



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# Innovationen aus der Natur

**Förderkonzept Bionik**

## **Impressum**

### **Herausgeber**

Bundesministerium  
für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Publikationen; Internetredaktion  
11055 Berlin

### **Bestellungen**

Schriftlich an den Herausgeber  
Postfach 30 02 35  
53182 Bonn  
oder per  
Tel.: 01805 - 262 302  
Fax: 01805 - 262 303  
(0,12 Euro/Min. aus dem deutschen Festnetz)  
E-Mail: [books@bmbf.bund.de](mailto:books@bmbf.bund.de)  
Internet: <http://www.bmbf.de>

### **Redaktion**

BMBF, Referat Biologische Forschung und Technologie

### **Gestaltung**

Heimbüchel PR, Berlin/Köln

### **Bonn, Berlin 2005**

Gedruckt auf Recyclingpapier

## Inhalt

Ausgangslage	3
Gesamtstrategie für die Bionik	4
Handlungsrahmen	5
Ideen aus der biologischen Forschung und Technologie anstoßen	5
Patentlösungen der Natur in Innovationen umsetzen	6
Mit Bionik nachhaltig wirtschaften	8
Industrieunternehmen stärker in die Forschungsförderung einbinden	10
Überregionale/Internationale Zusammenarbeit fördern	10
Den wissenschaftlichen Nachwuchs fördern	12
Mit der Bionik Interesse an Natur-/Ingenieurwissenschaften wecken	13



# Ausgangslage

In einem seit über Millionen von Jahren andauernden Evolutionsprozess hat die Natur zahlreiche Problemlösungen entwickelt, die die Natur- und Ingenieurwissenschaft selbst bei dem heutigen Wissensstand noch vor große Herausforderungen stellen. Hierzu zählen u.a. kreislaufoptimierte Stoffumwandlungen, perfektionierte Informations- und Kommunikationssysteme, robuste Materialien, raffinierte Mobilitätsmechanismen, meisterhafte Konstruktionen mit höchster Festigkeit bei kleinstmöglichem Gewicht und geringem Materialaufwand bis hin zu hochempfindlichen Wahrnehmungssensoren.

Die Problemlösungen der Natur sind das Ergebnis von Variation und Selektion. Das Produkt dieser Entwicklung kombiniert auf verblüffende Weise Prinzipien der Nachhaltigkeit: Die Natur erreicht ihre Ziele mit einem Minimum an Energie und führt ihre Abfälle immer vollständig in den natürlichen Kreislauf zurück. Diesen Erfahrungsschatz der belebten Natur und das sich daraus ergebende hohe Innovationspotenzial gilt es für den Menschen nutzbar zu machen.

Mit der systematischen Übertragung von Problemlösungen aus der Natur in die technische Welt befasst sich die Bionik, für die sich heute neue Ansätze für Innovationen aufgrund der dynamischen Entwicklungen in der biologischen Forschung und Technologie – vor allem auf molekularer Ebene – ergeben. Charakteristisch für die Bionik ist die interdisziplinäre Vorgehensweise bei der Lösung anwendungsnaher Fragestellungen, die sich keinesfalls auf eine 1:1-Kopie biologischer Vorbilder reduziert.



Foto: BASF

Wassertropfen perlen von einer imprägnierten Holzoberfläche ab. Das Holz wurde mit einem speziellen, so genannten Lotusspray behandelt und bekam dadurch eine extrem wasserabweisende (superhydrophobe) Oberfläche mit selbstreinigender Eigenschaft. Bei dem applizierten Spray handelt es sich um eine Bionik-Anwendung, die den aus der Natur bekannten Lotus-Effekt in ein technisches System überträgt. Dazu haben Forscher der Firma BASF Nanopartikel mit stark hydrophoben Polymeren kombiniert.

Die „Patente“ aus der Natur führen zu immer neuen Ideen, deren Anwendungen bis in unseren Alltag hineinreichen: Ein bekanntes Beispiel ist der Klettverschluss, der inspiriert durch die Klette entwickelt wurde und dessen grundlegende Patente heute noch Lizenzgebühren in Millionen Höhe erwirtschaften. Ein jüngeres Beispiel ist ein Badeanzug, dessen Struktur der Haut eines Haifischnachempfunden wurde. Fenster, sanitäre Anlagen aus Keramik, Farben und Lacke, die den selbst reinigenden Lotus-Effekt nutzen, werden ebenfalls bereits vermarktet.

Mit der Bionik entstehen somit Ideen und Konzepte für neue Produkte, Verfahren und Dienstleistungen. Ohne diese Innovationen können wir weder bestehende Arbeitsplätze sichern und neue schaffen, noch zum besseren Schutz natürlicher Lebensgrundlagen und Ressourcen, d.h. generell zu einer nachhaltigen Entwicklung unserer Gesellschaft, beitragen. Die Bionik verstanden als eine Methode, die durch ihre interdisziplinäre Vorgehensweise für verschiedene Zwecke eingesetzt werden kann, bietet Einsatzmöglichkeiten in zahlreichen Branchen: in der Medizintechnik, in der Verfahrenstechnik, im Anlagenbau, im Umweltschutz, in der Bau-, Pharma-, Automobil-, Flugzeugbau-, und Chemie-Industrie sowie in der Energiewirtschaft.

Die breite Anwendung von Ideen aus der Bionik scheiterte allerdings in der Vergangenheit an einem starren Disziplinendenken in den Wissenschaften und am Fehlen eines effektiven Technologietransfers zwischen Forschung und industrieller Anwendung. An dieser Stelle setzt das neue BMBF-Förderkonzept „Bionik – Innovationen aus dem Erfahrungsschatz der Natur“ an.

## Weitere Beispiele für Patente aus der Natur<sup>1</sup>:

**„Ingenieurbüro“ Fisch:** Eine Idee aus der Bionik setzt sich mit der Konstruktion superhydrophober (= Wasser abstoßend) Grenzflächen nach dem Vorbild von schwimmenden oder unter Wasser lebenden Organismen (Wasserspinnen) auseinander, die in einem langen Evolutionsprozess Oberflächen zur effektiven und langfristigen Fixierung von Luftschichten unter Wasser entwickelt haben.

Anwendungsgebiete sind z.B. Oberflächen von unter Wasser befindlichen Apparaten, die durch Luftschichten vor Korrosion und schädlichen Biofilmen geschützt werden könnten. Eine andere interessante Nutzung zielt auf den textilen Bereich, konkret auf Badeanzüge, die sehr viel schneller als herkömmliche trocknen würden („Tauchen und schwimmen ohne nass zu werden“).

**„Ingenieurbüro“ Biber:** Die Anatomie und Mikrostruktur verschiedener Säugetierzähne kann als Vorbild für die Neuentwicklung selbst schärfender Zerkleinerungswerkzeuge dienen. Die Schneidezähne des Bibers bewahren ihre Schärfe durch die ungleichseitige Abrasion infolge einer besonderen Beschichtung. Die technische Übertragung soll für die Zerkleinerung von Holz, Kunststoffen, Gummi, Naturfaser oder Gewürzen genutzt werden („rattenscharfe Messer“).

<sup>1</sup> Diese beiden Vorhaben gehören zu den Siegern des BMBF-Ideenwettbewerbs Bionik

# Gesamtstrategie für die Bionik

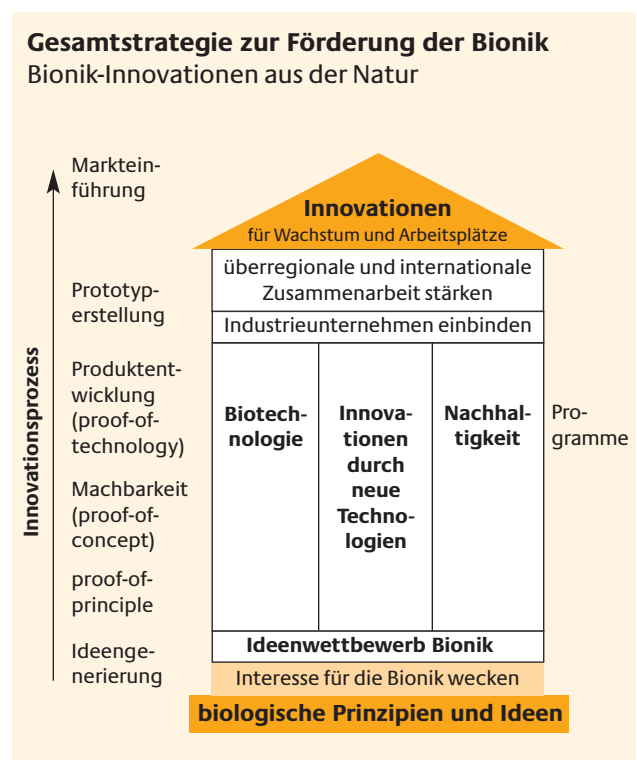
Das Ziel des Förderkonzepts Bionik ist es, die Entwicklung innovativer Ideen aus der interdisziplinären Zusammenarbeit und der Kreativität von Forscherinnen und Forschern aus den Natur- sowie Ingenieurwissenschaften zu fördern. Dadurch sollen die Potenziale von neuen Ansätzen aus der Bionik für eine nachhaltige Entwicklung im Sinne neuer Markt- und Beschäftigungschancen und eines Umwelt und Ressourcen schonenden Wirtschaftens genutzt werden. Mit dem Förderkonzept Bionik will das BMBF Fördermittel insbesondere für Maßnahmen einsetzen, die im Wettbewerb Wachstumskräfte aus Wirtschaft und Wissenschaft für die Entwicklung neuer Technologien und Innovationen mobilisieren, um so einen Beitrag zu leisten für neue Arbeitsplätze und der Sicherung unseres Lebensstandards.

Das Förderkonzept Bionik bezieht Beiträge aus den Programmen „Biotechnologie“, „Forschung für die Nachhaltigkeit“ sowie den Programmen zu „Innovationen durch neue Technologien“, die in einem Handlungsrahmen durch folgende aufeinander aufbauende Maßnahmen umgesetzt werden:

- Ideen aus der biologischen Forschung und Technologie anstoßen**  
 Kreative Ideen generieren und deren Machbarkeit überprüfen, ist Ziel des „BMBF-Ideenwettbewerbs Bionik“, dessen erfolgreicher Start fortgesetzt und weiter entwickelt werden soll.
- Patentlösungen der Natur in Innovationen umsetzen**  
 Problemlösungsansätze nach dem Vorbild der Natur, die ihre prinzipielle technische Machbarkeit bewiesen haben, sollen im Verbund mit der Wirtschaft in den zielfeldorientierten Fachprogrammen zu „Innovationen durch neue Technologien“ marktgerecht aufgegriffen werden.
- Mit Bionik nachhaltig wirtschaften**  
 Nachhaltigkeitsrelevante Ansätze aus der Bionik sollen in der Forschungsförderung für Nachhaltigkeit in Industrie und Wirtschaft branchenübergreifend aufgegriffen werden.
- Industrieunternehmen stärker in die Forschungsförderung einbinden**  
 Mit verschiedenen Maßnahmen will das BMBF Industrieunternehmen stärker in die Forschungsförderung zur Bionik einbinden und setzt damit fachspezifisch die Ziele des High-Tech-Masterplans konsequent um.
- Überregionale / Internationale Zusammenarbeit fördern**  
 Mit dem Netzwerk BIONIKON soll die interdisziplinäre Kooperation in der bionischen Forschung auf überregionaler und internationaler Ebene verbessert werden. Gezielte Förderung der Internationalen Zusammenarbeit unterstützt die Kooperationen der „besten Köpfe“ weltweit. Sie ebnet den Weg für Investitionen in Deutschland und die Erschließung von Märkten der Zukunft im Ausland.

- Den wissenschaftlichen Nachwuchs fördern**  
 Junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auf dem Gebiet der Bionik zu fördern, aber auch sie zu fordern, indem die kreativen Potenziale ausgeschöpft werden, ist Bestandteil aller einschlägigen Forschungsprogramme des BMBF.
- Mit der Bionik Interesse an Natur- und Ingenieurwissenschaften wecken**  
 Ziel der Maßnahmen ist es, die Verbreitung bionischer Erkenntnisse in Öffentlichkeit, Schulunterricht und Fachausbildung sowie in Wirtschaft und Wissenschaft voranzutreiben. Dabei soll insbesondere bei Jugendlichen und Studierenden das Interesse an der Bionik und damit an naturwissenschaftlichem Entdecken und ingenieurwissenschaftlichem „Tüfteln“ in fachübergreifender Zusammenarbeit geweckt werden.

Diese einzelnen Maßnahmen werden in dem vorliegenden gemeinsamen, konsistenten Förderkonzept eng miteinander vernetzt, um kreative Ideen aus der Bionik entlang der Wertschöpfungskette zu marktgerechten Innovationen umzusetzen. In der Abbildung sind diese Elemente der Gesamtstrategie Bionik zusammengefasst und werden im Einzelnen in den nachfolgenden Abschnitten erläutert.



# Handlungsrahmen

## 1. Ideen aus der biologischen Forschung und Technologie anstoßen

Bionik liegt als Wissenschaft an der Schnittstelle zwischen biologischer Forschung und Technikentwicklung. Sie ist im Rahmenprogramm „Biotechnologie – Chancen nutzen und gestalten“ und in den Programmen „Forschung für die Nachhaltigkeit“ sowie „Innovationen durch neue Technologien“ verankert („Von der Natur für die Technik lernen“). Im Rahmenprogramm Biotechnologie werden Projekte zur Bionik hauptsächlich innerhalb der Fördermaßnahmen Ideenwettbewerb Bionik und Nanobiotechnologie gefördert, aber auch im Nachwuchswettbewerb BioFuture und in der Förderung zur Regenerationstechnologie finden sich bionische Ansätze wieder. Bionik greift dabei die Struktur und Wirkmechanismen biologischer Systeme auf und setzt sie in technische Lösungen um. Wobei auf ursprüngliche biologische Eigenschaften im Einzelfall verzichtet werden kann, wie Vermehrung, Stoffwechsel, Reizempfinden usw.

In der als Schlüsseltechnologie des beginnenden 21. Jahrhunderts bezeichneten Biotechnologie können neue Ansätze der Bionik wichtige Beiträge leisten, wie z.B. das zunehmende Verständnis der biologischen Evolution und die Aufklärung zur Selbstorganisation biologischer Systeme. Hierbei gilt es, Grundlagenforschung rasch und möglichst umfassend zur Anwendung zu führen. Die nachfolgenden Fördermaßnahmen des BMBF verdeutlichen den Handlungsrahmen innerhalb des Programms Biotechnologie.

### Ideen aus der Natur nutzen

Ziel des Ideenwettbewerbs „Bionik – Innovationen aus der Natur“ ist es, in Machbarkeitsstudien die Anwendungspotenziale bionischer Lösungen und Möglichkeiten der technischen Umsetzung aufzuzeigen. Mit dem Ideenwettbewerb soll die Lücke zwischen Grundlagenforschung und marktnaher Forschung und Entwicklung geschlossen werden.

An der technischen Umsetzung der kreativen Ideen arbeiten zumeist Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler aus unterschiedlichen Disziplinen zusammen: aus der Botanik, Zoologie, Mikrobiologie, Molekularbiologie und Ingenieurwissenschaften wie Werkstoffkunde, Verfahrenstechnik und Elektronik bis hin zu Mathematik, Physik und Informatik.

Das BMBF beabsichtigt, den erfolgreichen Start des Ideenwettbewerbs aus dem Jahr 2004 fortzusetzen und alle zwei Jahre neu auszuschreiben. Damit ist ein kontinuierliches Aufgreifen von neuen Ideen gesichert, die anschließend im Rahmen der verschiedenen Fachprogramme zu technischen Lösungen weiterentwickelt werden können.



Siegerteams des Ideenwettbewerbs Bionik.

### Maßnahme:

Ausbau des „BMBF-Ideenwettbewerbs Bionik“ durch eine Auswahlrunde alle zwei Jahre

- mit einer ersten Förderphase für Machbarkeitsstudien und
- einer zweiten Phase zur Förderung von FuE-Projekten

### Alles Große wächst aus etwas Geringem empor

Die Nanobiotechnologie schlägt die Brücke zwischen der unbelebten und belebten Natur. Sie zielt darauf ab, biologische Funktionseinheiten in grundlegender Hinsicht zu verstehen und funktionale Bausteine im nanoskaligen Maßstab unter Einbeziehung technischer Materialien, Schnittstellen und Grenzflächen kontrolliert zu erzeugen. Um dieses neue Forschungsfeld in Deutschland aufzubauen und international wettbewerbsfähig zu gestalten, wurde vom BMBF die Fördermaßnahme „Nanobiotechnologie“ eingerichtet.

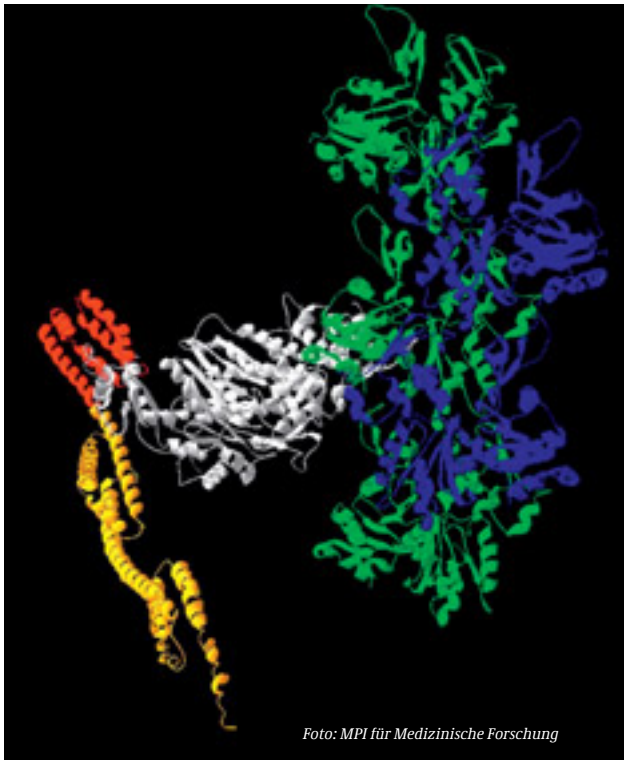
In dieses neue Feld fallen auch eine Vielzahl von bionischen Ansätzen wie zum Beispiel die von der Natur zum Vorbild genomene kontrollierte Selbstorganisation, bei der sich biologische Moleküle von neuartigen funktionalen Oberflächen bis hin zu komplexen Maschinen assoziieren. In dieser Fördermaßnahme werden auch zukünftig innovative Ansätze aus der Bionik gefördert, um im Verbund zwischen Wirtschaft und Wissenschaft neue wissenschaftliche Erkenntnisse schneller als bisher in Innovationen umzusetzen.

Die in den letzten Jahren geradezu explosionsartige Zunahme an Wissen über den Aufbau und die Funktionsweise biologischer Prinzipien auf nanoskaliger Ebene sowie die Möglichkeit komplexe biologische Konstrukte mittels nanotechnologischer Methoden in die Technik umzusetzen, eröffnet der Bionik hervorragende Zukunftschancen (weitere Anwendungen siehe nächster Abschnitt).

**Maßnahme:**

Verstärkte Förderung bionischer Ansätze innerhalb der Nanobiotechnologie mit den Schwerpunkten

- evolutive Forschungsansätze
- Untersuchung von Selbstorganisations-Mechanismen



Proteine nach Maß mit gewünschten Eigenschaften schneiden zu können, ist ein wichtiges Ziel der Biotechnologie. Von besonderem Interesse sind hierbei die winzigen molekularen Motoren, die in den lebenden Zellen mechanische Arbeit verrichten.

Dazu zählt das Motorprotein Myosin, das auch die Muskeln bewegt. Die Myosine gehören zu einer großen Familie von molekularen Linearmotoren. Hier hangeln sich bestimmte Myosin-Fasern (die sog. Motordomäne, grau im abgebildeten Proteinmodell) an Aktin-Fasern (grün und blau) entlang.

Das Gebilde ist extrem winzig: Die Motordomäne ist lediglich 8 Nanometer (0,000008 mm) lang.

Forscher der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH) und des Heidelberger Max-Planck-Instituts für medizinische Forschung haben einen solchen Myosin-Motor nachgebaut. Zu der „Maschine“ gehören noch ein Hebelarm (orange) sowie ein spezieller Nackenbereich (rot), mit dem die „Laufrichtung“ geändert werden kann.

Mögliche Anwendungen reichen von der Nanotechnologie bis zur molekularen Medizin. So lassen sich z. B. die elektrischen Eigenschaften der Oberflächen von Chips gezielt verändern, wenn man Methoden der molekularen Lithographie mit der Selbstorganisation der Nanostrukturen der Motorproteine verbindet.

## 2. Patentlösungen der Natur in Innovationen umsetzen

Die Herausforderungen im Innovationswettbewerb steigen. Innovations- und Produktzyklen haben sich rasant verkürzt. Nationale Innovationsvorsprünge werden immer schneller durch neue Produkte und Verfahren oder preisgünstigere Nachahmungen relativiert. Diesen Herausforderungen stellen sich die Programme zu „Innovationen durch neue Technologien“.

Das BMBF fördert die Erforschung und Entwicklung zukunfts-trächtiger neuer Technologien, um die Grundlagen für das Deutschland von morgen zu schaffen. Die Bionik kann in diesem Innovationsprozess wichtige Impulse geben: Für robuste neue Werkstoffeffekte, für perfektionierte Informations- und Kommunikationssysteme oder für ressourcen- und energieeffiziente Produktsysteme. Nachfolgend sind einige Ansätze für Innovationen dargestellt, die im Rahmen von FuE-Projekten durch das BMBF gefördert werden.

### Neue Werkstoffe dank Bionik

Werkstoffe prägen die technische Leistungsfähigkeit von Produkten. Neuartige Werkstoffe verbessern die Wettbewerbsfähigkeit technologieorientierter Unternehmen; Innovationen im Werkstoff- und Verfahrensbereich sind vielfach treibende Kraft für industrielle Produktentwicklungen.

Die Schnittstelle zwischen Biologie und Materialforschung bietet erhebliches Potenzial. Um dieses Potenzial ausschöpfen zu können, hat das BMBF das Handlungsfeld „Bionische Werkstoffe“ im Rahmen des seit 2004 laufenden WING-Programms („Werkstoffinnovationen für Industrie und Gesellschaft“) formuliert.

Hier wird Bionik-bezogene Forschung, die Entwicklung biomimetischer Werkstoffe, gefördert. Darunter werden völlig neuartige Materialansätze (Strukturen, Verfahren, Funktionen) verstanden, die auf Vorbildern aus der Natur beruhen und auf die Herstellung und Anwendung synthetischer Werkstoffe übertragen werden sollen. Ziel ist es, biologische Werkstoffe nachzuahmen und ihre besondere Festigkeit, katalytische oder sensorische Eigenschaften oder auch Haftungsphänomene zu nutzen (z.B. Gecko-Effekt).

Die übergeordneten Themen der bionischen Werkstoffansätze sind biofunktionalisierte Oberflächen (z.B. für Korrosionsschutz, Antifouling), biomorphe hierarchische Strukturen in synthetischen Werkstoffen (z.B. dem Holz nachempfundene Keramiken), biohybride Werkstoffe, biomineralisierte Werkstoffe (nach dem Vorbild der Muschelschale) und Trägermaterialien für bioanalogue Funktionen (wie Membranen, Filter und Katalysatoren).

**Maßnahme:**

Förderung bionischer Ansätze innerhalb der Werkstoffforschung mit den Schwerpunkten:

- biofunktionalisierte Oberflächen
- biohybride Werkstoffe
- biomineralisierte Werkstoffe
- Trägermaterialien für bioanalogue Funktionen



*Sandskinks sind handtellergröße Eidechsen, die eine glatte, glänzende Haut haben. Mit ihrer Hilfe kann die Echse reibungsarm durch die Wüste „schwimmen“, was zum Namen Wüstensandfisch führte. Für das reibungsmindernde und abriebfeste Funktionsprinzip der Sandfischhaut finden sich zahlreiche Anwendungen: So könnte eine solche Haut beispielsweise als Auskleidung von Pneumatikzylindern dienen, wie sie in Baggern eingesetzt werden, oder als verschleißfreie Oberfläche von Mehrweg-Plastikflaschen.*

#### Bionik an der Schnittstelle zwischen Mensch und Material

Die noch junge Disziplin der Nanotechnologie für die Gesundheit hat in den vergangenen Jahren rasante Fortschritte erzielt. Mittlerweile setzt sich mehr und mehr die Auffassung durch, dass die Diagnose und die Therapie von Krankheiten durch die Nanotechnologie langfristig revolutioniert werden kann.

Allzu häufig erweist sich jedoch die Komplexität des menschlichen Körpers als hohe Hürde auf dem Weg zu innovativen Therapeutika und Diagnostika. Es werden maßgeschneiderte Schnittstellen zwischen biologischem Umfeld und multifunktionalen Nanosystemen erforderlich. Dabei darf sich die Schnittstelle nicht nur auf den Wirk- bzw. Zielort beschränken. Es muss genauso die Kontrolle über Transport, Zielfindung und Freisetzung der Wirkstoffe, Kontrastmittel und therapeutisch wirksamen Zellen gewährleistet sein.

Biomimetische Ansätze nach dem Vorbild von Viren und Bakterien versprechen für Therapeutika langfristig Erfolge. Nach dem Vorbild des Knochenwachstums, das durch Proteine gesteuert wird, können Hartgewebeimplantate verträglicher werden. Auch biohybriden Systemen wird großes Potenzial zugeschrieben.

All diese Ansätze bieten die Möglichkeit, zahlreiche Nachteile rein biologischer Systeme wie ihre unkontrollierte Zersetzung oder Immunreaktionen zu umgehen. Das BMBF hat aufgrund des hohen Innovationspotenzials dieser Forschungs- und Technologierichtung aktuell die Fördermaßnahme „NanoforLife“ ins Leben gerufen.

#### Maßnahme:

Förderung von FuE-Projekten mit bionischen oder biomimetischen Ansätzen für Anwendungen

- in der Diagnose und
- der Therapie von Krankheiten

#### Wie die Natur produzieren

Stillstand bedeutet Rückschritt – dies gilt insbesondere für die Produktion. Das verarbeitende Gewerbe als tragende Säule der deutschen Wirtschaft muss sich deshalb stets neuen Anforderungen stellen, um Deutschlands Spitzenposition auf dem Weltmarkt zu halten. Die Produktivität und damit die internationale Konkurrenzfähigkeit der produzierenden Unternehmen hängt bei uns ganz wesentlich vom optimalen Einsatz neuer Technologien ab. Hinzu kommt die zunehmend erkannte Notwendigkeit eines nachhaltigen, auf Dauer tragfähigen Wirtschaftens, das völlig neue Produktionsbedingungen erfordert.

Die Natur ist ein Meister der nachhaltigen Produktion: Produkte werden ökonomisch mit einem Minimum an Energie und Ressourcen hergestellt und die Abfälle immer vollständig in den natürlichen Kreislauf zurückgeführt.

Das BMBF fördert die Forschung zu neuen Produktionstechnologien mit dem Ziel, beispielhafte Lösungen für die zukunftsfähige Produktion in Deutschland zu entwickeln und Forschungsergebnisse für die breite Anwendung – besonders für kleinere und mittlere Unternehmen (KMU) – bereitzustellen. Im Rahmen der Produktionstechnologie-FuE-Förderung können verschiedene fachliche Aspekte mit Bionik-Bezug gefördert werden.

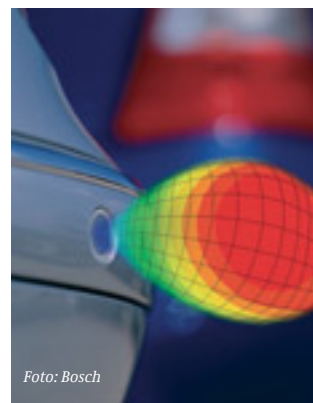
#### Maßnahme:

Projektförderung von neuen Produktionstechnologien, die nach dem Vorbild der Natur entwickelt werden

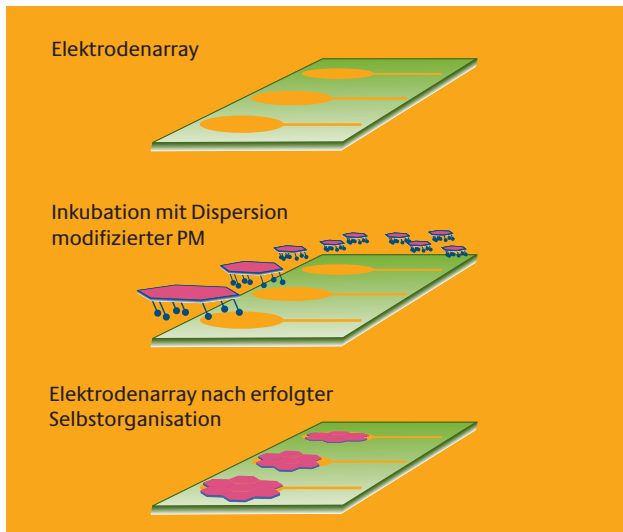
#### Klein, praktisch, effizient nach dem Vorbild der Natur

Dem Forschungs- und Entwicklungsbereich „Technologie von Mikrosystemen“ wird eine große Zukunft eingeräumt. Die Querverbindungen zwischen Biologie und Technik sind offenkundig. Die Natur bietet gerade in diesem Bereich eine unerschöpfliche Quelle von Formen, Strukturen und Funktionsbeziehungen. Bei der Umsetzung von Mikrosystemen kann das bionische Herangehen zu vielfältigen neuen Lösungsansätzen führen.

Das Rahmenprogramm „Mikrosysteme“ fördert einen hoch innovativen Technologiebereich, in dem auf funktionaler Ebene viele Analogien zur Natur bestehen, wie z.B. bei der Verknüpfung von Sensoren, Aktoren und Signalverarbeitung in miniaturisierter Form.



*Beispiel Ultraschall-Einparkhilfe (Analogie zur Fledermaus): In vielen Autos helfen bereits heute mikrosystemtechnische Ultraschallsensoren beim Einparken. Ähnlich wie Fledermäuse messen diese Sensoren mittels Schallwellen die Entfernung zu Hindernissen und ermöglichen so ein einfaches und sicheres Einparken ohne Schrammen und Beschädigungen.*



Grafik: Ptj, (nach Fiedler, FhG-IZM)

*Self-Assembly: Im BMBF-Mikrosystemtechnik-Projekt BioMount wurde das Einsatzpotenzial biomimetischer Verfahren zur Selbstassemblierung optoelektronischer Komponenten erforscht.*

*Es wurden Modell-Bauteile mit Kantenlängen im Größenbereich unterhalb 100  $\mu\text{m}$  (Liposomen und Nanopartikel) sowie unterhalb 2  $\mu\text{m}$  (Purpormembran-Fragmente) zur seitenspezifisch gerichteten Verankerung präpariert und unter Nutzung von Prozessen der Selbstorganisation aus einem Dispersionsmedium geordnet auf Gold-Oberflächen eines planaren Elektrodenarrays abgelegt. So sollten exemplarisch die in der Natur erfolgreichen Strategien des Self-Assembly in technologisch bedeutsame Dimensionen entwickelt werden.*

#### Maßnahme:

Förderung von FuE-Projekten mit bionischen Ansätzen für die Mikrosystemtechnik

#### Software – Made by Nature

Die Entwicklung der Informations- und Kommunikationstechnik war Antrieb für die wesentlichen Neuerungen in Produktion und Dienstleistung der letzten Jahre. Die Weiterentwicklung der Technologie ist entscheidend, um auch in Zukunft international konkurrenzfähige Produkte und Dienstleistungen anbieten zu können.

Datenanalyse und Informationsverarbeitung unter Benutzung intelligenter Schaltungen befinden sich in einer stürmischen Entwicklung. Insbesondere die Verschaltung von Parallelrechnern und die Entwicklung „Neuronaler Schaltkreise“ haben entscheidende Anregungen aus dem Bereich der Neurobiologie bekommen.

Im Rahmen der Förderung von Softwaresystemen unterstützt das BMBF Forschung und Entwicklung zur bio-analogen Informa-

tionsverarbeitung, u.a. ein Vorhaben über die Modellierung neurokognitiver Prozesse, das Erkenntnisse über neue Algorithmen zur Informationsverarbeitung komplexer Daten nach biologischen Prinzipien erarbeiten soll.

#### Maßnahme:

Förderung von FuE-Projekten im Bereich Softwaresysteme zur

- Datenanalyse und
- Entwicklung bio-analoger Informationsverarbeitung

### 3. Mit Bionik nachhaltig wirtschaften

#### Im Dienste der Nachhaltigkeit

Die Politik der Nachhaltigkeit zielt auf die Erhaltung und den Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen und Ressourcen, die Förderung und Sicherung des Wohlstands für heutige und künftige Generationen und damit verbunden die Schaffung generationenübergreifender Gerechtigkeit in unserer Gesellschaft.

Forschung für die Nachhaltigkeit soll dabei helfen, Konflikte zwischen diesen Zielsetzungen zu überwinden und fortschrittliche Lösungen anzubieten, die den Menschen zugute kommen, die Umwelt schonen und neue Beschäftigungspotenziale durch innovative, wettbewerbsfähige Produkte und Dienstleistungen erschließen.

Das BMBF fördert mit seinem 2004 veröffentlichten Rahmenprogramm „Forschung für die Nachhaltigkeit“ gezielt die Erforschung, Umsetzung und Verbreitung von Innovationen für eine nachhaltige Entwicklung – als Teil der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung. Durchschnittlich 160 Mio. € jährlich stehen in den nächsten fünf Jahren der „Forschung für die Nachhaltigkeit“ zur Verfügung.

Die Bionik ist bedeutender Bestandteil der Nachhaltigkeitsforschung. Als interdisziplinäre Wissenschaft verdankt sie ihr Innovationspotenzial dem Zusammenwirken verschiedener natur- und ingenieurwissenschaftlicher Disziplinen.

Die Bionik kann dazu beitragen, Techniken zu schaffen, deren negative Auswirkungen von vornherein minimiert werden. Von besonderem Interesse sind Forschungen, die nach dem Vorbild biologischer Systeme mit einem Minimum an Energie- und Materialaufwand optimale Leistungen erzielen.

Auf die Bionik gehen bedeutende nachhaltigkeitsrelevante Innovationen zurück, wie beispielsweise der den Wasserwiderstand reduzierende Wulstbug bei Schiffen, selbstreinigende Oberflächen nach dem Lotuseffekt und die von der Haifischhaut abgeleiteten Folien mit Rippen-Struktur für die Verminderung des Luftwiderstandes bei Flugzeugen. Ein weiteres Beispiel ist auf dem Foto S. 11 oben abgebildet.

Der Förderung der Bionik im Rahmen der Nachhaltigkeitsforschung folgte einem stufenweisen Ansatz:

Zunächst galt es, für die Bionik als „Wissenschaft der Kooperation“ eine geeignete Infrastruktur und Vernetzung aufzubauen – als Nährboden für innovative Forschungsideen, die aus fach-



Foto: Evologics

Die bionische Umsetzung der widerstandsreduzierenden Hand-  
schwüngen eines Vogelflügels (z.B. der einer Blaumeise) bei der  
Entwicklung eines neuartigen Propellers.

übergreifender Kooperation der Wissenschaftsdisziplinen entstehen. Ebenso wichtig sind hierbei Kontakte mit industriellen Partnern und die Vernetzung der Bionik mit der Bildung. Die Initiative dazu erfolgte bereits 2001 mit der BMBF-Förderung für den Aufbau des Bionik-Kompetenznetzes BIONIKON (s. Abschnitt 5).

In einem zweiten Schritt wird im Rahmenprogramm „Forschung für die Nachhaltigkeit“ eine Förderung für konkrete, nachhaltigkeitsrelevante Technologieentwicklungen auf bionischer Basis angeboten:

Im Jahr 2004 veröffentlichte das BMBF das Förderprogramm „Innovationen als Schlüssel für Nachhaltigkeit in der Wirtschaft“, das – branchenübergreifend – Vorhaben zur Erschließung und Nutzung neuer Technologien oder Verfahren, Produkt- oder Dienstleistungsstrategien und deren Kombinationen fördert, die aufgrund ihres Innovationsgrades und ihrer Anwendungsbreite eine Schlüsselfunktion für mehr Nachhaltigkeit in der Wirtschaft besitzen. Diese Förderbekanntmachung schließt ausdrücklich bionische Technologieansätze ein. Die Vorhaben sollen in Kooperation mit Unternehmen durchgeführt werden. Für die Einreichung von Forschungsideen gibt es mehrere Ausschreibungstermine.

#### Maßnahme:

Auswahlrunden zu „Innovationen als Schlüssel für Nachhaltigkeit in der Wirtschaft“ unter

- Erschließung und Nutzung neuer Technologien oder Verfahren und
- Produkt- oder Dienstleistungsstrategien und deren Kombinationen

#### Bionik aus dem Meer

Zudem plant das BMBF eine Ausschreibung zur marinen Bionik für neue, interdisziplinäre Forschungsansätze mit dem Ziel, das hohe Innovationspotenzial einer Nutzung zuzuführen. Dabei sollen frühzeitig Kooperationen mit Unternehmen eingegangen werden.

Im Meer mit seinen zum Teil extremen Lebensbedingungen hat die Evolution ganz spezifische, komplexe biologische Strukturen, Mechanismen und Systeme hervorgebracht, die ein hohes Potenzial für technologische Applikationen bergen. Nach gegenwärtigem Kenntnisstand kann eine Reihe von sehr aussichtsreichen Arbeitsfeldern für die Bionik benannt werden, die auf den Besonderheiten des Lebens im Meer beruhen: Lokomotion; Sensorik; Kommunikation und Koordination; Werkstoffe und Materialien; Oberflächenschutz/Antifouling; Filtrationssysteme.

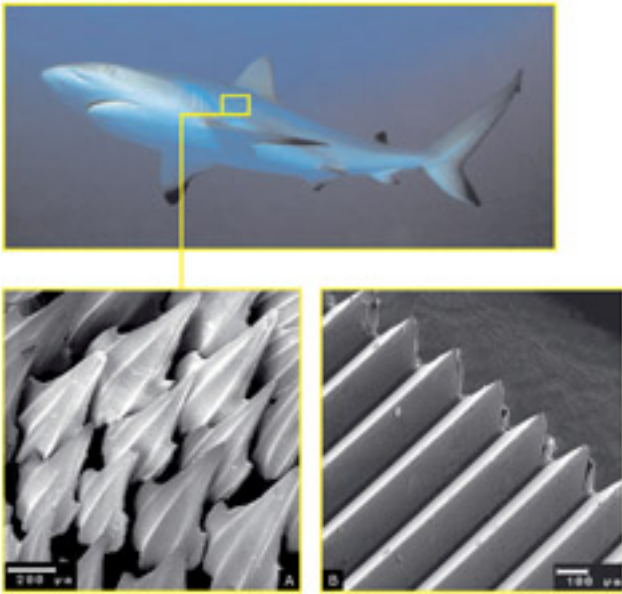
Jedes dieser Arbeitsfelder enthält eine Vielzahl spezieller Themen. Zu einigen von ihnen sind bereits beeindruckende wissenschaftliche Fortschritte erzielt worden, die das Interesse der Wirtschaft gefunden haben. So ist es zum Beispiel gelungen, die Skelette von Kieselalgen zu vermessen und mittels der so entdeckten Bauprinzipien rotierende Leichtbauelemente konstruktiv zu optimieren.

Auf anderen Gebieten sind noch wissenschaftliche Vorlaufuntersuchungen erforderlich, bevor technologische Anwendungen angestrebt werden können. Ein Beispiel hierfür sind Forschungen an mineralischen Fasern in Tiefseeschwämmen, die die Eigenschaften bisher gebräuchlicher Lichtwellenleiter übertreffen.

#### Maßnahme:

Auswahlrunden für nachhaltige Technologieentwicklungen unter Nutzung des Erfahrungsschatzes der maritimen Umwelt mit den Schwerpunkten

- Lokomotion
- Sensorik
- Kommunikation und Koordination
- Werkstoffe und Materialien
- Oberflächenschutz/Antifouling
- Filtrationssysteme



Fotos: Kesel, Hochschule Bremen

**Vorbild Hai:** Die Haut eines Hais ist von kleinen Schuppen (Dentikeln) aus hartem Material bedeckt. Diese Schuppen (Bild A) sind wegen der Elastizität der darunter liegenden Bindegewebsschicht gegeneinander beweglich. Deren Flexibilität in Kombination mit der mikrostrukturierten Oberfläche der Dentikel kann einen Befall durch Foulingorganismen vermindern. Bild B zeigt eine technische Nachbildung der Schuppen, womit beträchtliche Bewuchsminderungen an Stahloberflächen erzielt werden.

Der marine Bewuchs unterhalb der Wasserlinie ist für die Schifffahrt seit jeher ein erheblicher Kostenfaktor. Seepocken, Muscheln, Algen und mikrobakterielle Filme erhöhen den Wasserwiderstand eines Schiffes innerhalb kürzester Zeit um bis zu 15%.

Das Breitbandbiozid TBT (Tributylzinn) galt bis vor kurzem als wirkungsvollstes Mittel gegen diesen sog. Foulingbewuchs. Tributylzinn wurde jedoch aufgrund seiner hohen unspezifischen Toxizität die Zulassung durch die Internationale Maritime Organisation (IMO) Anfang 2003 weltweit entzogen.

#### 4. Industrieunternehmen stärker in die Forschungsförderung einbinden

Industrieunternehmen sind die Katalysatoren des Wandels in der Wirtschaft, die das Wissen aus den Hochschulen und Forschungseinrichtungen in Wachstum und Arbeitsplätze umsetzen. Ohne die Bereitschaft und die Fähigkeit von Unternehmen, Ergebnisse aus der Forschung umzusetzen, gibt es keine Innovation und somit keinen technischen Fortschritt.

Die Einbindung industrieller Partner in Forschungs- und Innovationsnetzwerken ist wesentlicher Bestandteil der Forschungsförderung des BMBF. Auch kleinere und mittlere Unternehmen greifen bei Produktentwicklungen auf bionische Forschung zurück, z.B. bei der derzeitigen Entwicklung eines hocheffizienten bionischen Schiffspropellers. Die leistungsfähige Forschungslandschaft in der Bionik in Deutschland bietet Unter-

nehmen dabei zahlreiche aussichtsreiche Partnerschaften. Verbünde zwischen Wirtschaft und Wissenschaft haben Priorität in den Fördermaßnahmen mit Bionik-Bezug.

In den an Querschnittstechnologien wie z.B. der Bionik orientierten Fachprogrammen der Forschungsförderung findet zudem eine deutliche Akzentverschiebung zugunsten von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) statt. In einer Reihe von Programmen, zu denen z.B. die Biotechnologie gehört, erhalten KMU inzwischen den überwiegenden Anteil der Fördermittel. Transparenz über die bestehenden Fördermöglichkeiten, schnelle und unbürokratische Antragsverfahren sowie zielgerichtete Programme sind vor allem für den Mittelstand von entscheidender Bedeutung.

Zudem hat das BMBF mit den so genannten X-Chance Programmen wie BioChancePLUS und NanoChance neue Fördermaßnahmen aufgelegt, die jungen wie etablierten Unternehmen den Zugang zu Forschungsverbänden und die Durchführung weiterführender Forschungsprojekte ermöglichen.

Aus Hochschulen und Forschungseinrichtungen werden zunehmend junge viel versprechende Unternehmen mit oft hervorragenden Marktaussichten ausgegründet. Der Transfer von Forschungsergebnissen über Ausgründungen (Spin-Offs) aus Hochschulen und Forschungseinrichtungen wird durch den Ausbau entsprechender Förderinstrumente forciert, die auch für Vorhaben aus der Bionik zur Verfügung stehen. Flankiert wird dies durch den erleichterten Zugang zu den Frühphasenprogrammen des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit (BMWA).

Das Förderkonzept Bionik will durch die genannten Maßnahmen und Anreize Industrieunternehmen stärker in die Forschungsförderung einbinden und setzt damit fachspezifisch die Ziele des High-Tech-Masterplans der Bundesregierung konsequent um.

#### Maßnahme:

- Verstärkte Einbindung kleiner und mittelständischer Unternehmen in FuE-Projekte in der
  - Biotechnologie (BioChancePLUS) und
  - Nanotechnologie (NanoChance);
- Verwertung bionischer Forschungsergebnisse durch gezielte Förderung von Ausgründungen

#### 5. Überregionale / Internationale Zusammenarbeit fördern

##### Kompetenzen überregional vernetzen

Das Bionik-Kompetenznetz (BIOKON) ist ein vom BMBF im Rahmenprogramm „Forschung für die Nachhaltigkeit“ gefördertes Projekt mit dem Ziel, durch Aufbau einer Forschungsinfrastruktur

- **die interdisziplinäre Zusammenarbeit in der bionischen Forschung zu verbessern,**

- die Zusammenarbeit mit der Industrie zu intensivieren,
- internationale Forschungskontakte zu knüpfen und
- bionische Erkenntnisse in Bildung und Öffentlichkeit zu verbreiten.

Das Kompetenznetz BIONIKON wurde mit der ersten Förderphase (2001-2004) als Querschnitts- und Kooperationsaktivität initiiert, aufgebaut und im Juli 2004 mit Bewilligung einer zweiten, abschließenden Förderphase erweitert (Verbundvorhaben BIONIKON II, 2004 bis 2007). Die Koordinierung des Netzwerkes erfolgt durch den gemeinnützigen Verein „Forschungsgemeinschaft Bionik-Kompetenznetz e.V. BIONIKON“. Nach Abschluss des Vorhabens BIONIKON II soll sich das Netzwerk ohne institutionelle Förderung im Rahmen künftiger FuE-Projekte, Aufträge, Sponsorengelder und Mitgliedsbeiträge finanzieren.

#### Maßnahme:

Aufbau eines leistungsfähigen Kompetenznetzes, um

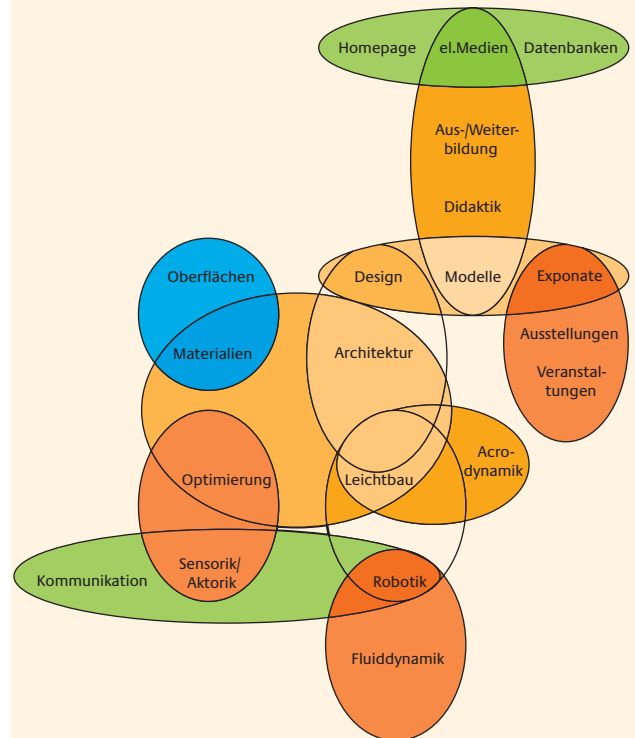
- das Innovationspotenzial der Bionik für nachhaltige Techniklösungen zu mobilisieren,
- die Bionik als fachübergreifende Thematik in Hochschulgängigen zu etablieren und
- das Verständnis von Natur und Technik im Schulunterricht und in der Öffentlichkeit zu fördern.



BIONIKON umfasst mittlerweile 22 Partnerinstitutionen, bestehend aus den Instituten der Universitäten bzw. Hochschulen (Aachen, Berlin, Bochum, Bonn (Botanisches u. Zoologisches Institut), Bremen, Darmstadt, Dresden, Freiburg, Ilmenau, Magdeburg, Münster, Saarbrücken, Tübingen), Forschungsinstituten (MPI für Metallforschung Stuttgart, FZ Karlsruhe, Institut für Textil- und Verfahrenstechnik Denkendorf), Nieklitzer Ökologie- und Ökotechnologie-Stiftung (NICOL) und den Firmen Evologics (Ausgründung TU Berlin) und INPRO sowie dem Architekturbüro Olligtmüller.

Die Partner-Einrichtungen haben Spitzenkompetenzen in verschiedenen Bionik-FuE-Schwerpunktbereichen und bilden dazu Kompetenz-Knotenpunkte innerhalb des Netzwerkes (siehe Abbildung).

#### Schematische Illustration zur internen Zusammenarbeit/ mehrschichtige Verzahnung der BIONIKON-Fachgruppen



#### Schwerpunktbereiche des BIONIKON-Netzwerkes:

- Architektur, Design
- Leichtbau, Materialien
- Oberflächen und Grenzflächen
- Fluidodynamik, Fliegen, Schwimmen, Robotik
- Biomechatronik, Biomedizintechnik, Mikrosystemtechnik
- Sensorik, Informationsverarbeitung
- Optimierungsverfahren und -methoden
- Bionik-Film
- Aus- und Weiterbildung, Methodik und Didaktik
- Ausstellungen, Messen, Kongresse, Workshops, Tutorials, Exponate
- Öffentlichkeitsarbeit, Presse, Medien, Datenbanken, Internet

#### Internationale Zusammenarbeit stärken

Wissen macht an nationalen Grenzen nicht halt. In der Bionik sind deutsche Wissenschaftler weltweit begehrte Kooperationspartner; sie stehen u.a. in den Teilfeldern Werkstoffforschung, Biotechnologie und Mikrosystemtechnik an der technologischen Spitze. Zunehmend gewinnt auch die Einbindung von Unternehmen, gerade kleiner und mittelständischer Betriebe, in internationale Netzwerke an Bedeutung. Nur so können Innovationen

schnell und kosteneffektiv in Wachstum und Arbeitsplätze umgesetzt werden. Zugang zu internationalem Know-how steigert nachhaltig ihre Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit und sichert damit den Technologiestandort Deutschland.

Die Bundesregierung verfolgt die Ziele von Lissabon, um Europa zur innovativsten und global wettbewerbsfähigsten Volkswirtschaft zu entwickeln. Dies erfordert neben der Bionik-Förderung in Deutschland auch die Nutzung international generierten Wissens durch die Kooperation mit strategischen Partnern im Ausland.

Allgemein beträgt der deutsche Anteil an global generiertem Wissen etwa 10%. 90% liegen außerhalb unserer Grenzen. Die Anstrengungen des BMBF für die internationale Forschungs-kooperation konzentrieren sich deshalb darauf,

- **mit den Besten der Welt zusammen zu arbeiten und für diese attraktiv zu sein,**
- **Forschungsinvestitionen verstärkt nach Deutschland einzuwerben,**
- **Knotenpunkte internationaler Kompetenznetze in Deutschland zu entwickeln und zu festigen,**
- **Lösungsansätze für eine nachhaltige Entwicklung zu finden.**

Gegenwärtig existiert weltweit kein dem BIODON-Kompetenznetz vergleichbares Netzwerk. Das internationale Interesse ist somit beachtlich. Die BIODON-Einrichtungen und -Unternehmen vernetzen sich zunehmend mit ausländischen Partnern, um Kompetenzen zu bündeln, Zugang zu den „besten Köpfen“ weltweit zu gewinnen und ausländische Märkte zu erschließen. Die Mitgliedsinstitutionen und Forscher im BIODON-Netz haben mittlerweile vielfältige internationale Beziehungen, u.a. zu den führenden Forschungseinrichtungen in der Schweiz, in Österreich, den Niederlanden, Großbritannien, Frankreich, Polen, Ungarn, Slowenien, der Ukraine und Russland.

Außerhalb Europas kooperieren deutsche Forscher in den USA (MIT, Stanford), seit einiger Zeit auch sehr intensiv mit China (Institute of Advanced Studies, Shanghai) sowie Singapur (Vereinbarung über die Zusammenarbeit in der Unterwasserkommunikationstechnik). Mit Japan unterhält BIODON Kontakte, die sich durch einen gemeinsamen Bionik-Workshop unter Schirmherrschaft des BMBF (2005 im Rahmen des „Deutschland in Japan“-Jahres) noch intensivieren werden.

BIODON präsentiert sich auf Messen und ist u.a. bei der Gestaltung des deutschen Pavillons auf der EXPO 2005 in Japan aktiv tätig. Die Präsentationen zum Thema „Bionik“ leisten einen aktiven Beitrag zum deutschen Standortmarketing in Forschung und Entwicklung. Die Spitzenstellung deutscher Bionik-Forscher an international bekannten Kompetenzstandorten stellt einen starken komparativen Vorteil für FuE-Investitionen in Deutschland dar. Angesichts seiner leistungsfähigen Wissenschaftsinfrastruktur hat Deutschland das Potenzial, sich für global orientierte Bionik-Unternehmen zu einem attraktiven Investitionsstandort zu entwickeln.

Die existierenden Ansätze zum Aufbau eines Europäischen Forschungsraumes (EFR) bieten die Grundlage für ein europäisches Bionik-Cluster, das als ERA-Net insbesondere auf die Zusammenarbeit mit Partnern aus Großbritannien und Frankreich zählt. Die Perspektive einer Koordinierung und Bündelung der europäischen Forschungsförderung – neben und mit dem 7. EU-Rahmenprogramm – stellt eine wichtige Ergänzung der nationalen Anstrengungen in den Teilbereichen der Bionik dar. Das BMBF unterstützt diese Perspektive im Sinn der oben genannten Ziele.

Schließlich eröffnen Bionik-Schwerpunkte neue Möglichkeiten für die Internationalisierung deutscher Hochschulen. Der Export entsprechender Studiengänge in den angewandten Natur- und Ingenieurwissenschaften in Regionen mit großer Biodiversität und wachsenden Märkten (z.B. Brasilien) bieten großes Potenzial, internationalen Nachwuchs für den Bildungs- und Forschungsstandort Deutschland zu gewinnen.

#### **Maßnahmen:**

Das BMBF wird die internationale Komponente des Förderkonzeptes Bionik zukünftig durch folgende Maßnahmen stärken:

- Systematische Verknüpfung deutscher Institutionen in Europa und strategischen Partnern weltweit (insb. Kompetenznetz BIODON und ERA-Net)
- Identifikation der besten Ideen und Gewinnung der international „besten Köpfe“ für die Zusammenarbeit mit deutschen Einrichtungen (ggf. durch Internationale Ideenwettbewerbe oder Sonderstipendienprogramme)
- Erschließung internationaler Forschungsprogramme und Märkte für deutsche Forschungspartner und Unternehmen durch geeignete Anbahnungsmaßnahmen (z.B. Mobilitäts-, Workshop-, Delegationsförderung und Pilotmaßnahmen)
- Werbung für den Forschungs- und Bildungsstandort Deutschland mit dem Ziel, Nachwuchswissenschaftler und ausländische Forschungsinvestitionen an Deutschland zu binden

## **6. Den wissenschaftlichen Nachwuchs fördern**

Ohne wissenschaftlichen Nachwuchs keine Spitzenforschung in der Bionik. Nachwuchsförderung ist daher Zukunftsinvestition. Junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auf dem Gebiet der Bionik zu fördern, aber auch sie zu fordern, indem die kreativen Potenziale ausgeschöpft werden, ist Bestandteil der einschlägigen Forschungsprogramme des BMBF.

In verschiedenen Forschungsprogrammen wie denen für die Biotechnologie und die Nanotechnologie unterstützt das BMBF bereits erfolgreich den wissenschaftlichen Nachwuchs. Mit den Fördermaßnahmen BioFuture und Nachwuchswettbewerb Nanotechnologie fördert das BMBF den Aufbau von Nachwuchsgruppen sowie die Bearbeitung eines selbst gewählten Forschungsthemas, um neue Forschungsansätze in Schlüsseltechnologien wie der Bionik zu bearbeiten, Innovationspotenziale zu erschließen und sich zu qualifizieren.

Im Rahmen der Fachprogramme wird das BMBF zudem auch

künftig Mittel für Kooperationsprojekte von Industrie, Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen zur Qualifizierung von jungen Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern bereitstellen.

In einigen Fördermaßnahmen – wie z.B. dem Ideenwettbewerb Bionik – haben insbesondere Vorhaben von jüngeren Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern Priorität, die in einem geeigneten personellen und apparativen Umfeld bei Hochschulen, Forschungsinstitutionen oder Unternehmen ihre Arbeiten zur Bionik durchführen wollen.

#### Maßnahmen:

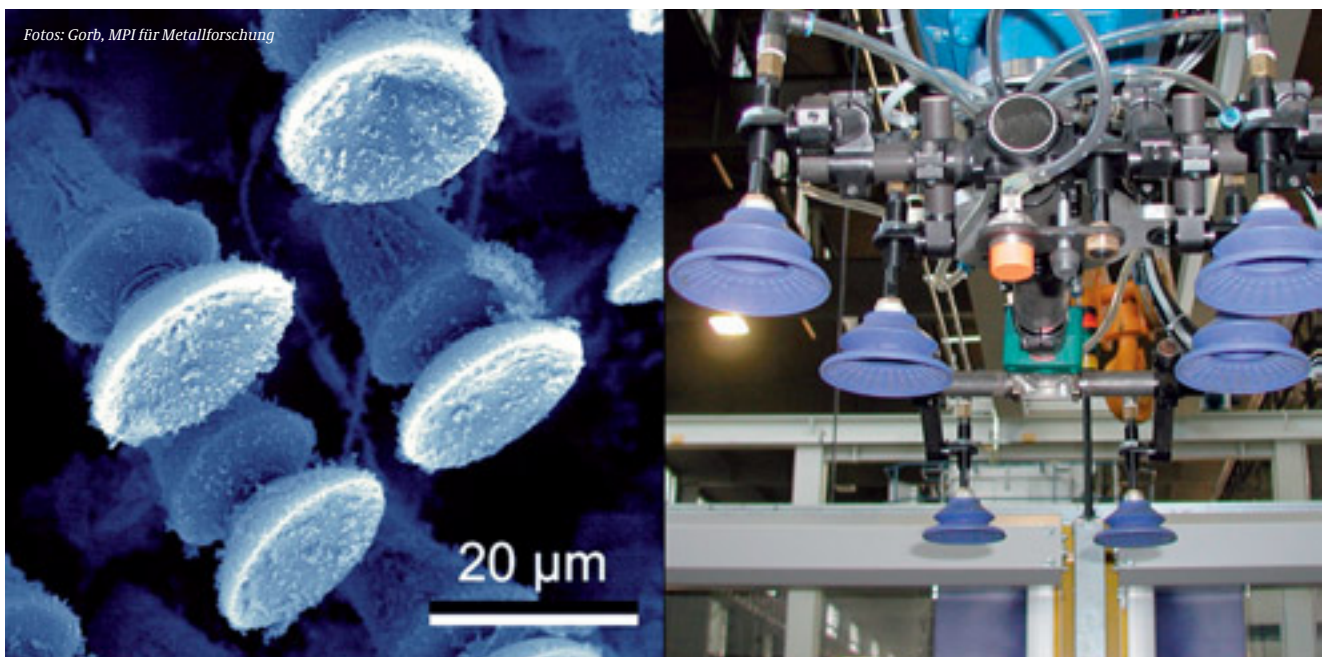
- Aufbau von Forschergruppen unter Leitung von jüngeren, bereits in der Forschung erfahrenen Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern in der
  - biologischen Forschung und Technologie (BioFuture-Wettbewerb)
  - Nanotechnologie
- Verstärkte Einbindung von jüngeren Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in Projekten der Verbundforschung

## 7. Mit der Bionik Interesse an Natur- und Ingenieurwissenschaften wecken

### Technik greifbar und begreifbar machen

Damit die Bionik ihr großes Innovationspotenzial entfalten kann, bedarf es hierfür der Qualifikation und Akzeptanz der Menschen. Die Bionik muss ihren Weg deshalb auch in die Ausbildung finden; Technik greifbar und begreifbar machen, für die Faszination natur- und ingenieurwissenschaftlicher Forschung begeistern, das Interesse an technischen Berufen wecken und gerade auch Jugendliche dazu anregen, sich auf Entdeckungsreise durch die spannende Welt der Bionik zu begeben. Dazu tragen die Aktivitäten des vom BMBF geförderten Bionik-Netzwerkes BIONIKON bei.

Im Bildungsbereich ist die Schülerbetreuung beim „naturorientierten Lernen“ und transdisziplinären Denken in Form von regelmäßigen Bionik-Veranstaltungen und Praktika an vielen Standorten des BIONIKON-Netzwerkes schon zur Routine geworden. So werden z.B. von der Universität Darmstadt spezielle Projekttag und Workshops für Schulen und Kindergärten durchgeführt. An der Uni Freiburg werden Lehrmodule mit bionischen Themen für die gymnasiale Mittel- und Oberstufe entwickelt.



Fotos: Gorb, MPI für Metallforschung

Im Rahmen des Nachwuchswettbewerbs BioFuture fördert das BMBF die Arbeitsgruppe von Dr. Stanislav Gorb am Stuttgarter Max-Planck-Institut für Metallforschung, um ein Klebeband zu entwickeln, das niemals seine Klebkraft verliert, Pflaster, die sich ohne Schmerzen leicht wieder ablösen lassen, Reifen, die senkrechte Wände erklimmen. Dies sind nur einige Anwendungen, zu denen die Füße des Geckos der Schlüssel sein könnten. Diese erstaunlichen Kletterfähigkeiten der Geckos werden durch schwache molekulare Anziehungskräfte, die so genannten Van der Waalschen Kräfte ermöglicht. Verantwortlich dafür sind die winzigen Borsten auf der Sohle der Geckofüße, die nur so lang sind wie der doppelte Durchmesser eines menschlichen Haares (siehe linkes Foto). Je schwerer das Tier, desto feiner und zahlreicher die Härchen. Jedes Haar endet in rund 1.000 noch kleineren Polstern an der Spitze, die nur noch 20 µm dick sind. Nach diesem Vorbild werden Kletterroboter entwickelt (siehe rechtes Photo), die senkrechte Wände hochgehen können.

Damit sich dies weiter verbreiten kann, wird am Institut für Technik und ihre Didaktik an der Universität Münster im Rahmen der Lehrerbildung für den Sachunterricht (Naturwissenschaft/Technik) an der Theorie, Didaktik und Methodik des naturorientierten Lernens (Bionik – Lernen von der Natur) und deren Anwendung in der Primarstufe, Sek. I und II gearbeitet. Neue Schulerperimente, Modelle und Unterrichtsmaterialien zur Bionik werden konzipiert und im Lehrbetrieb erprobt.

Mittlerweile überspannt das Netz bionischer Schulveranstaltungen ganz Deutschland. Die Angebote werden von Schülern und Lehrern dankbar angenommen. Eine Fachgruppe des BIOKON wird die Erfahrungen und methodischen Ansätze zusammenführen und für die weitere Arbeit systematisch aufbereiten.

Das BMBF unterstützt zudem die Verbesserung des Unterrichts insbesondere durch folgende Maßnahmen, die das Interesse an Naturwissenschaft, Technik und Nachhaltigkeit fördern und dadurch Voraussetzungen für eine vertiefte Beschäftigung mit Bionik schaffen.

- **Das Bund-Länder-Programm (BLK-Programm) „Transfer 21“ (Laufzeit 2004 bis 2008) hat die Integration der Bildung für nachhaltige Entwicklung in die schulische Regelpraxis zum Ziel.**
- **Zur Verbesserung der mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Kompetenzen hat das BMBF gemeinsam mit den Ländern das Bund-Länder-Programm SINUS (1988–2003) zur Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts aufgelegt. Nach fünfjähriger Laufzeit haben Bund und Länder 2003 erstmalig in der Geschichte der BLK-Modellversuchsvorhaben mit dem Transfer der Ergebnisse begonnen (SINUS-Transfer). In einer ersten Welle (2003–2005) werden die Ergebnisse transferiert und in den Strukturen vor Ort verankert. Eine zweite Welle ist für den Zeitraum 2005–2007 vorgesehen. Mit SINUS-Transfer-Grundschule (2004–2009) wird die Notwendigkeit einer früh einsetzenden Verbesserung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts betont.**
- **„Chemie im Kontext“ (2002–2005) ist eine innovative Konzeption zur Qualitätsverbesserung des Unterrichts im Fach Chemie ([www.chik.de](http://www.chik.de)).**
- **„Physik im Kontext“ (2003–2006) möchte die naturwissenschaftliche Grundbildung junger Menschen verbessern und setzt dabei am Physikunterricht der allgemein bildenden Schule an ([www.physik-im-kontext.de](http://www.physik-im-kontext.de)).**
- **Mit dem Programm „Lernort Labor“ (2003–2007) wird von Seiten des BMBF dem dringenden Handlungsbedarf Rechnung getragen, die vielfältigen schulbezogenen und die außerschulischen Maßnahmen zur Verbesserung der Bildungsqualität im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich stärker aufeinander zu beziehen und zu vernetzen ([www.lernort-labor.de](http://www.lernort-labor.de)).**

Für die Integration der Bionik in Hochschulstudiengänge werden in Abhängigkeit von der Vorgeschichte und den örtlichen Gegebenheiten unterschiedliche Modelle verfolgt:

An der TU Berlin ist die Bionik z.B. bereits seit 1973 mit einem Lehrstuhl (Fachgebiet Bionik und Evolutionstechnik) vertreten. An der TU Ilmenau wird die Bionik in der Fakultät für Maschinenbau durch eine Professur für Biomechatronik vertreten. An der Universität Bonn ist die Bionik integraler Bestandteil der Ausbildung in Botanik und Zoologie. An der RWTH Aachen wurde ein fakultätsübergreifendes Zentrum Bionik eingerichtet, das verschiedene Vorlesungen zur Bionik anbietet, die die Kommunikationsfähigkeit der Studierenden durch eine interdisziplinäre Ausbildung fördern soll. Die Hochschule Bremen hat den weltweit ersten internationalen Studiengang für Bionik eingerichtet, der in den Fachbereich „Schiffbau, Meerestechnik und Angewandte Naturwissenschaften“ eingebettet ist.

Dies sind einige Beispiele für den Versuch, die Bionik in die Hochschullandschaft zu integrieren. Mit fakultätsübergreifenden Ausbildungsstrukturen und interdisziplinären Zentren soll neues, vernetztes dynamisches Denken in allen Teilbereichen angestoßen und den Studierenden neben profunden Spezialkenntnissen auch das Rüstzeug für die fachübergreifende Zusammenarbeit vermittelt werden.

Mit der gemeinsamen Erarbeitung von Lehrmaterialien, der Durchführung von Ringvorlesungen, Seminaren und Austauschpraktika wird bundesweit eine neue Etappe des Wissenstransfers eingeleitet. Im BIOKON-Netzwerk sind die wichtigsten Vorreiter auf diesem Gebiet zusammengeschlossen.

#### **Maßnahmen:**

Interesse an Naturwissenschaft, Technik und Nachhaltigkeit wecken und dadurch Voraussetzungen für eine vertiefte Beschäftigung mit Bionik schaffen mit den Maßnahmen:

- „Transfer 21“,
  - „SINUS-Transfer“,
  - „Lernort Labor“ sowie
  - „Physik und Chemie im Kontext“
- flankiert auf Länder-Ebene durch
- Aufbau von fachspezifischen Forschungsinstituten

#### **Neugier, Interesse und Akzeptanz für die Bionik**

Ein Beispiel für die Verbreitung bionischer Erkenntnisse und Ergebnisse ist die Unterstützung des BMBF-Bionik-Netzwerkes BIOKON bei der Gestaltung des deutschen Pavillons auf der EXPO 2005 in Japan. In der Ausstellung BIONIS präsentieren Mitglieder des BIOKON-Netzwerkes und deutsche Unternehmen Beispiele ihrer bionischen Forschungsarbeiten und Entwicklungen nachhaltiger Technologien. Zudem war BIOKON wie in den Jahren zuvor auch 2005 auf der Hannover Messe mit einem Gemeinschaftsstand vertreten, für den das BMBF die Schirmherrschaft übernommen hat.

Aufgeschlossenheit und Akzeptanz neuer Technologien ist ein wichtiges, ja ein entscheidendes Thema: Die Zukunft wird zeigen, ob bionische Forschungen ihrer forschungs- und gesellschaftspolitischen Relevanz gerecht werden können, was sich nicht zuletzt an der Akzeptanz in der Gesellschaft, in der Industrie und im Markt zeigen wird. Durch Fachgespräche mit Experten aus Wirtschaft und Wissenschaft zu einzelnen Teilbereichen der Bionik sowie im Rahmen einer Innovations- und Technikanalyse wird beabsichtigt, methodisch fundiert die Forschungsschwerpunkte der Bionik partizipativ und kritisch zu begleiten.

Über Chancen und Perspektiven neuer Technologien sachgerecht zu informieren, über Erkenntnisse und Ergebnisse naturwissenschaftlicher Forschung verständlich zu berichten, ist auch Ziel der vom BMBF unterstützten Maßnahmen zur Wissenschaftskommunikation wie „Wissenschaft im Dialog“, „Jahre der Wissenschaft“ und die Internetangebote vom „Informationssekretariat Biotechnologie“ oder „kompetenznetze.de“.

Darüber hinaus ist eine Videodokumentation über die Bionik beabsichtigt, um Lehrmaterial für Schulen und Hochschulen bereitzustellen. Zudem werden gezielt Schülerinnen und Schüler bei Veranstaltungen vom BMBF eingeladen, wie z.B. der Ausstellung und Preisverleihung des Ideenwettbewerbs Bionik, um sich hautnah über die neusten Ansätze der Bionik zu informieren.

Gerade die zahlreichen kreativen Ideen und Arbeiten der Forscherinnen und Forscher aus der Bionik bieten hierzu in passender Weise eine Fülle von anschaulichen Beispielen, die sich in verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen wieder finden. So wird in Deutschland ein Klima der Offenheit, des Lernens und der Innovation für die Bionik und für natur- und ingenieurwissenschaftliche Forschung generell geschaffen werden.

#### **Maßnahmen:**

- Einbindung der Bionik in Aktivitäten zur Wissenschaftskommunikation des BMBF
  - „Wissenschaft im Dialog“,
  - „Jahre der Wissenschaft“,
  - „Informationssekretariat Biotechnologie“,
  - „kompetenznetze.de“ und
  - Videodokumentation zur Bionik
- Untersuchung zur Akzeptanz bionischer Ansätze durch
  - Studie zur Innovations-Technikanalyse sowie
  - Fachgespräche mit Experten aus Wirtschaft und Wissenschaft

# Notizen

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unentgeltlich abgegeben. Sie ist nicht zum gewerblichen Vertrieb bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerberinnen/Wahlwerbern oder Wahlhelferinnen/Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie für Wahlen zum Europäischen Parlament.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen und an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung.

Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Schrift der Empfängerin/dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Bundesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

