordnungen. Diese Systeme werden hauptsächlich durch die innere Architektur von Zellen inspiriert, enthalten viele, aus Ionen und kleinen Molekülen aufgebaute Nanostrukturen und weisen lineare Dimensionen zwischen einigen Nano- und vielen Mikrometern auf.

Die aktuelle Forschung über biomimetische Systeme am MPI-KG beinhaltet folgende Themenbereiche: Wasserstruktur; Polyelektrolyte und andere wasserlösliche Polymere; flexible Membranen mit mehreren Lipidkomponenten; Diblock-Copolymer-schichten und Polyelektrolyt-Multischichten; Membranfusion, aktiver Transport von molekularen Motoren;

Biominalisation und Knochen, Netzwerkdynamik und Evolution, Systembiologische Projekte.

Derzeit stoßen biomimetische Systeme als wissenschaftliches Topthema auf ein überaus großes, weltweites Interesse. 1999, als die Internationale Max Planck Research School (IMPRS) über „Biomimetische Systeme“ 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“ jetzt eine Popularität erlangt, die bis in die Werbung und den Film reicht. Aufgrund dieser rasanten Entwicklung zeigt Goo-

gle bei Sucheingabe heute mehr als 800.000 Ergebnisse für „biomimetische Systeme“ an. Dabei stehen unsere Initiativen bei diesem Suchbegriff mehrmals unter den zehn besten Treffern.

Lehrprogramme über Biomimetische Systeme

Das Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung hat die große Bedeutung biomimetischer Systeme schon früh 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 der meisten Studenten reicht allerdings nicht für ein befriedigendes Grundwissen in der Biomimetik 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) über „Biomimetische Systeme“ wurde 1999 von einem von uns (R.L.) eingereicht und von der Leitung der Max-Planck-Gesellschaft zunächst für einen Zeitraum von sechs Jahren bewilligt. Die Schule eröffnete daraufhin das erste Semester im Jahr 2000. Nach erfolgreicher Evaluierung im Jahr 2004 erhält die Schule eine weitere Förderung von sechs Jahren bis Ende 2012.

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 MPI-KG 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 Potsdam-Golm gezogen. Die Gruppen der Humboldt-Universität zu Berlin befinden sich in Berlin-Adlershof.

Lehrplan

Die Schule organisiert mehrere Lehrveranstaltungen pro Semester. Zum Einen gibt es allgemeine Kurse, um ein gemeinsames wissenschaftliches Basiswissen zu etablieren. Diese Kurse vermitteln die fundamentalen Prinzipien theoretischer, rechnerischer und experimenteller Arbeit auf dem Gebiet biomimetischer Systeme. Zum Anderen gibt es mehrere Kompaktkurse, die speziell auf bestimmte Themenbereiche ausgerichtet sind.



Bewerbung

Die IMPRS über Biomimetische Systeme akzeptiert im Allgemeinen Bewerbungen während des ganzen Jahres und das ohne besondere Fristen. Interessierte Studenten können über ein Online-Formular auf der schuleigenen Webseite ihre Anfrage übermitteln. Der Fragebogen bezieht sich auf relevante Punkte im Lebenslauf des Kandidaten. Ist dieser vollständig ausgefüllt, erhält der Koordinator der Schule (A.V.) die Bewerbung und leitet sie an die passenden Gruppenleiter weiter. Bei Interesse wird der Student aufgefordert, eine vollständige Bewerbung einzureichen.



Doktorgrad

Studenten, die Mitglieder der IMPRS sind, sind immer als Doktoranden an einer der Partneruniversitäten eingeschrieben. Sie verteidigen ihre Arbeit vor einer Kommission, die aus Fakultätsmitgliedern der Universität und des MPI für Kolloid- und Grenzflächenforschung besteht und den Regeln der jeweiligen Universität unterliegt.

Internationalität

Die IMPRS über Biomimetische Systeme ist offen für Kandidaten aus aller Welt. Sowohl die IMPRS als auch das MPI für Kolloid- und Grenzflächenforschung sind sehr internationale Einrichtungen: Alle Vorlesungen und Aktivitäten werden in englischer Sprache abgehalten.

Internet

Weitere Informationen über den Lehrplan und die Zulassungsvoraussetzungen erhalten Sie unter:

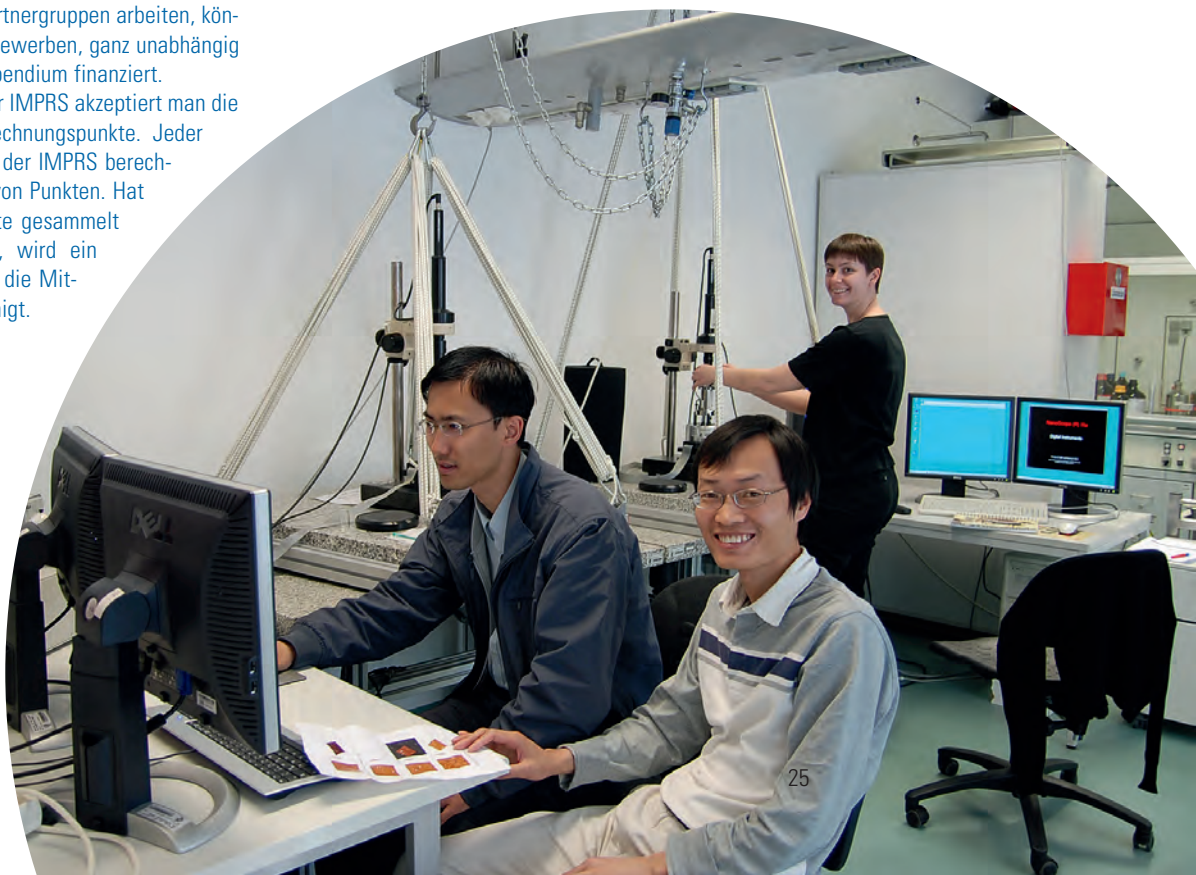
www.bio-systems.org/imprs

Reinhard Lipowsky und Angelo Valleriani

Mitgliedschaft und Anrechnungspunkte

Doktoranden, die bei einer der Partnergruppen arbeiten, können sich für eine Mitgliedschaft bewerben, ganz unabhängig davon, welche Institution das Stipendium finanziert.

Mit der Mitgliedschaft bei der IMPRS akzeptiert man die Bedingungen bezüglich der Anrechnungspunkte. Jeder Kurs und jede Aktivität innerhalb der IMPRS berechtigt zu einer bestimmten Anzahl von Punkten. Hat ein Student die benötigten Punkte gesammelt und seinen Dokortitel erhalten, wird ein IMPRS-Zertifikat ausgestellt, das die Mitgliedschaft und Leistung bescheinigt.



International Max Planck Research School (IMPRS) on Biomimetic Systems

IMPRS on Biomimetic Systems

The MPI of Colloids and Interfaces has established, in the year 2000 together with the University of Potsdam, an International Max Planck Research School (IMPRS) on Biomimetic Systems. This activity was enhanced from 2004 to 2008 by a European Early Stage Training (EST) network which included six partner groups in Copenhagen, Düsseldorf, Edinburgh, Leoben, Milano, and Toulouse.

The IMPRS on Biomimetic Systems offers, together with its partner groups, 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 transcends the traditional boundaries between the different disciplines. The curriculum is based on courses, seminars and workshops with the participation of scientists who work at the cutting edge of this field.

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 IMPRS on Biomimetic Systems is focussed 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; bio-mineralization and bone; networks dynamics and evolution; systems biology projects.

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 internet search engines would not return any significant number of results.

Now, 'biomimetic' has become a popular term that is mentioned even in movies and advertisements, and Google returns about 800000 results for 'biomimetic sys-

tems'! In fact, our initiatives on biomimetic systems appear several times among the top ten results.

Training Programs on Biomimetic Systems

The Max Planck Institute of Colloids and Interfaces recognized the relevance of Biomimetic Systems long before the word had so much resonance in the media and in the scientific community as it has now. We also recognized that the traditional training of most students would not provide a sufficient basis for doctoral studies in biomimetics. In addition there was a strong demand for multidisciplinary training from those students who want to work in this emerging research field.

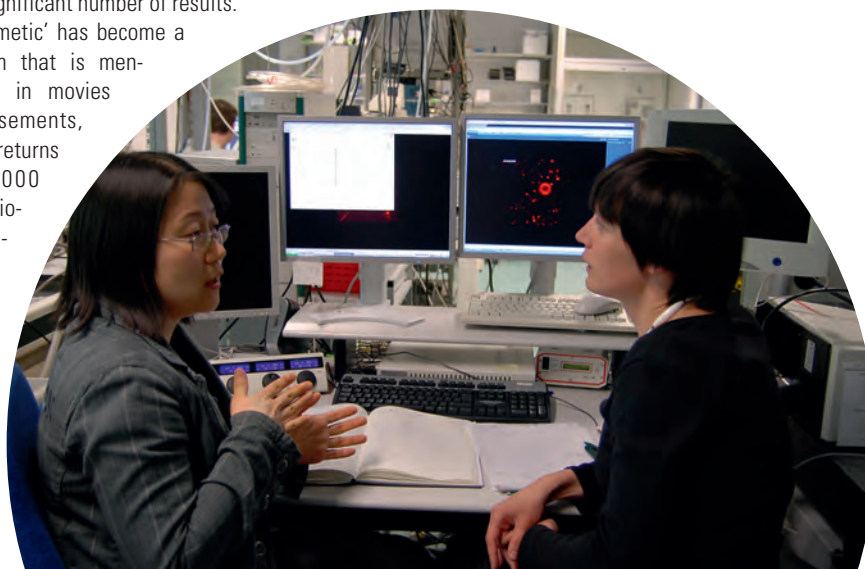
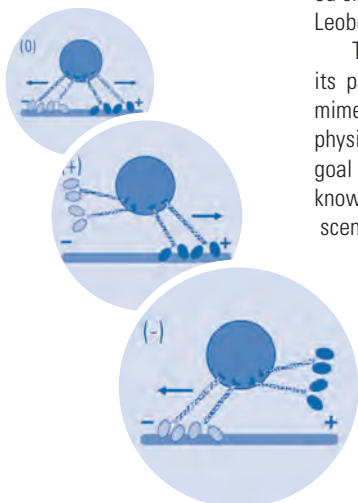
Thus, already in 1999, one of us (R.L.) submitted a proposal for the International Max Planck Research School on Biomimetic Systems (IMPRS) to the President of the Max Planck Society. This proposal was approved and the school started with its first semester in the year 2000. The school was originally approved for a period of six years until mid 2006. After a successful evaluation in 2004, our school will run for another six years until the end of 2012.

In our continuous effort to enlarge and strengthening our training activity we started in 2004 to coordinate a seven-partner Early Stage Training Network (EST) financed by the European Commission.

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", and one group from the "Fraunhofer-Institute of Applied Polymer Science".

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.





Curriculum

The school organizes several courses at each semester. There are general courses, intended to establish a common scientific background between all students. The general courses thus cover the fundamental principle of theoretical, computational and experimental work in the field of biomimetic systems.

In addition to these general courses, the school offers several compact courses that have a more specialized nature.

Recruitment

The IMPRS on Biomimetic Systems accepts applications during the whole year, in general without any deadline. Interested students send an inquiry by filling in an electronic form through the webpage of the school. The inquiry contains some basic information about the curriculum of the candidate. It reaches the coordinator of the school (A.V.) who contacts the possible group leaders. If there is an agreement that the candidate is potentially interesting he or she will be invited to send a full application.

Membership and Credit Points

PhD students working at one of the partner groups can apply for the membership of the school independently of the source that finances their fellowship.

Membership to the IMPRS means acceptance of the conditions concerning the Credit Points. Each course and each activity of the IMPRS gives right to a certain amount of credits. Once students have collected the necessary credits and have earned the doctoral degree, they receive an IMPRS certificate that attests their membership and their performance.

Doctoral Degree

Students that are members of the IMPRS are enrolled as PhD students at one of the partner universities. PhD students defend their research work in front of a commission that consists of faculty members from the university and the MPI of Colloids and Interfaces according to the usual university rules.

Internationality

The IMPRS on Biomimetic Systems is open to candidates from any country in the world. Both the IMPRS and the MPI of Colloids and Interfaces are highly international institutions: all lectures and activities are held in English.

Web Resources

Further information about the curriculum and the admission requirements, requirements can be found at:
www.bio-systems.org/imprs

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 Potsdam-Golm ist dabei einer unserer Höhepunkte. Gemeinsam mit den Max-Planck-Instituten für Gravitationsphysik und Molekulare Pflanzenphysiologie, den Fraunhofer-Instituten

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 For-

schung. Das bunte Programm mit Führungen, Experimenten, Vorträgen und Mitmach-Aktionen bietet Jung und Alt Wissenschaft zum Anfassen und zahlreiche Möglichkeiten, High-Tech-Technologien hautnah zu erleben und zu begreifen. Der Tag der Offenen Türen wird im Jahr 2009 am 19. 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 Science Park Potsdam-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 2009 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 Bio-medical Engineering (IBMT),

the Golm Innovation Center GO:IN and the University Potsdam on September 19. 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

