

ZWISCHEN DEN WELTEN

ODER DAS WESENTLICHE IST UNSICHTBAR

**Max-Planck-Institut für
Kolloid- und Grenzflächenforschung**



MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT





Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung

Das Institut befasst sich mit der Erforschung und der Kontrolle von nano- bis mikrometergroßen Strukturen. Zum Vergleich: Ein Nanometer ist der milliardste Teil eines Meters, und dies entspricht ungefähr dem Größenverhältnis eines Fußballs zur Erde.





v. l. n. r.: Peter Fratzl, Markus Antonietti, Peter H. Seeberger, Helmuth Möhwald und Reinhard Lipowsky

Das Institut **Das Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung** wurde 1992 gegründet. Es wird kollegial geleitet und gliedert sich in die Abteilungen Biomaterialien (Professor Peter Fratzl), Biomolekulare Systeme (Professor Peter H. Seeberger), Grenzflächen (Professor Helmuth Möhwald), Kolloidchemie (Professor Markus Antonietti) und Theorie & Bio-Systeme (Professor Reinhard Lipowsky). Derzeit sind insgesamt ca. 350 Mitarbeiter am Institut tätig, darunter 160 Wissenschaftler und Nachwuchswissenschaftler sowie 80 Gastwissenschaftler.

In den letzten Jahren hat sich die Forschung an biomimetischen Systemen als eine gemeinsame Klammer zwischen den Abteilungen entwickelt. Dies manifestiert sich u. a. in der Internationalen Max Planck Research School on „Biomimetic Systems“ sowie durch die Koordinierung nationaler und internationaler Netzwerke. Darüber hinaus beteiligt sich das Institut sehr aktiv an der akademischen Lehre und Ausbildung. Jährlich werden etwa 25 Doktorarbeiten fertiggestellt und zwei bis drei Wissenschaftler auf permanente Professurenstellen im In- oder Ausland berufen. Wegen der interdisziplinären Ausrichtung arbeitet das Institut sehr eng mit den vier lokalen Universitäten und den außeruniversitären Einrichtungen im Wissenschaftspark Potsdam-Golm zusammen. Ferner gibt es zahlreiche nationale und internationale Kooperationen sowie Dutzende von Industrieprojekten. Diese reichen von Bio- über Materialforschung bis hin zu Anwendungen.

Das Forschungsprogramm

Kolloide sind Teilchen oder Tröpfchen im Maßstab von weniger als einem Tausendstel Millimeter. Auch wenn man Teilchen dieser Größe ohne Mikroskop nicht sehen kann, sind sie doch allgegenwärtig. In unserer Alltagswelt finden sich kolloidale Strukturen in der Natur (Blut, Milch, Wolken), aber auch in der Technik (Tinten, Klebstoffe, Medikamente, Displays aus Flüssigkristallen). Praktisch alle natürlichen Gewebe in der belebten Natur sind aus Kolloiden aufgebaut. Diese Einheiten fein verteilter Materie mit Dimensionen vom Nanometer- bis in den Mikrometerbereich und einem hohen Oberflächen/Volumen Verhältnis werden vor allen Dingen von ihren **Grenzflächen** bestimmt. Je feiner ein Stoff verteilt ist, umso größer ist seine Oberfläche. Bei einer kolloidalen Masse von einem Gramm kann diese sogar die Größe eines Sportstadions erreichen.

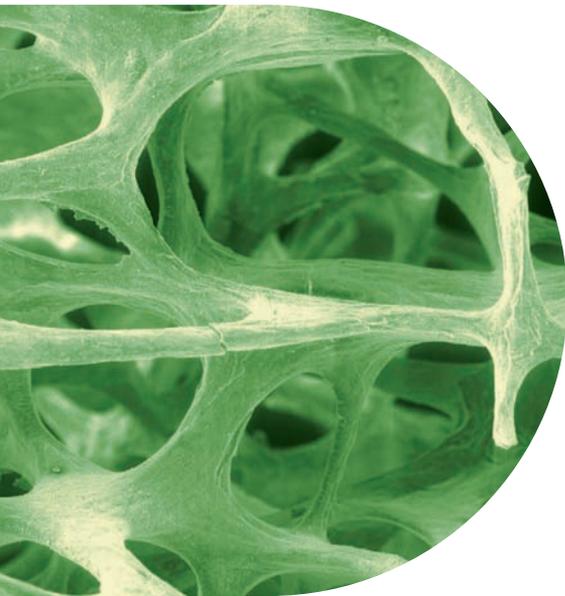
Bei den so genannten „Nanowissenschaften“ handelt es sich um ein interdisziplinäres Forschungsgebiet, das Physik, Chemie und Biologie umfasst, und in Zukunft sicherlich zu vielen neuartigen Technologien führen wird, wie z. B. zu künstlichen Knochen und Zähnen oder implantierbaren Sensoren. Ein Hauptaugenmerk gilt dabei biomimetischen Systemen. Dabei werden Strukturen und Bauprinzipien, welche die Natur im Laufe der Evolution entwickelt hat, auf künstliche Systeme und Materialien übertragen. Die Natur beherrscht es perfekt, aus nanometergroßen Bausteinen funktionelle Systeme wie Organe oder ganze Lebewesen zu assemblieren. Sie hält hierzu eine Vielzahl integrierter, effizienter und eleganter Lösungen bereit. Biomimetische Modelle sind ein sehr wertvoller Schritt für die Beschreibung der Funktion biologischer Zellen und Membranen. Das Besondere am natürlichen System ist, dass es intelligent auf Umweltreize reagiert und sich selbst repariert. Dies sind Eigenschaften, die auch in vielen technischen Systemen wünschenswert sind.

Darauf aufbauend werden am Institut neue hierarchische Materialien und aktive Systeme erforscht, die adaptiv, selbst heilend oder selbstassemblierend sein können.



Poröse Mikrokugeln der
Aminosäure Glutaminsäure

BIOMATERIALIEN

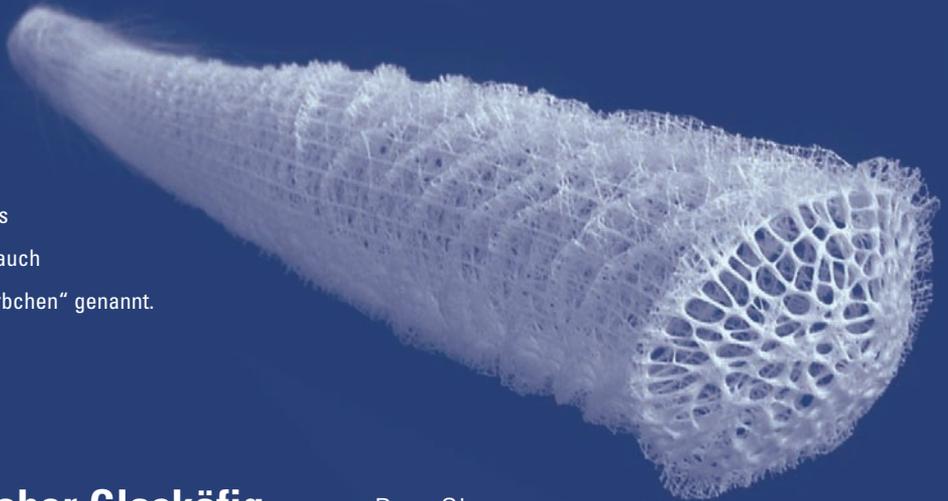


Elektronenmikroskopische Aufnahme der schaumartigen Struktur von trabekulärem Knochen

Die Abteilung „Biomaterialien“ erforscht das Bauprinzip natürlicher Materialien, welche die Natur im Laufe der Evolution hervorgebracht hat. Schwerpunktmäßig wird einerseits an mineralisierten Geweben wie Knochen, Zahn oder Muschelschale und andererseits an Pflanzen und deren Zellwänden gearbeitet. Im Zentrum des Interesses stehen die außergewöhnlichen mechanischen Eigenschaften dieser natürlichen Materialien, die sich ständig wechselnden äußeren Bedingungen anpassen.

Die Prinzipien dieser Adaptionsprozesse werden mittels physikalischer Ansätze und Computermodellierung erforscht. Zur Bestimmung der hierarchischen Struktur biologischer Materialien, von der molekularen Ebene bis zum ganzen Organ, sind spezielle Techniken erforderlich. Der Einsatz von Synchrotronstrahlung spielt dabei eine zentrale Rolle. Die so gewonnenen Erkenntnisse über den Zusammenhang zwischen Materialeigenschaften und Struktur werden für die biomimetische Konzeption und Entwicklung neuer Materialien eingesetzt. In manchen Fällen ist es auch möglich, natürliche Strukturen – wie z.B. die Porenanordnung im Holz – direkt in technische Werkstoffe wie Keramiken zu „kopieren“. Die Prozesse zur Herstellung solcher Biotemplate werden ebenfalls untersucht. Schließlich ist die Erforschung von Struktur und Frakturrisiko des Knochens sowie von deren krankheitsbedingten Veränderungen wie z. B. bei der Osteoporose eine Fragestellung, die in Zusammenarbeit mit Medizinern intensiv erforscht wird.

Skelett des
Tiefseeschwamms
Euplectella sp. – auch
„Venusblumenkorbchen“ genannt.



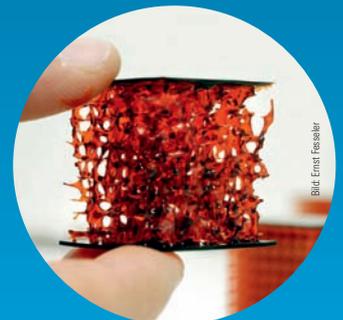
Biologischer Glaskäfig aus der Tiefsee

Der Glas-
schwamm
Euplectella zeigt,
welch außergewöhn-

liche Materialien die Natur aus einfachsten Rohstoffen herstellen kann. Der in Meerestiefen von 40 bis zu 5000 Metern lebende Gießkannenschwamm besitzt ein käfigartiges, gläsernes Skelett. Der Schwamm ähnelt einem weißen Kolben voll feiner Löcher. Durch diese können Larven einer bestimmten Garnelenart in sein Inneres gelangen. Meist siedeln sich dort Pärchen an, die dann rasch zu groß werden für die Öffnungen ihrer Behausung. Das Krabbenpaar verbringt deshalb sein ganzes Leben in dem Schwamm – in Japan wird er daher auch „Gefängnis der Ehe“ genannt und gilt als beliebtes Hochzeitsgeschenk.

Doch wie gelingt es dem Glasschwamm, den beträchtlichen mechanischen Beanspruchungen in der Tiefsee zu widerstehen? So haben die kleinen Krabben beachtliche Zangen, und auch andere äußere Einflüsse sollten leicht zum Bruch der filigranen Glasstruktur führen. Tatsächlich ist der Käfig aber praktisch unzerbrechlich. Wissenschaftler der Bell Labs (USA), der Universität Kalifornien und des Max-Planck-Instituts für Kolloid- und Grenzflächenforschung in Potsdam haben herausgefunden, dass die Fasern über viele Größenordnungen und insgesamt sieben hierarchische Ebenen optimal miteinander verknüpft sind – ein Bauprinzip der Natur, das für die heutige Technik von hochfesten, ultraleichten Materialien von großem Interesse ist. Wirklich erstaunlich ist jedoch der Umstand, dass es dem Schwamm gelingt, eine ganze Reihe von mechanischen Konstruktionsprinzipien auf vielen Größenskalen vom Nanometer bis zum Zentimeter zu kombinieren und gleichzeitig einzusetzen. Ähnliches ist aus dem Bereich der Technik noch nicht bekannt und bedeutet einen neuen Impuls für die biomimetische Materialforschung.

Knochenstrukturen aus dem „Wachsdruker“
(Rapid Prototyping) – der inneren Struktur des
menschlichen Wirbelkörpers nachgebildet



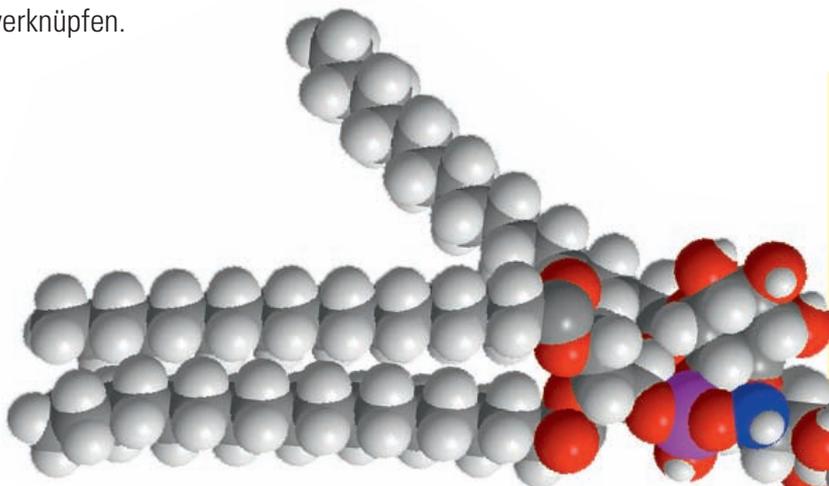


BIOMOLEKULARE SYSTEME

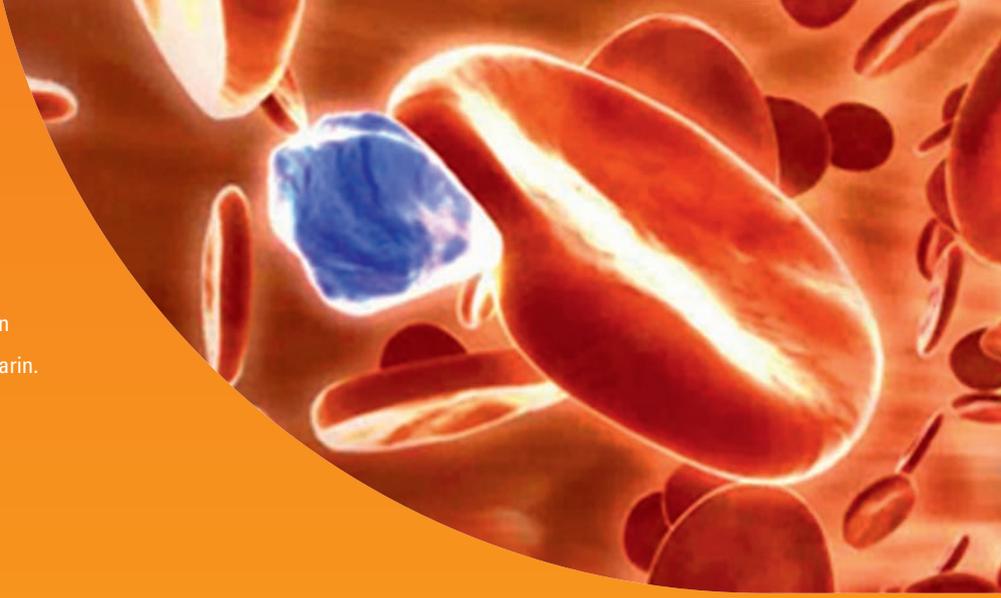
Die Wissenschaftler der Abteilung „Biomolekulare Systeme“ setzen neue Methoden zur Synthese von Zuckerketten ein. Lange Zeit kannte man die vielen natürlich vorkommenden Zucker nur als Moleküle, die etwa in Form von Saccharose (Haushaltszucker) oder Stärke dem Organismus Energie liefern und von den Pflanzen als Energiespeicher angelegt werden. Die teilweise sehr komplexen Zuckermoleküle, die zur Substanzklasse der Kohlehydrate gehören, sind allerdings auch an vielen biologischen Vorgängen beteiligt. Sie bedecken alle Zellen des menschlichen Körpers und spielen eine entscheidende Rolle bei der molekularen Erkennung von Zelloberflächen und damit bei Infektionen, Immunreaktionen und Krebsmetastasen. Komplexe Zucker sind allgegenwärtig als Zellbeschichtungen in der Natur und können damit auch für die Impfstoffentwicklung, z. B. gegen Malaria, dienen. Sie sind dadurch medizinisch von großem Interesse; erst in den vergangenen rund 20 Jahren ist die große Bedeutung der Zuckerreste an den Oberflächen von Zellen für die Biologie und die Medizin erkannt worden.

Bis vor Kurzem fehlte eine chemische Synthesemethode, um biologisch relevante Kohlehydrate mit bekannter Struktur in größeren Mengen herzustellen und sie damit für die biologische, pharmazeutische und medizinische Forschung zur Verfügung zu stellen. Jetzt konnte diese Lücke geschlossen und die erste automatisierte Syntheseapparatur entwickelt werden, um Zuckermoleküle mit anderen Zuckern oder auch Molekülen zu verknüpfen.

Molekülmodell des
Malaria-Toxins GPI



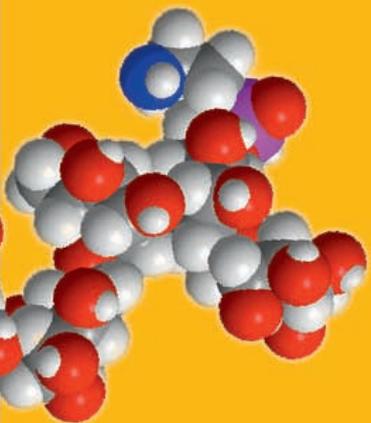
Ein Merozoit (blau)
dringt mittels seines
„Zucker-Türöffners“ in
ein rotes Blutkörperchen
ein und vermehrt sich darin.



Vom Zucker zum Impfstoff

Antigene sind Stoffe, die von einer Zelle des Immunsystems als körperfremd erkannt werden. Zucker- oder Eiweiß-Antigene treten auf der Zelloberfläche von Bakterien, in der Hülle von Viren, in Allergien auslösenden Pollen oder als Tumorzellen in Erscheinung. Falls das Immunsystem gezielt dazu angeregt werden kann, gegen solche Stoffe Antikörper zu bilden, ließen sich mit Hilfe von therapeutischen Impfstoffen z. B. Toxine oder Krebszellen erkennen und zerstören. Oft spielen Kohlehydrate, zu denen auch Zucker gehören, als biologische Marker für Tumorzellen oder in bakteriellen und parasitären Infektionszyklen eine Rolle. Lassen sich mit synthetischen Zuckern gezielt Immunantworten auslösen, so können sie als Wirkstoffkandidaten zur Vorbeugung oder Therapie von Infektionserkrankungen, Entzündungsreaktionen und Krebs dienen.

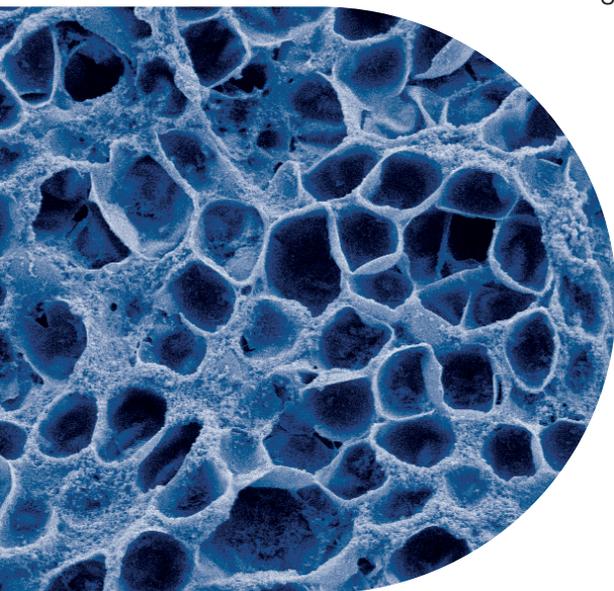
Mit der automatisierten Kohlehydrat-Synthese wurden die Voraussetzungen für die Weiter- und Neuentwicklung von zuckerbasierten Medikamenten und Impfstoffen geschaffen. Die medizinischen Möglichkeiten, die diese Technik eröffnet, sind kaum zu überschauen: Eines der ersten Ergebnisse war eine Vollsynthese des Malaria-toxins – dies soll zu einem Impfstoff gegen Malaria führen, die nach wie vor weltweit mehr als zwei Millionen Opfer jährlich fordert. Die Wirksamkeit eines solchen Impfstoffes konnte bereits in Tierversuchen nachgewiesen werden. Weitere Beispiele sind die chemische Synthese von Heparin und die Entwicklung eines möglichen Impfstoffes gegen die Tropenkrankheit Leishmaniose. Darüber hinaus gehören Polysaccharide des HIV-Virus, Antigene von menschlichen Tumorzellen und Polysaccharide, die bei bakteriellen Infektionen wichtig sind, zu den Zielmolekülen.



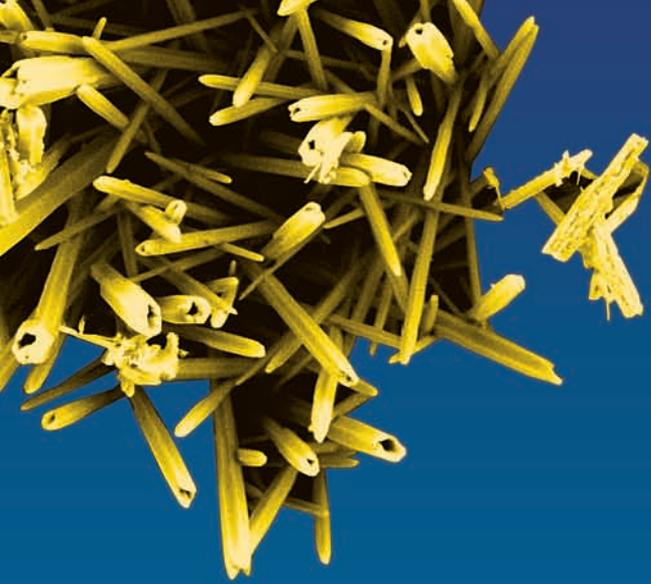
GRENZFLÄCHEN

Das Verständnis molekularer Grenzflächen und damit auch deren Bedeutung für kolloidale Systeme (Emulsionen, Schäume, Verbundmaterialien) ist Hauptgegenstand der Forschung der Abteilung Grenzflächen. Wegen des großen Anteils von Grenzflächen in kolloidalen Systemen ist deren Verständnis essentiell für ihre Kontrolle. Daher werden zahlreiche, moderne Methoden entwickelt und eingesetzt, um die Struktur und Dynamik molekularer Grenzflächen zu charakterisieren. Die an planaren (ebenen) Grenzflächen gewonnenen Erkenntnisse werden auch auf gekrümmte und komplexe Systeme übertragen, die für Anwendungen relevant sind (Nanopartikel, Mikro- und Nanokapseln, selbstreparierende Beschichtungen).

Besonderes Interesse gilt dabei Systemen, bei denen sich die Grenzflächeneigenschaften abhängig von der Umgebung ändern, die durch äußere Einflüsse manipuliert werden können (intelligente Materialien) oder bei denen die Grenzfläche eine besondere Funktion ausübt. Zu letzterer gehört der selektive Transport durch Membranen und Grenzflächen. Neuere Forschungen befassen sich mit der Anordnung und der Steuerung der Organisation komplexer und funktioneller Makromoleküle und von Nanopartikeln an Grenzflächen. Diese dienen u. a. der Herstellung selbstreparierender Beschichtungen und der Kontrolle der Eigenschaften über äußere Felder (Remote Control).



Polymerbeschichtete
Silica-Mikrokapseln



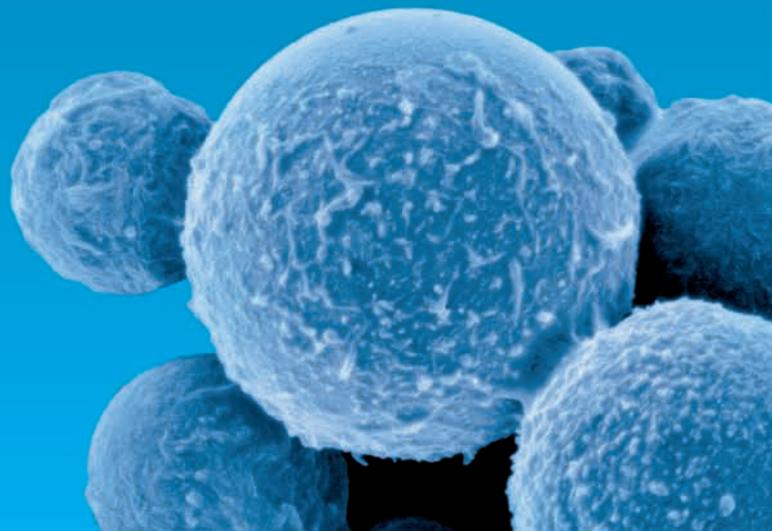
Zinkoxid-Nanoröhrchen nach
Ultraschallbehandlung von Zinkfolie
in Wasser

Selbtheilende Nanobeschichtungen

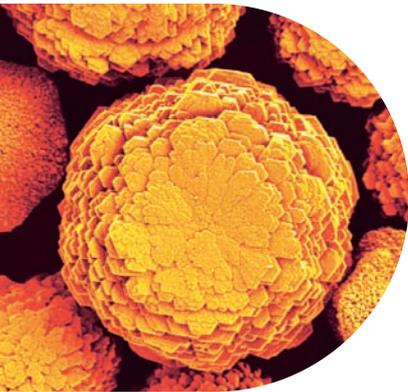
Glas rostet nicht, doch auch an ihm nagt Korrosion. Milchig und spröde wird eine Scheibe, wenn Feuchtigkeit und Sauerstoff angreifen. Die meisten Materialien – auch Beton, Stein, aber vor allem Metalle – sind dem zerstörerischen Prozess ausgeliefert, der das Material porös und schließlich unbrauchbar macht. Abhilfe versprechen unsichtbare, ultradünne und extrem widerstandsfähige Schichten auf der Oberfläche, die das Material darunter vor Umwelteinflüssen schützen. Feine Löcher und Risse in der Antikorrosionsschicht untergraben die schützende Wirkung jedoch. Durch sie dringen Wasser und Sauerstoff ein und beginnen ihr zerstörerisches Werk. Korrosionsflecken, die dann auftreten, müssen schleunigst und möglichst „von selbst“ repariert werden. Zu diesem Zweck können Korrosionsinhibitoren in fein verteilten Nanocontainern gelagert werden und sich bei Bedarf dann sehr schnell ausbreiten, um die Löcher „zu stopfen“.

Die Nanocontainer aus Polymeren sorgen nicht nur dafür, dass der Stoff, der die Schäden von selbst ausbessert, in der Schutzschicht gleichmäßig verteilt auf seinen Einsatz wartet. Sie können diese Substanzen auch je nach Bedarf freisetzen: Ändert sich die Temperatur, das elektrochemische Potenzial, der lokale pH-Wert oder tauchen plötzlich Korrosionsprodukte auf, öffnen sich die Container und entlassen ihren heilenden Inhalt. Je nach Bedarf können sie sogar verschiedene Substanzen speichern, um unterschiedliche Defekte unter der Schutzschicht auszuheilen.

Polyurethan-Mikrokapseln
mit Silica-Nanopartikeln
in der Hülle



KOLLOIDCHEMIE



Polymermodifizierter
Kalkkristall

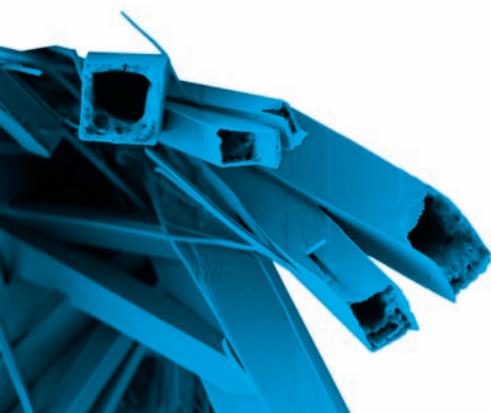
Die Abteilung Kolloidchemie befasst sich mit der Synthese verschiedener kolloidaler Strukturen im Nanometerbereich. Dazu gehören anorganische und metallische Nanoteilchen, polymere und peptidische Baueinheiten, deren Mizellen und organisierte Phasen, aber auch Emulsionen und Schäume. Die Kolloidchemie ist in der Lage, durch geeignete funktionalisierte Kolloide, Materialien mit einer Strukturhierarchie zu erzeugen. So entstehen neue Eigenschaften durch die „Teamarbeit“ der Funktionsgruppen. Bei geeigneter Architektur können diese Kolloide mit chemischer Struktur sehr spezielle Aufgaben erfüllen. Molekulare Systeme können dies aufgrund der Komplexität nicht. Ein Beispiel dafür ist die Haut: Es gibt keinen Kunststoff, der so weich, gleichzeitig so reißfest ist und trotzdem zu großen Teilen aus Wasser besteht. Auch hier besteht das Geheimnis im Zusammenspiel dreier Komponenten (Kollagen, Hyaluronsäure, Proteoglycan). Erst durch Überstrukturbildung „im Team“ wird die ungewöhnliche Eigenschaftskombination bewerkstelligt.

Der Schwerpunkt der Forschung liegt auf der gezielten Kodierung von Strukturbildung und Selbstorganisation und der damit verknüpften Strukturhierarchie. Neben der Synthese werden in Untergruppen auch moderne analytische Verfahren zur Charakterisierung der auftretenden Strukturbilder entwickelt, z. B. Verfahren der Licht- und Röntgenstreuung sowie der Ultrazentrifugation.

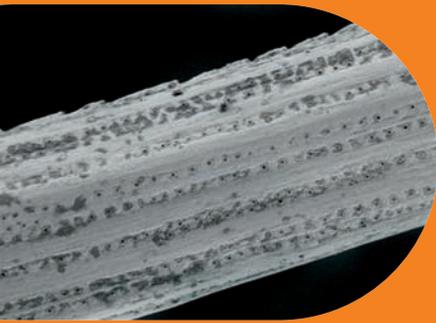
Hohle, viereckige
Nadeln aus DL-Alanin,
einer Aminosäure.



stäbchenförmige Bariumcarbonat
(Witherit)-Nanokristalle



Biomasse: Elektronenmikroskopaufnahme von Piniennadeln vor (links) und nach (rechts) zwölfstündiger hydrothormaler Karbonisierung bei 200 °C.



Zauberkohle aus dem Dampfkochtopf

Stroh, Holz, feuchtes Gras oder Laub über Nacht in Kohle umzuwandeln – das erinnert zunächst an den Stein der Weisen, mit dem die Alchemisten des Mittelalters mindere Stoffe zu Gold machen wollten. Doch es funktioniert tatsächlich: In der Abteilung Kolloidchemie wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem sich pflanzliche Biomasse ohne Umwege und komplizierte Zwischenschritte weitgehend vollständig in Kohlenstoff und Wasser umarbeiten lässt. Das Verfahren – „hydrothermale Karbonisierung“ genannt – könnte eine einfache Lösung zum Umgang mit dem CO₂-Problem darstellen.

Der Kohlenmeiler funktioniert im Prinzip wie ein Dampfkochtopf, nur eben bei höheren Temperaturen und über längere Zeiten. Und das Kochrezept für Kohle ist verblüffend einfach: Das Druckgefäß wird mit beliebigen pflanzlichen Produkten gefüllt, also etwa mit Laub, Holzstückchen oder Pinienzapfen. Dazu kommen noch Wasser und eine Prise Katalysator. Dieser beschleunigt die Aufspaltung der Moleküle in Kohlenstoff und Wasser, damit der Prozess rascher abläuft als in der Natur. Dann wird der Topf geschlossen und das Ganze unter Druck und Luftabschluss für zwölf Stunden auf 180 Grad Celsius erhitzt. Nachdem die Mischung abgekühlt ist, wird der Topf geöffnet: Er enthält eine wässrige schwarze Brühe mit feinstverteilten kugelförmigen Kohlepartikeln (Kolloiden). Sämtlicher Kohlenstoff, der in dem Pflanzenmaterial gebunden war, liegt nun in Form dieser Partikel vor – als kleine, poröse Braunkohle-Kügelchen.

Der Erfolg liegt auf der Hand: Füllt man Biomasse, zum Beispiel Grünzeug, in ein Druckgefäß, gibt ein paar Brösel Katalysator dazu und erhitzt das Ganze unter Luftabschluss auf 180 Grad, erhält man nach zwölf Stunden das schwarze Pulver aus Kohle-Nanokügelchen.

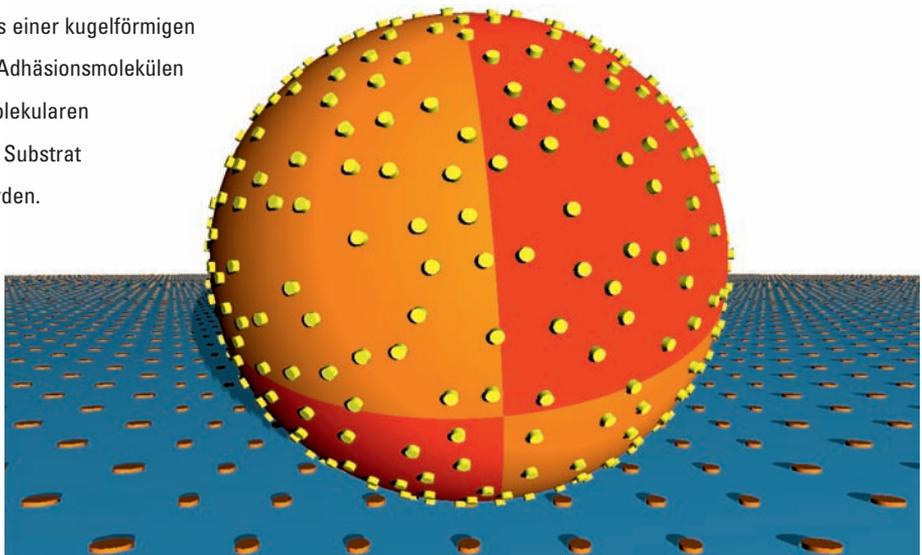


THEORIE & BIO-SYSTEME

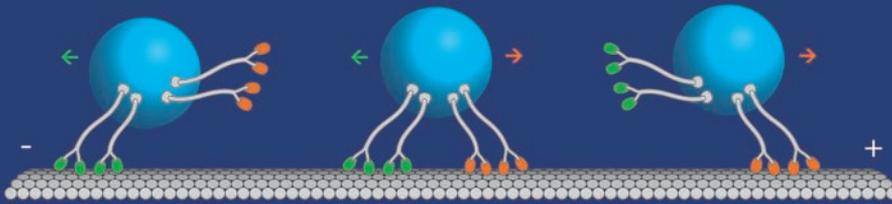
In der Abteilung „Theorie und Bio-Systeme“ werden biomimetische und biologische Systeme untersucht, die bereits im Nano- und Mikrometerbereich hierarchisch aufgebaut sind. Auf der elementarsten Ebene geht es um das Verhalten von einzelnen molekularen Bausteinen wie Proteinen. Auf der nächsten Ebene bilden sich supramolekulare Strukturen wie Filamente, Membranen und Grenzflächen aus, die mit den Methoden der statistischen Physik und vielskaligen Simulationsverfahren untersucht werden. Die Integration von unterschiedlichen Molekülklassen führt schließlich auf mesoskopische Verbundsysteme, die über molekulare Erkennungs- und Austauschprozesse miteinander wechselwirken. Zwei Forschungsschwerpunkte, die sowohl theoretisch als auch experimentell untersucht werden, sind molekulare Motoren sowie biomimetische Membranen und Vesikeln.

Ein langfristiges Ziel ist die Aufklärung der allgemeinen Gesetzmäßigkeiten und Mechanismen für die Strukturbildung und Selbstorganisation in diesen Systemen. Besonders interessant ist dabei die Verzahnung von „passivem“ Zusammenbau aufgrund von molekularer Erkennung und intermolekularen Kräften und „aktiven“ Prozessen mit Energieumwandlung und Krafterzeugung durch molekulare Maschinen.

Computermodell für Zellhaftung im hydrodynamischen Fluss. Es besteht aus einer kugelförmigen Zelle mit zufällig verteilten Adhäsionsmolekülen (gelbe Flecken), die von molekularen Bindungspartnern auf dem Substrat erkannt und gebunden werden.



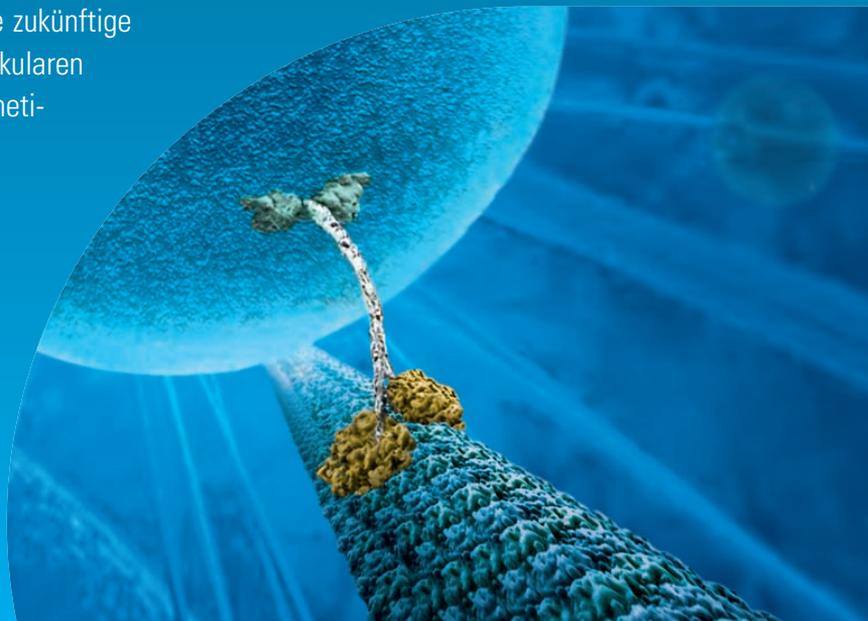
Der Wettstreit molekularer Motoren: Eine blaue Fracht wird von zwei Motorteams transportiert, die entlang des gelben Filaments laufen. Das rote Motorteam zieht nach rechts zum Plus-Ende (+), das grüne nach links zum Minus-Ende (-). Wenn beide Teams ziehen (Mitte), behindern sie sich gegenseitig so stark, dass sich die Fracht kaum vorwärts bewegt. Gewinnt hingegen ein Team die Oberhand, geht es schnell voran, weil die gegnerischen Motoren vom Filament abgezogen werden.



Tauziehen in der Zelle

Die Transportprozesse in den Zellen unseres Körpers funktionieren ganz ähnlich wie der Güterverkehr auf Straßen oder Schienen. Bestimmte Proteine, so genannte molekulare Motoren, fungieren dabei als „Transporter“ oder „Lokomotiven“: Sie nehmen die zelluläre Fracht huckepack und bewegen sich entlang von Filamenten des Zellskeletts und befördern so Lasten wie z. B. Vesikel oder Chromosomen. Allerdings sind die molekularen Transporter eine Milliarde Mal kleiner als Lastwagen. Sie können sich je nach Transporter-Typ nur zum Anfang oder zum Ende des Filaments bewegen, müssen sich durch ein Gewusel kämpfen, dass eher an eine überfüllte Fußgängerzone als eine Autobahn erinnert – und liegen im Wettstreit mit Motoren, die in die andere Richtung laufen wollen. Molekulare Motoren sind die „Nano-Traktoren“ für alle Frachten, die in den Zellen eines Organismus transportiert werden. Neben ihrer vitalen Bedeutung für die Funktionsweise von Zellen lassen diese molekularen Motoren viele Anwendungsmöglichkeiten erwarten.

In der Theorieabteilung wird der Transport durch molekulare Motoren sowohl theoretisch als auch experimentell untersucht. Grundlegend für diese Untersuchungen ist in beiden Fällen die Verwendung von biomimetischen Modellsystemen, in denen die biologische Komplexität der Zelle auf wenige Komponenten reduziert wird. Dieser Ansatz erlaubt einerseits die systematische Untersuchung von essentiellen Teilprozessen des zellulären Gesamtgeschehens und, andererseits bildet er die Grundlage für die zukünftige Entwicklung von aktiven molekularen Bauelementen in der biomimetischen Nanotechnologie.



INTERNATIONAL MAX PLANCK RESEARCH SCHOOL ON BIOMIMETIC SYSTEMS (IMPRS)



Die **IMPRS on Biomimetic Systems** ist ein Graduiertenprogramm, gefördert durch die Max-Planck-Gesellschaft und das Land Brandenburg.

Biomimetische Systeme sind Modellsysteme, mit denen die Forscher versuchen, sowohl die Komplexität biologischer Systeme zu verstehen als auch Strukturen zu entwickeln, die mit biologischen Systemen nachhaltig interagieren. Ziel des Programms ist es, möglichst effizient das Forschungspotenzial von jungen motivierten Doktoranden zu erhöhen. Die IMPRS organisiert Lehrveranstaltungen, teilweise auch mit internationalen Gästen, die die Studenten mit den theoretischen und experimentellen Aspekten von biomimetischen Systemen vertraut machen.



Die Lehrveranstaltungen sind interdisziplinär ausgerichtet, die traditionellen Fächergrenzen werden überschritten. So

lernen Biologen relevante Methoden der statistischen Physik kennen, und Physiker sowie Chemiker werden in die Geheimnisse der molekularen Zellbiologie eingeweiht. Darüber hinaus beschäftigen sich die Doktoranden der IMPRS on Biomimetic Systems vorwiegend mit ihrem Forschungsthema, das sie am Max-Planck-Institut oder an einem der Partnerinstitute durchführen.

Die IMPRS on Biomimetic Systems ist international ausgerichtet. Die Lehrveranstaltungen werden auf Englisch gehalten und mindestens 50 % der Doktoranden kommen aus dem Ausland. Zusammen mit dem Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung sind in der IMPRS on Biomimetic Systems die folgenden Hochschulen und Institute beteiligt: Universität Potsdam, Humboldt-Universität zu Berlin, Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung und das Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Forschung. Insgesamt gibt es 15 Arbeitsgruppen oder Lehrstühle, in denen die IMPRS-Doktoranden ihre Forschung durchführen.



Um sich für eine Doktorandenstelle an der IMPRS on Biomimetic Systems zu bewerben, muss man im Besitz eines Diploms oder eines Masters in Physik, Chemie oder Biologie sein. Auf der Webseite der IMPRS gibt es ein kurzes Anmeldeformular. Nach Eingang des Formulars entscheidet der Koordinator, ob die Qualität des Universitätsabschlusses geeignet ist, um IMPRS-Doktorand zu werden. Im positiven Falle werden die vollständigen Bewerbungsunterlagen angefordert und zu einem Vorstellungsgespräch geladen.





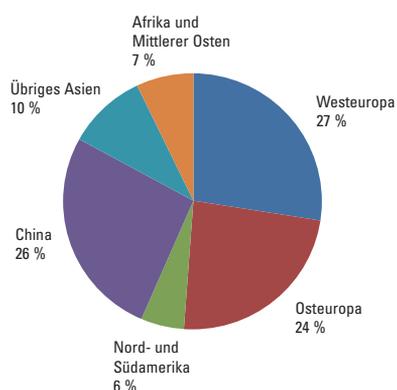
Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung

Daten und Zahlen

Beschäftigte

Gesamtzahl der Mitarbeiter	351
· davon Wissenschaftler und Nachwuchswissenschaftler	159
· davon Gastwissenschaftler	77
· davon Auszubildende	8

Verteilung der Nationalitäten



Ausgründungen

Riegler & Kirstein GmbH
SINTERFACE Technologies
Optrel GbR
Nanocraft GmbH
Capsulation Nanoscience AG

Ort

Potsdam
Berlin-Adlershof
Kleinmachnow
Engen (Baden-Württemberg)
Berlin-Adlershof

Gründung

1993
1998
1999
2000
2000

Stand September 2009



MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT

Die Max-Planck-Gesellschaft

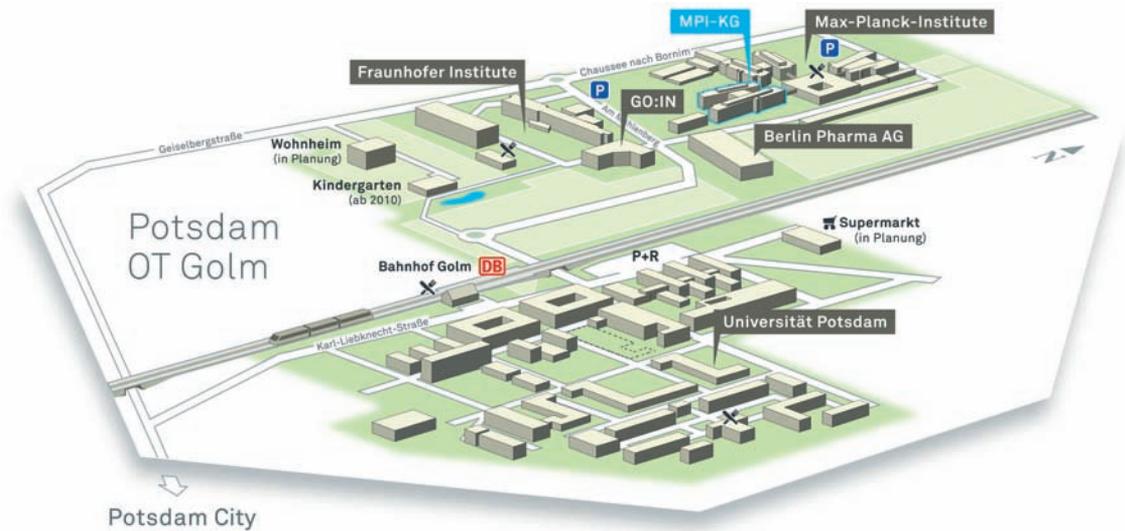
Natur-, Bio-, Geistes- und Sozialwissenschaften im Dienste der Allgemeinheit. Die Max-Planck-Gesellschaft greift insbesondere neue, besonders innovative Forschungsrichtungen auf, die an den Universitäten in Deutschland noch keinen oder keinen angemessenen Platz gefunden haben, wegen ihres interdisziplinären Charakters nicht in das Organisationsgefüge der Universitäten passen oder einen personellen oder apparativen Aufwand erfordern, der von Universitäten nicht erbracht werden kann. Mit ihrer Vielfalt an natur- und geisteswissenschaftlichen Themen ergänzen und stärken die Max-Planck-Institute damit die Arbeit der Universitäten und anderer Forschungsinstitutionen auf wichtigen Forschungsfeldern; sie haben in einzelnen Bereichen Schwerpunkt-, in anderen Bereichen eine Ergänzungsfunktion.

Einige Institute der Max-Planck-Gesellschaft erfüllen darüber hinaus auch Dienstleistungsfunktionen für die Hochschulforschung. Sie stellen aufwändige Einrichtungen und Geräte einem breiten Wissenschaftlerkreis zur Verfügung – von Teleskopen und anderen Großgeräten bis hin zu Spezialbibliotheken und Dokumentationen.

Max-Planck-Institute betreiben Grundlagenforschung in den



WISSENSCHAFTS(Φ)PARK POTSDAM-GOLM



Der Standort

Internationale Spitzenforschung und Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses an Instituten der größten deutschen Forschungsgesellschaften und der Universität Potsdam, dazu forschungsnahes Gewerbe in Gründungsprojekten und Unternehmen verbinden sich, nahe der Metropole Berlin, zu einem leistungsstarken Standort. Die räumliche Nähe mit kurzen Wegen sowie die inhaltliche Vernetzung der Einrichtungen bieten optimale Voraussetzungen, um Synergien zu entdecken und zu nutzen. Am Standort bestehen zahlreiche Kooperationen zwischen den verschiedenen Partnern. Gemeinsame wissenschaftliche Projekte, die Zusammenarbeit in thematischen Netzwerken sowie gemeinsame Berufungen zeugen davon.





So erreichen Sie uns von Potsdam Hauptbahnhof:

Buslinien: 605, 606, X5 (bis Wissenschaftspark Golm); Regionalbahn: bis Bahnhof Golm

Auto: z. B. über A10 – Abfahrt Potsdam Nord oder Leest – Richtung Golm,

Parkplätze vorhanden

➤ www.wissenschaftspark-potsdam.de



Glossar

Adenosintriphosphat (ATP): Molekül mit drei Phosphatgruppen, deren Abspaltung Energie freisetzt.

Amphiphil: (griech. *amphi* „beide“ und *philia* „Liebe“ oder „Freundschaft“) beschreibt die chemische Eigenschaft einer Substanz, wasser- und ölliebende Gruppen zu besitzen. Daher ordnen sie sich bevorzugt an der Grenze zwischen diesen Flüssigkeiten an.

Biomimetisch: (griech. *mimesis* „Nachahmung“), die Natur nachahmen. Biomimetische Systeme sind Modellsysteme, mit denen bestimmte biologische Strukturen und Prozesse nachgeahmt werden können.

Emulsionen: fein verteiltes Gemisch zweier verschiedener (normalerweise nicht mischbarer) Flüssigkeiten ohne sichtbare Entmischung (z. B. Milch, Mayonnaise).

Filament: sehr dünne, fadenförmige Zellstruktur (z. B. in Muskeln), die durch Selbstaggregation von Proteinmolekülen entsteht.

Grenzfläche: Fläche zwischen zwei Phasen, wie z. B. die Fläche zwischen zwei nicht mischbaren Flüssigkeiten wie Öl und Wasser.

Kolloide: (griech. *kolla* „Leim“ und *eidos* „Form, Aussehen“) Teilchen oder Tröpfchen, die in einem anderen Medium (Feststoff, Gas oder Flüssigkeit), dem Dispersionsmedium, fein verteilt sind (z. B. Blut, Wolken).

Lipide: (griech. *lipos* „Fett“) sind amphiphile Moleküle, die sich in wässriger Lösung zu sehr dünnen Doppelschicht-Membranen zusammenlagern. In lebenden Organismen werden Lipide hauptsächlich als Strukturkomponente in Zellmembranen, als Energiespeicher oder als Signalmoleküle gebraucht.

Mizellen: (lat. *mica* „Klümpchen, kleiner Bissen“), auch Assoziationskolloide genannt, sind Aggregate aus amphiphilen Molekülen bzw. grenzflächenaktiven Substanzen, die sich in einem Dispersionsmedium (meist Wasser) spontan zusammenlagern.

Molekularer Motor: Protein, das chemische Energie in mechanische Arbeit umwandelt. Die chemische Energie wird dabei meistens durch die Spaltung von ATP gewonnen. Eines der bestuntersuchten Motorproteine ist das Kinesin, das in allen Zellen unseres Körpers Filamente, Vesikeln und Organellen transportiert.

Nanometer: der Millionste Teil eines Millimeters bzw. Milliardste Teil eines Meters.

Nanowissenschaften: Forschung, die sich mit Materialien im Nanometer-Maßstab befasst. Bei den Materialien dieser Größenordnung handelt es sich um große Moleküle und supramolekulare Strukturen, die hierarchisch aufgebaut sind.

Planar und nonplanar

Planar – Eben (*plan*, „in der Fläche“).

Peptid: organische chemische Verbindung, die aus einer Verknüpfung mehrerer Aminosäuren hervorgegangen ist. Dabei sind die einzelnen Aminosäuren in einer definierten Reihenfolge (Sequenz) zu einer, meist unverzweigten, Kette verbunden. Peptide unterscheiden sich von Proteinen allein durch ihre Größe.

Polymere: (altgriech. *polý* „viel“; *méros*, „Teil“) sind lange Kettenmoleküle (linear oder verzweigt), die aus gleichen oder verschiedenen Einheiten (den sogenannten Monomeren) bestehen. Das Adjektiv polymer bedeutet entsprechend *aus vielen gleichen Teilen aufgebaut*.

Proteine: umgangssprachlich auch Eiweiße genannt, sind Polymere, die aus Aminosäuren aufgebaut sind. Proteine gehören zu den Grundbausteinen aller Zellen. Sie verleihen der Zelle nicht nur Struktur, sondern sind auch die molekularen „Maschinen“, die Stoffe transportieren, Ionen pumpen, chemische Reaktionen katalysieren und Signalstoffe erkennen.

Schäume: bestehen aus kleinen Gasbläschen, die durch dünne Wände oder Lamellen getrennt sind, welche von Tensiden und meist Wasser gebildet werden.

Selbstaggregation: Im Wasser bilden amphiphile Moleküle spontan verschiedene supramolekulare Strukturen, wie Mizellen, Filamente und Doppelschichtmembranen aus. Dieser Prozess wird durch die Feinstruktur des Wassers verursacht, die aus einem Netzwerk von Wasserstoffbrücken besteht.

Tenside: sind Moleküle, welche zwei unterschiedlich strukturierte Enden haben. Ein Ende ist hydrophil, das heißt „wasserliebend“. Das andere Ende ist *hydrophob* (wasserabstoßend) beziehungsweise *lipophil* („fettliebend“).

Ultrazentrifuge: ist eine für hohe Geschwindigkeiten optimierte Zentrifuge, die Beschleunigungen von bis zu 10^6g erzeugen kann. Ultrazentrifugen rotieren ihren Inhalt sehr schnell – bis zu 500.000 Mal in der Minute. Der Rotor bewegt sich hierbei in einem künstlichen Vakuum, so dass keine Luftreibung auftritt.

Vesikel: (lat. *vesicula* „Bläschen“) sind mikroskopisch kleine Bläschen, die aus einer geschlossenen Doppelschicht-Membran gebildet werden und ganz unterschiedliche Formen annehmen können. Im Labor lassen sich diese Vesikel aus wenigen Lipid-Komponenten herstellen. In der Zelle bilden derartige Vesikel kleine Kompartimente, in denen unterschiedliche zelluläre Prozesse ablaufen.

Impressum

Herausgeber: Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung

Adresse: Wissenschaftspark Potsdam-Golm, Am Mühlenberg 1, 14476 Potsdam

Tel.: +49 (0) 331/567-7814 · Fax: +49 (0) 331/567-7875

E-Mail: info@mpikg.mpg.de · Internet: www.mpihg.mpg.de

Redaktion: Katja Schulze

Fotografie: Sofern nicht anders gekennzeichnet, befinden sich die Rechte an den verwendeten Bildern im Besitz des MPI-KG und pigurdesign.

Design und Illustration: pigurdesign, Potsdam

1. Auflage, 2009



There's plenty of room at the bottom
Richard Feynman



www.mpikg.mpg.de