Natur macht erfinderisch

An mit dem Lotus-Effect® versehenen Oberflächen perlen Flüssigkeiten einfach ab und nehmen den Schmutz gleich mit.

Bionik vor der Haustür

Es ist Frühling, die Sonne drängt sich zwischen die Wolken, es hat geregnet. Im Garten ist alles nass, der Boden dampft, das Wasser perlt von den Pflanzen ab und läuft an der tiefsten Stelle der Blätter zu einem großen Tropfen zusammen. So manches Blattgrün ist im Handumdrehen trocken und von Staub und Pollen befreit. Es erscheint sauber wie am ersten Tag. Was diese Beobachtung aus dem heimischen Garten mit Bionik zu tun hat, erfahren Sie in der Ausstellung »Inspiration Natur«. Begeben Sie sich hier auf die spannende Suche nach großen bionischen Entdeckungen wie dem Lotus-Effect®. Dank dieser aus der Natur abgeguckten Erfindung perlt Schmutz auch von anderen Strukturen ab wie Wasser von einem Pflanzenblatt. Nach dem Vorbild von selbstreinigenden Blattoberflächen haben Wissenschaftler Außenwandfarben und Lacke mit Lotus-Effect® entwickelt, die inzwischen im Baumarkt zu bekommen sind.

Aus dem Vollen schöpfen

Je intensiver sich Forscher mit den Funktions- und Verfahrensprinzipien der Natur befassen, desto Faszinierenderes entdecken sie. Wieso können Fliegen an der Decke laufen oder warum frieren Eisbären nicht? Und wie finden Seehunde ihre Beute im trüben Wasser? Die Lösungen der Tiere und Pflanzen bergen oft raffinierte Ideen und Ansätze für innovative technische Anwendungen. Durch das Beobachten und Ergründen der belebten Natur entdecken Wissenschaftler ungeahnte Formen, Prozesse oder Strategien, die sich oft als höchst umweltverträglich und Ressourcen sparend erweisen. Diese Vorlagen herauszufiltern und für den Menschen nutzbar zu machen, ist Aufgabe von Biologen und Technikern, die im Auftrag der Bionik forschen. Wir haben diese neue Wissenschaft spannend für Sie aufbereitet – bei uns können Sie »im Trüben fischen« oder herausfinden, was ein Delfin mit einem Tsunami-Frühwarnsystem gemein hat.

Vögel bewegen sich anscheinend mühelos durch die Lüfte. Ihr Flug dient Ingenieuren seit jeher als Vorbild.

Als erwachsener Mann konstruierte er, auf seinen Beobachtungen aufbauend, einfache Gleitapparate, mit denen er sich von einem Berg in die Lüfte stürzte. Lilienthal hat die Flugtechnik damals zweifellos ein großes Stück vorangetrieben, doch orientierte auch er sich noch zu stark am Vogelflug. Bei seinen Flugversuchen erlitt er etliche Bruchlandungen. Am Ende ließ er dabei sogar sein Leben: Eine seiner spektakulären Flugschauen endete am 9. August 1896 für ihn tödlich.

Etliche Wissenschaftler haben sich mit dem Fliegen beschäftigt und durch zahllose Experimente gelernt, dass die Natur häufig nur Stichworte und keine Blaupausen liefern kann.

Entwickeln statt kopieren

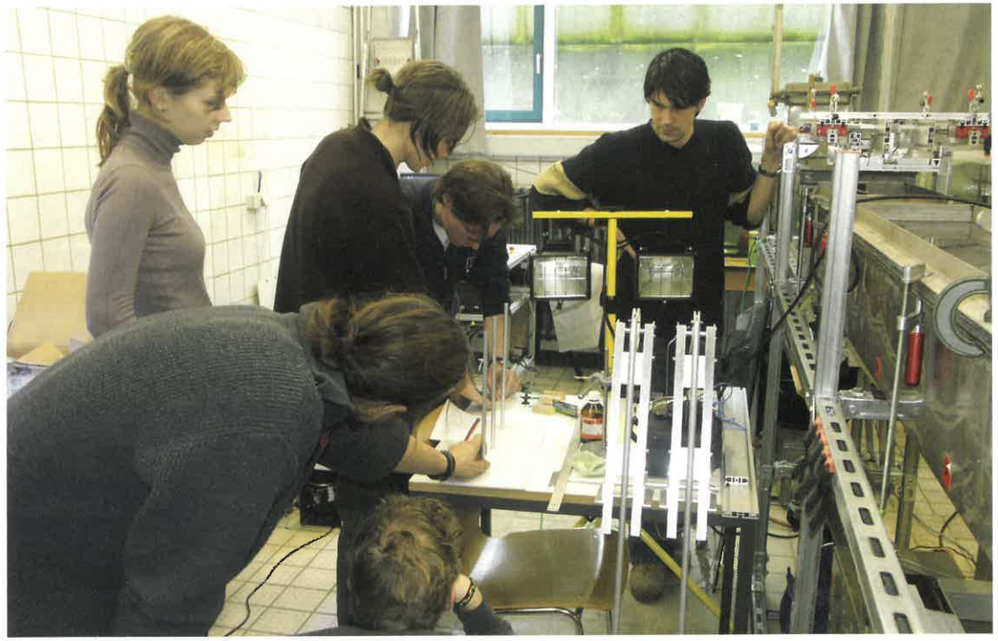
Die Fluggeschichte hat gezeigt, dass reines Kopieren von der Natur selten zu Erfolgen führt. Die meisten Verfahren aus der Natur kann man nicht direkt in die Technik übertragen. Das erkannte schon Leonardo da Vinci (1452-1519), der wohl erste Wissenschaftler, der seine Umwelt ganz genau beobachtete und zum Vorbild nahm. Er versuchte über ein Vierteljahrhundert, den Flügelschlag von Fledermäusen nachzuempfinden, um so Menschen per Muskelkraft in den Himmel zu heben. Seine Versuche scheiterten, denn die Menschen erwiesen sich als zu schwer, um aus eigener Kraft fliegen zu können.

Mut gehört dazu

Ähnlich erging es Otto Lilienthal (1848-1896), einem weiteren Pionier der Fluggeschichte. Er war schon als Kind vom Flug der Störche fasziniert.

Bei dem Entwurf eines Segelflugzeugmodells orientierte sich Leonardo da Vinci am Vogelflug.

Lernen von der Natur



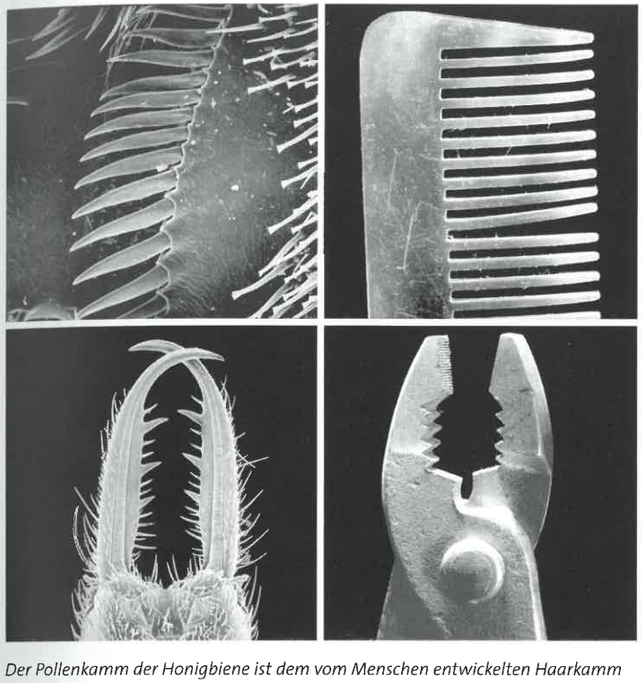
Bei der Entwicklung von bionischen Techniken müssen die Forscher genau beobachten und viel experimentieren.

Bionik – eine gute Methode

Umweltschonende Produkte und Verfahren aus dem unerschöpflichen Ideenpool der Natur herauszufiltern ist das Ziel der Bionik. Der Begriff setzt sich aus den Worten Biologie und Technik zusammen. Seit etwa 50 Jahren beschäftigen sich Bioniker mit dem Entschlüsseln von Erfindungen aus der Natur und dem Transfer in die Technik.

Diese Arbeit lebt vom Austausch von Experten verschiedenster Fachrichtungen. Sie greift auf die biologische Grundlagenforschung beziehungsweise deren Beobachtungen zurück, nutzt bestehende Verfahren für den technischen Transfer und berücksichtigt sowohl ökonomische Gesichtspunkte als auch soziologische Anforderungen.

Auf diese Weise entwickelten Forscher beispielsweise ein Reifenprofil, das kürzere Bremswege und ein besonders stabiles Fahren in den Kurven ermöglicht. Schauen Sie einmal durch die Guckis in der Tafel »Heutige Anwendungsgebiete« und entschlüsseln Sie so das biologische Vorbild für diese Entdeckung.



Der Pollenkamm der Honigbiene ist dem vom Menschen entwickelten Haarkamm verblüffend ähnlich (Bilder links und rechts oben), ebenso der Oberkiefer des Ameisenlöwen der Kombizange (Bilder links und rechts unten).

Miniaturtechnik

Begibt man sich in das Reich der Mikroskopie, kann man zahlreiche Konstruktionen sowohl in der Natur als auch der Technik entdecken, die sich unabhängig voneinander entwickelt haben. Begleiten Sie Bio und Nik im Ausstellungsbereich »Konstruieren und Gestalten«. Entdecken Sie mit den beiden Leitfiguren für die jüngeren Besucher der Ausstellung die Analogie zwischen dem Oberkiefer des Ameisenlöwen und einer Kombizange.

Der Ameisenlöwe nutzt seinen Oberkiefer zum Schaufeln, Festklammern, Anstechen und Saugen. Eine Kombizange sieht dem Vielzweckgerät des Ameisenlöwen nicht nur technisch verblüffend ähnlich, sie vereint in gleicher Weise mehrere Funktionen.

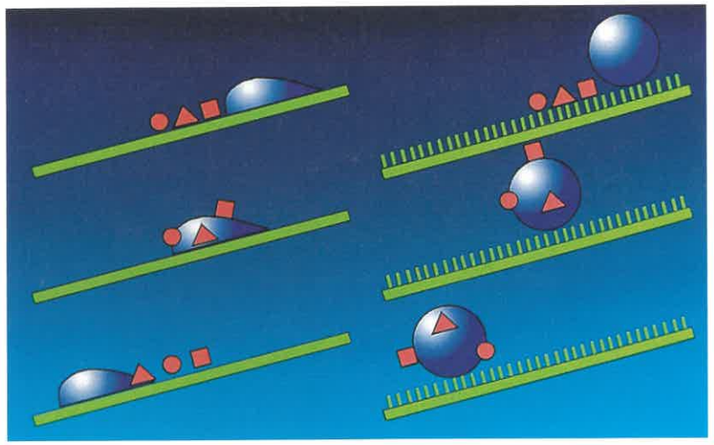
Ein Blick in die Mikrobionik zeigt, dass sich so manche Errungenschaften des Menschen auch in der Natur wiederfinden. Die Natur hatte sie allerdings schon viel früher erfunden.

Die Eroberung des Marktes

Die Weisheit der Natur zu nutzen ist nicht nur deshalb sinnvoll, weil sie sich über Jahrmillionen bewährt hat. Sie basiert zudem auf Leitsätzen, die auch für die Menschheit immer mehr an Bedeutung gewinnen. Im Wettbewerb um begrenzte Ressourcen hat sich die Natur raffinierte Methoden einfallen lassen, um Energie einzusparen. Bioniker erhoffen sich Anregungen aus der Tier- und Pflanzenwelt, die Wege zu Energie und Material einsparenden Techniken aufzeigen. Märkte und Anwendungsmöglichkeiten für bionische Lösungen bestehen beispielsweise in der Textil-, Automobil-, Möbel- oder Medizinindustrie.

Bionik gilt als Wissenschaft, ist aber auch als eine Art Methode zu verstehen, mit deren Hilfe man Produkte oder Techniken aus der Natur für den Menschen nutzbar machen kann. Die Ausstellung »Inspiration Natur« stellt Ihnen einige Teilbereiche wie die Bau-, Konstruktions-, Bewegungs-, Kommunikations-, Mikro- oder Evolutionsbionik vor. Machen Sie bei uns einen Rundgang durch diese neue Wissenschaftswelt. Sie werden Neues, aber auch vieles Altbekannte aus Ihrem Alltag entdecken.

Natürlich reinigen



Die Funktionsweise des Lotus-Effects® – Schmutz wird durch die Flüssigkeit von der Oberfläche gewaschen.

Technik aus dem Herbarium

Viele innovative Erfindungen wurden nur durch Zufall geboren. So auch im Fall des Lotus-Effects®. Der Pflanzensystematiker Prof. Dr. Wilhelm Barthlott untersuchte 1976 eigentlich nur verschiedene Oberflächenmerkmale von Blütenblättern, um Pflanzenarten besser voneinander abgrenzen zu können. Dabei machte der spätere Umweltpreisträger der DBU folgende Beobachtung: Unter dem Raster-Elektronen-Mikroskop (REM) erwiesen sich bei gleicher Lagerung manche Pflanzen aus dem Herbarium als makellos sauber, andere hingegen aber als stark verschmutzt. Barthlott fragte sich warum und forschte nach.

Unter dem REM entdeckte der Botaniker, dass die Präparate, die besonders sauber waren, Noppen aufwiesen. Diese Noppen bestehen aus Wasser abweisenden Wachskristallen und sind für den Selbstreinigungseffekt verantwortlich.

Der Lotus-Effect®

Das Prinzip ist so simpel wie genial. Kommt ein Schmutz- oder Wassertropfen nur mit den Noppenspitzen des Blattes in Kontakt, ist die Auflagefläche des Tropfens auf der Blattfläche sehr klein. Ebenfalls gering sind dadurch auch die Anziehungskräfte zwischen Schmutz und Blatt. So bleiben die Partikel an der Oberfläche des Wassertropfens hängen und rollen mit ihm ab. Besonders gut sind diese Oberflächeneigenschaften bei der Lotusblume ausgeprägt. Selbst Klebstoff, Honig oder Schmutz perlen von ihren Blättern ab. Probieren Sie es selbst aus! Kippen Sie den Kasten der Lotus-Wippe hin und her so dass das Wasser über die Testflächen läuft und beobachten Sie, was passiert.

Für die Umwelt bedeutet der Lotus-Effect® eine große Entlastung – man benötigt weniger Wasser, Energie und Reinigungsmittel, um Oberflächen sauber zu halten. Inzwischen wird dieses Selbstreinigungs-Prinzip in Wandfarben, Sprays, Lacken oder auf Dachziegeln angewandt. Es soll auch noch auf weitere Materialien, wie Textilien oder Kunststoff übertragen werden.

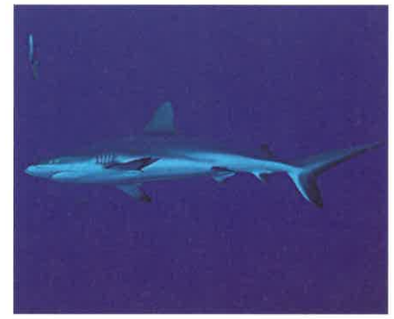
Der Lotus-Effect® entwickelt nach dem Vorbild der Lotusblume.

Haihaut (links) macht den Bewuchs mit lebenden Organismen wie Seepocken (rechts) schwer möglich.

Haihaut gegen Seepocken

Schmutz und Flüssigkeiten perlen nicht nur an Pflanzen ab, es gibt auch etliche Tiere, die aus jeder Situation sauber hervorgehen: beispielsweise manche Haie. Ihre Haut lässt Biofouling – den Bewuchs mit lebenden Organismen wie Seepocken, Miesmuscheln oder Algen – nicht zu. Biofouling findet sich oft an Steinen, anderen Meeresbewohnern oder auch Schiffsschrauben oder -rümpfen. Dort haftet es unwiederbringlich fest. Kein glücklicher Zustand für Reedereien, denn damit erhöht sich nicht nur der Wasserwiderstand von Schiffen um bis zu 15 Prozent, sondern infolgedessen auch deren Treibstoffverbrauch. Befühlen Sie einmal die Testplatten im Ausstellungsbereich »Verbinden und Lösen« und bemerken Sie, wie fest und rau so ein Biofouling sein kann!

Auf der Suche nach einem biologischen Gegenmittel entdeckten Biologen, dass die Haut von Haien frei von Seepocken bleibt. Sie untersuchten sie genauer. Testreihen zeigten, dass mit den Merkmalen der Haihaut ausgestattete Oberflächen zu 67 Prozent weniger besiedelt werden als andere Oberflächen. Wissenschaftler arbeiten nun an einem Patent, das das lästige Anhaften von Seepocken an Schiffskörpern verhindert. Damit ließe sich auf einfache Weise eine Menge Energie einsparen.



Die Haut des Hais steht Modell für ein Antifouling-Patent.

DBU-Projekt
Extrem unverschmutzbare biologische Oberflächen: Charakterisierung und Übertragung auf eine technische Anwendung

Projektdurchführung
Prof. Dr. Wilhelm Barthlott
(DBU Umweltpreisträger)
Botanisches Institut
und Botanischer Garten der
Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
www.botanik.uni-bonn.de

AZ 10898

BIOKON-Projekt
Antifouling nach biologischem Vorbild

Projektdurchführung
Prof. Dr. Antonia Kesel
Internationaler Studiengang Bionik
Hochschule Bremen
www.bionik.hs-bremen.de

Eng verbunden

Warum können Fliegen (links) an der Decke laufen? Das Haftorgan (rechts) an den Füßen der Tiere (Mitte) ermöglicht das Phänomen.

Wie Fliegen an der Decke kleben ...

Fliegen sind im Haus keine gern gesehenen Gäste. Häufig bleibt auf der Jagd nach dem lästigen Insekt nur noch der Stuhl, denn Fliegen haben dem Menschen etwas voraus – sie können an der Decke laufen. Wie machen sie das eigentlich?

Kleinste Härchen an den Füßen der Insekten bewirken, dass die Tiere an Wänden und Decken sitzen können ohne herunterzufallen. Das dafür verantwortliche physikalische Prinzip ist das der van-der-Waals-Kräfte. Diese molekulare Kraft zwischen Härchen und Oberfläche sorgt für die Anziehung.

Auf wen dieses Haftprinzip noch zutrifft, können Sie mithilfe unseres Ratewürfels im Bereich »Geniale Füße« ergründen. Drehen Sie die Würfel und ordnen Sie Spinne, Gecko und Käfer den richtigen Fuß und das dazugehörige Haftorgan zu. Übrigens: Ein ausgewachsener Gecko kann mit einem einzigen Zeh an der Wand hängen ohne abzurutschen. Die Haftkraft ist so groß, dass er zusätzlich noch einen Eimer Wasser tragen könnte. Roboter Nik braucht also wirklich keine Angst zu haben, dass Gecko Bio ihn und die Werkzeugkiste nicht halten könnte: Von dieser erstaunlichen Leistung beeindruckt, haben Wissenschaftler sogar ein »Gecko-Klebeband« entwickelt.

... und Klettverschlüsse funktionieren

Auf der Stelltafel nebenan können Sie eine Jacke und eine Tasche einmal vom bionischen Standpunkt aus betrachten. Sie werden entdecken, dass Verschlüsse, die Sie täglich nutzen, tatsächlich aus der Ideenkiste der Natur stammen. Betrachten Sie den Klettverschluss. Die biologische Vorlage hierfür lieferten Kletten. Wer im Sommer durch eine Wiese läuft, dem hängen nach kurzer Zeit zahlreiche mit Widerhaken ausgerüstete Früchte am Hosenbein. Auf diese Beobachtung aufbauend, erfand Georges de Mestral im Jahre 1948 das vielleicht bekannteste bionische Produkt: den Klettverschluss.

Die Libelle nutzt einen Verschlussmechanismus, der anders haftet als der Klettverschluss. Um den großen Kopf zu stabilisieren, kann die Libelle ihn am Körper verhaken. Die Verschlusshäkchen sind am Ende wie ein Pilz verdickt und lassen sich wie zwei Schuhbürsten ineinander schieben und beliebig wieder lösen. Klettverschlüsse mit »Pilzköpfen« werden im technischen Bereich bereits eingesetzt.

Die Libelle kann mit pilzartigen Verschlusshäkchen ihren Kopf am Körper verhaken.

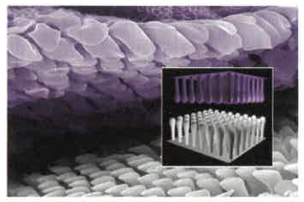
BIOKON-Projekt
Design und Biomechanik von biologischen Haftoberflächen für die Bionik

Projektdurchführung
PD Dr. Stanislav Gorb
Max-Planck-Institut für Metallforschung, Stuttgart
www.mf.mpg.de

Unwiederbringlich fest

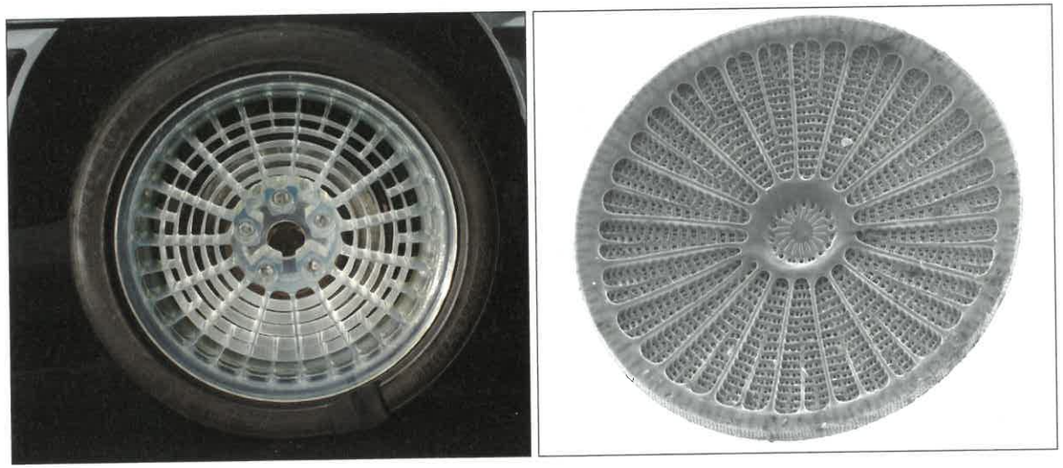
Nicht alle Verbindungen in der Tier- und Pflanzenwelt sind beliebig lösbar, es gibt auch statische Haftungsprinzipien. Muscheln oder Seepocken beispielsweise sind sesshaft und kleben sich einfach am Untergrund fest. Härtet ihr »Superkleber« einmal aus, kann man eine Seepocke nur noch mit Hammer und Meißel von ihrem Untergrund lösen. Ihre starke Haftkraft ist Ihnen vielleicht schon an den Testplatten zum Biofouling aufgefallen. Den stärksten bisher entdeckten Kleber produziert ein Süßwasserbakterium. Er ist so stark, dass eine beklebte Fläche von der Größe eines Cent-Stücks das Gewicht von 1,3 Tonnen halten könnte. Im Vergleich zu handelsüblichen Klebstoffen ist das eine gigantische Leistung.

Ein Kleber nach Bakterienart hätte außerdem den Vorteil, dass er biologisch abbaubar ist und auch auf feuchtem Untergrund haftet. Damit wäre er für medizinische Eingriffe hervorragend geeignet. Bioniker arbeiten daran, die bisher noch unbekannte chemische Zusammensetzung aufzudecken.



Die Libellenkopfarretierung (großes Bild) und der bionische Verschlussmechanismus (kleines Bild)

Klasse statt Masse



Diese Autofelge (links) wurde nach dem Leichtbauprinzip der Kieselalge Arachnoidiscus (rechts) konstruiert.

Nachhaltige Leitlinien

Die Bauprinzipien der Natur folgen unter anderem dem Anliegen Energie einzusparen. Pflanzen und Tiere können es sich in Konkurrenzsituationen nicht erlauben, Ressourcen zu verschwenden. Sie müssen sich ihre Nahrung hart erarbeiten, Supermärkte gibt es nicht. Pflanzen beispielsweise bauen die Zellulose für ihre Blätter, Blüten und Früchte mithilfe von Fotosynthese und Nährstoffen aus dem Boden auf, da zählt jedes Zuckermolekül. Ein Fuchs muss jagen, um einen Hasen zu fangen und er weiß nie, wann der nächste kommt. Der sorgsame Umgang mit den vorhandenen Ressourcen bewährt sich also in der Natur in vielen Situationen.

Autofelge aus dem Meer

Etliche Konstruktionen der Flora und Fauna sparen Energie und Material, gleichzeitig weisen sie eine verblüffend hohe Stabilität auf. So findet man in vielen Organismen Spiralen, Schrauben oder Gewölbe als Festigungs- und Stützgerüste: Konstruktionen mit minimalem Materialaufwand. Ein Beispiel dafür sind Kieselalgen, winzige Einzeller aus dem Meer. Sie sind perfekte Vorbilder für Leichtbaukonstruktionen.

Nach der Skelettgeometrie der Kieselalge *Arachnoidiscus* entwickelten Ingenieure eine ultraleichte und höchst belastbare Autofelge.

Der Wabenziegel der Firma Rimmele KG folgt diesen Prinzipien ebenfalls. Entdecken Sie den keramischen Mauerstein im Ausstellungsbereich »Bauen und Stabilisieren« und sehen Sie, wie Rohstoff sparend er gefertigt ist. Der Wabenziegel ist wie eine Bienenwabe aufgebaut, das bringt hohe Festigkeit mit sich. Zudem hat er höchst wärme- und schalldämmende Eigenschaften.

Schüler stellen die Stabilität der Balken auf die Probe. Welcher bricht zuerst?

Mit Leichtigkeit stabil

Was haben Knochen Bäumen voraus? Um die Last gleichmäßig zu verteilen, reagieren sie auf Entlastung mit dem Abbau von Stützgewebe. Diese Erkenntnis gewann der Bioniker Prof. Dr. Claus Mattheck durch seine Forschung an Bäumen. Mithilfe eines selbst entwickelten Computerprogramms überträgt der Umweltpreisträger der DBU dieses Prinzip auch auf technische Bauteile. Mit dieser so genannten Soft Kill Option (SKO) hat der Physiker eine Methode entwickelt, die eine hohe Bruch- und Standfestigkeit gewährleistet und gleichzeitig Material einspart. So optimieren Ingenieure inzwischen unter anderem Hüftprothesen oder Zahnimplantate und konstruieren Leichtbau-Karosserien für Autos, die den Spritverbrauch deutlich senken. Und das bei größerer Insassensicherheit. Machen Sie bei uns den Belastungsversuch. Sie werden sehen, dass es nicht auf die Masse, sondern auf die Struktur der Stütze ankommt.

Luft als Baumaterial

Aus der Trickkiste der Bionik stammt auch die nach der Vorlage von pneumatischen Strukturen entwickelte Tragflächenkonstruktion Tensairity. Ein Pneu ist eine flexible und dennoch stabile Verpackung, die aus einer mit Luft oder Wasser gefüllten Hülle besteht. Die Natur verwendet ihn häufig als Schutzraum wie im Fall der Fruchtblase oder dem Froschlaich. Die Leichtbaukonstruktion Tensairity ist eine Kombination aus einem mit Luft gefüllten Körper, der durch Zug- und Druckelemente stabilisiert wird. Dieses neue Tragkonzept ist leicht und problemlos überall aufzubauen. Erste Anwendung fand es bei einem Parkhausdach in Montreux oder einer 50 Meter langen Skiläufer-Brücke in den französischen Alpen.

DBU-Projekt

Entwicklung hoch wärmedämmender Mauerziegel

Projektdurchführung

Ziegelwerk Georg Rimmele KG
www.rimmele.de

DBU-Umweltpreisträger

Prof. Dr. Claus Mattheck
Körpersprache der Bäume
Abteilung Biomechanik am Forschungszentrum Karlsruhe
www.mattheck.de

AZ 02369|02

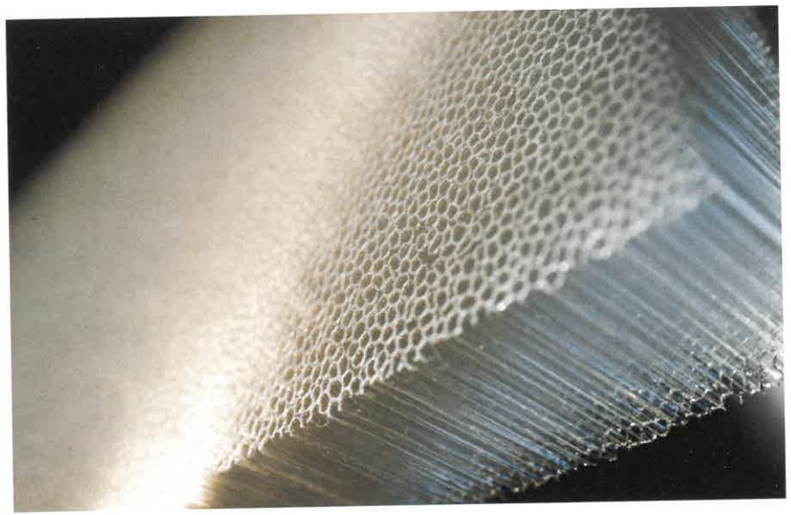
BIOKON-Projekt

Vom biologischen Vorbild zum technischen Produkt: der technische Pflanzenhalm

Projektdurchführung

Prof. Dr. Thomas Speck
Dr. Olga Speck
Botanischer Garten
Universität Freiburg
www.biologie.uni-freiburg.de
Dr. Markus Milwich
Dr. Thomas Stegmaier
Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung Denkendorf
www.itv-denkendorf.de

Die Kraft der Sonne



Die Transparente Wärmedämmung (TWD) – dem Prinzip des Eisbärenfells abgeschaut.

Passiv heizen

Energie zu gewinnen und einzusparen ist eine der größten Herausforderungen der bionischen Forschung. Da 78 Prozent der im Privathaushalt genutzten Energie auf das Heizen entfällt, ist an dieser Stelle vor allem die Baubionik gefragt. Wie kann man die Sonnenenergie passiv nutzen, ohne dabei Energie aufwenden zu müssen?

Begeben wir uns in Gedanken an den Nordpol, wo eine Temperatur von bis zu -70 Grad und ein eisiger Sturm von bis zu 200 Stundenkilometern die Landschaft beherrschen. In dieser Atmosphäre lebt das größte Landraubtier der Erde, der Eisbär. Als Säugetier muss der Eisbär seine Körpertemperatur bei 37 Grad stabil halten. Man fragt sich, wie er das in dieser kalten Umgebung ohne schützende Höhlen leistet.

Wie dem Eisbären warm wird

Das Prinzip ist einfach und raffiniert zugleich: Der Eisbär nutzt die Sonnenenergie. Seine bis zu sieben Zentimeter langen Haare sind hohl und mit einem reflektierenden Markzylinder ausgestattet, der nach Art eines Glasfaserkabels die Sonnenstrahlen bis auf seine schwarze Haut weiterleitet. Die Haut nimmt die Wärme auf und ist gleichzeitig durch das dichte Fell hervorragend gegen Kälte isoliert. Machen Sie bei uns den Wärmetest. Vergleichen Sie Pinguin, Walross und Eisbär und sehen Sie selbst, wer sich auf welche Weise warm hält.

Das technische Produkt nach dem Vorbild Eisbär heißt Transparente Wärmedämmung (TWD). Das Material besteht aus durchsichtigen Röhrchen zwischen zwei Glasplatten, die als Wärmefalle dienen. Die Totalreflexion der Sonnenstrahlen in den Röhrchen leitet die Wärmestrahlen analog zu den Eisbärhaaren auf die Hauswand weiter. Auf diese Weise können bis zu 80 Prozent Heizkosten eingespart werden.

Forschen wie die Bioniker: Welches Material leitet Wärmestrahlen am besten?

Der Querschnitt eines bionischen Hochhauses des Architekten Dieter Oligmüller

Tierische Energiesparideen

Bei genauem Hinschauen lassen sich zahlreiche originelle Ideen für das Einsparen von Energie in der Natur finden. Manche davon haben die Menschen schon aus eigenen Überlegungen heraus entwickelt. Das Treibhausprinzip zum Beispiel, mit dem sich etliche Glasschnecken in Gletscherregionen in über 3.000 Metern Höhe einen eigenen Wintergarten auf den Rücken bauen. Oder das Prinzip Wärmetauscher: Durch das Gegenstromprinzip des Blutes verliert beispielsweise die Ente dort am wenigsten Energie, wo die Verluste am größten wären – in ihren Füßen.

Klimatisieren wie die Termiten

Nicht nur das Heizen, auch das Kühlen von Gebäuden verbraucht viel Energie. Termiten nutzen für ihre Kühlsysteme natürliche Luftströmungsmechanismen und erzielen faszinierende Effekte. Die Gattung *Trinervitermes* beispielsweise kennt die kühlende Wirkung des Verdunstungseffektes. Ihre Hügel sind etwa zwei Meter hoch und die darunterliegenden Gänge bis zum Grundwasserspiegel gegraben. Steigt das Wasser in der Säule hoch, verdunstet es und kühlt den gesamten Bau. Ohne Energieaufwand.

Der Architekt Dieter Oligmüller entwickelt bionische Hochhäuser nach einem ähnlichen Prinzip. Das Tageslicht wird in den Gebäuden bis zum Innenkern geführt. Ein ständiger Luftstrom an der Gebäudespitze erzeugt im Zentrum des Treppenhauses ein System aus Über- und Unterdruck. So entlüftet sich das Gebäude fast von selbst.

DBU-Projekt
Entwicklung eines transparenten Fassadendämmsystems

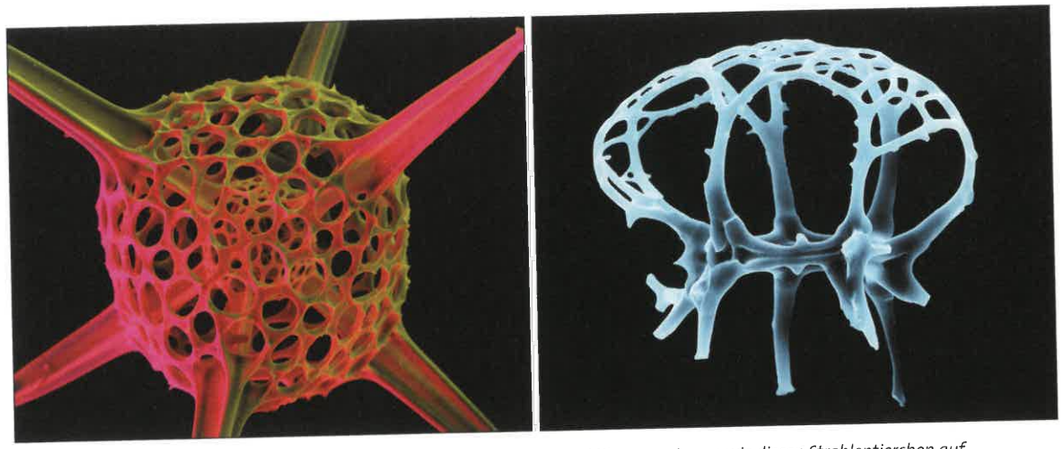
Projektdurchführung
Okalux GmbH
www.okalux.de

AZ 01588

BIOKON-Projekt
Bionische Baukunst

Projektdurchführung
Architekturbüro
Dipl.-Ing. Dieter Oligmüller
Bochum

Die Natur steht Modell



Die Aufnahmen von Manfred und Christina Kage decken die Schönheit von Mikroorganismen wie diesen Strahlentierchen auf.

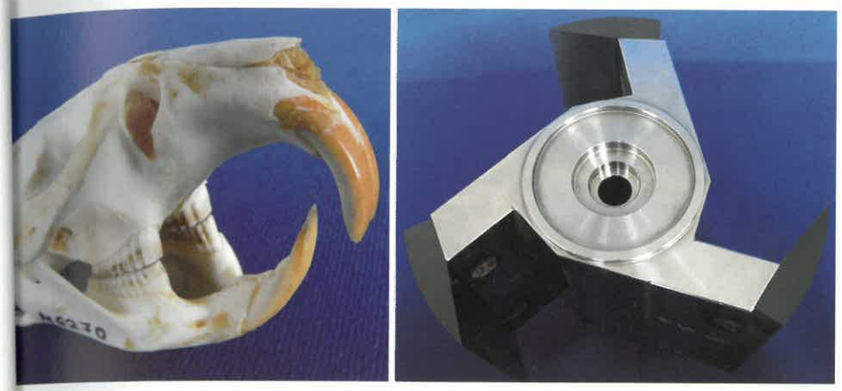
Meisterwerke aus dem Meer

Der Jugendstil ist eine Kunstepoche, für die insbesondere Pflanzen Pate standen. Blätter, Blüten und Lianen lieferten Anregungen für Schmuck, Geschirr, Lampen oder Türrahmen bis hin zu architektonischen Elementen. Sie gaben der Epoche ein organisches Gesicht. 1904 veröffentlichte Ernst Haeckel das Buch »Kunstformen der Natur«, eine Sammlung faszinierender Zeichnungen, hauptsächlich von Lebewesen aus dem Meer. Es ist anzunehmen, dass naturwissenschaftliche Zeichnungen und Bilder wie diese den Stilbegriff des Art Nouveau und Jugendstil maßgeblich beeinflusst haben.

Auch moderne Künstler lassen sich nach wie vor durch die Natur beflügeln. Produktdesigner des Alfred-Wegener-Instituts Bremerhaven entwerfen Alufelgen, Lampenschirme oder Computergehäuse nach dem Modell der Strahlentierchen. Grazil und trotzdem stabil. Die Fotografen Manfred und Christina Kage haben sich auf das Ablichten von Kleinstlebewesen wie Strahlentierchen spezialisiert. Dafür haben sie eine spezielle Technik zum Einfärben von rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen entwickelt. Die Stelltafel »Meisterwerke aus dem Meer« zeigt einige ihrer beeindruckenden Bilder.

Rattenscharfe Werkzeuge

Die Revolution der Schneidetechnologie – nach dem Vorbild von Nagetieren – haben sich Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik in Oberhausen auf die Fahnen geschrieben. Sie fanden heraus, warum Ratten, Biber oder Wühlmäuse sich durch Holz, Metall und Beton hindurchfressen können, ohne dass ihre Zähne dabei Schaden nehmen. Untersuchungen ergaben, dass die Zähne der Nager aus unterschiedlich harten Materialien bestehen, die ein kontinuierliches Nachschärfen ermöglichen. Es gelang, dieses Prinzip auf Messer einer industriellen Schneidemühle zu übertragen.



Die Zähne von Ratten (links) lieferten Wissenschaftlern die Idee für selbstschärfende Industriemesser.

BIOKON-Projekt
Selbstschärfende schnitthaltige Zerkleinerungswerkzeuge

Projektdurchführung
Dipl.-Ing. Marcus Rechberger
Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, Oberhausen
www.umsicht.fraunhofer.de

Bauen mit biologischen Strukturen

Im Sinne der Materialeinsparung plant das Architekturbüro Natur gerne leicht und sparsam. Dabei nutzt es häufig Zugkonstruktionen. Sie verbrauchen nicht so viel Material wie Konstruktionen, die Druckkräfte aufnehmen müssen. An einem Menschenhaar kann man beispielsweise ein Gewicht von einem Kilo aufhängen. Wollte man das gleiche Gewicht jedoch auf das Haar stellen, wäre eine Menge Stützmaterial notwendig. Ein Teil der Zeltdächer des Münchener Olympiastadions basieren auf solchen Zugkonstruktionen. Der Architekt Frei Otto (geb. 1925) wirkte an diesem Bau nach Art der Baldachinnetzspinnen mit.

Der englische Gartenbauarchitekt Sir Joseph Paxton ließ sich von pflanzlichen Strukturen anregen. Anlässlich der Weltausstellung 1851 in London entwickelte er ein neuartiges Rippendach für den 563 Meter langen Kristallpalast. Als Vorbild wählte er die südamerikanische Riesenseerose *Victoria amazonica*. Überprüfen Sie, ob Sie bei Ihrem Rundgang gut aufgepasst haben. Was hat das Gebäude mit der Pflanze gemeinsam?

In Bewegung

Delfine und Pinguine liefern Bewegungsbionikern zahlreiche Anregungen für technische Neuerungen.

Reibungslos mobil

Delfine gehören zu den Lieblingstieren der Bioniker, denn sie können viel von ihnen lernen. Ihre Schnauze gab beispielsweise den Anstoß für die Entwicklung von Wellenteilern am Bug moderner Schiffe. Durch sie kann der Energieverbrauch um bis zu zehn Prozent herabgesetzt werden. Ein Ozeanriese von 250.000 Bruttoregistertonnen verbraucht etwa 4,1 Tonnen Diesel in der Stunde. Mit Delfinbug werden hier bis zu 10Tonnen täglich eingespart.

Knochenfische verfolgen eine andere Strategie. Sie sondern eine schleimige Schicht aus Zuckermolekülen ab und reduzieren damit den Strömungswiderstand des Wassers. Die Feuerwehr profitiert bereits von dieser Erkenntnis. Um große Wassermassen schneller zu befördern, sind die engen Spritzschläuche mit speziellen Schleimstoffen ausgekleidet.

Autos im Kofferfisch-Design

Bioniker interessieren sich für eine ganze Reihe von Meeresbewohnern. Das Ziel: die windschnittigste aller Stromlinienformen herauszufinden, um den Wasser- oder Luftwiderstand herabzusetzen. Auf technische Produkte wie Autos oder Flugzeuge angewandt, könnte dieses Prinzip deutlich dazu beitragen, den Kraftstoffverbrauch zu vermindern. Dabei rücken insbesondere Pinguine in den Fokus der Forschung. Sie verbrauchen umgerechnet auf ein Auto nur etwa einen Liter Benzin auf 1.500 Kilometern. Aus ihrer spindelförmigen Körperform konstruierten Wissenschaftler einen Modellkörper, der mindestens 30 Prozent mehr Energie als jede bisherige Rumpfform einspart. Pinguine stehen Bionikern für Unterwasserfahrzeuge, Flugzeugrümpfe und Luftschiffe Modell. Probieren Sie bei uns aus, wie die Körperform den Strömungswiderstand beeinflusst. Lassen Sie ein Flugzeug und einen Pinguin um die Wette schwimmen. Im Strömungskanal kommen Sie den Verwirbelungen verschiedener Körperformen auf die Spur.

Der kompakte Kofferfisch erzeugt beim Schwimmen erstaunlich wenig Widerstand.

Neben dem spindelförmigen Pinguin haben Automobil-Ingenieure den Kofferfisch für sich entdeckt. Er ist kantig und trotzdem ein schneller, wendiger Schwimmer. Nach seiner Form fertigten Biologen, Techniker und Konstrukteure ein Kompaktfahrzeug an, das maximales Volumen mit minimalem Strömungswiderstand vereint.

Ein Fahrzeug nach dem Vorbild des Kofferfisches

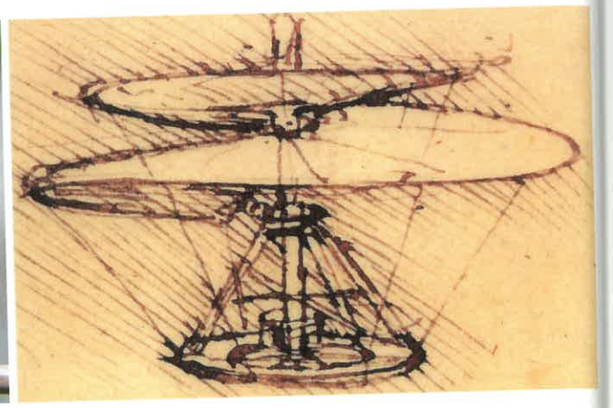
Sensible Kriechtechnik

Dem Regenwurm schenkt man gewöhnlich kaum Beachtung, höchstens in Verbindung mit dem Kompost. Wissenschaftler des Forschungszentrums Karlsruhe finden jedoch großes Interesse an dem kleinen Wurm – sein peristaltisches Bewegungsprinzip als Antrieb für Instrumente zur Darmspiegelung fasziniert sie. Sie suchen nach einer Alternative zu den herkömmlichen Koloskopen, die von außen in den Darm eingeführt werden und damit den Bauchraum stark beanspruchen. Mit einer sanft wellenförmigen Fortbewegungsart hoffen die Wissenschaftler Darmspiegelungen in Zukunft für den Patienten schonender durchführen zu können. Dabei schwebt ihnen ein automatischer Antriebsmechanismus nach Manier des Regenwurms vor, der über eine Hand- und Fußsteuerung vom Arzt gelenkt werden könnte.

BIOKON-Projekt
Evolutionsstrategische Optimierung einer Rumpfspindel

Projektdurchführung
Prof. Dr. Ingo Rechenberg
Bionik und Evolutionstechnik
TU Berlin
www.bionik.tu-berlin.de

Hauptsache leichtfüßig



Unter anderem Libellen inspirierten da Vinci zu technischen Entwürfen, die die Vorläufer von heutigen Hubschraubern darstellten.

Libellentechnik

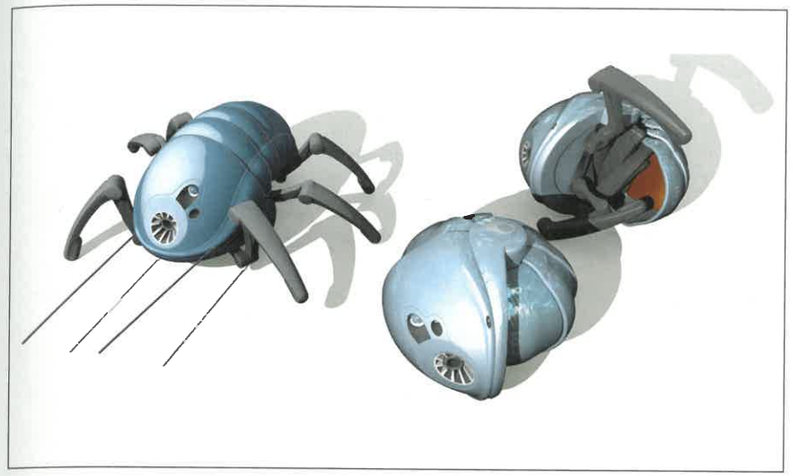
»Oh, guck mal, da fliegt eine Libelle«. Ein Blick in den Himmel enttarnt das erwartete Tier als einen sich nähernden Hubschrauber. Der Ursprung dieses umgangssprachlichen Synonyms ist technischer als gemeinhin vermutet. Denn tatsächlich gab die Libelle Flugtechnikern Denkanstöße für den Hubschrauber, wie man ihn heute kennt. Vor etwa 500 Jahren kam Leonardo da Vinci wohl als erster auf die Idee, ein Flugobjekt mit zwei Rotorblättern zu entwerfen, das über ein Schraubgewinde angetrieben wird. Generationen von Technikern haben an diesem Ansatz gefeilt und einen flugfähigen Hubschrauber daraus entwickelt.

Fliegen wie die Ahornfrucht

Vögel gelten als die Künstler der Lüfte. Die Fluggeschichte hat aber gezeigt, dass eine 1:1-Übertragung auf technische Anwendungen häufig in eine Sackgasse führt. Bioniker müssen um die Ecke denken. Das erste stabil fliegende Flugmodell basierte beispielsweise auf den Rotationsbewegungen der Ahornfrucht. Sir George Cayley (1773-1857) warf zur Entwicklung seiner Flugsysteme gerne einen Blick in die Pflanzenwelt. Dabei stieß er auf den Mechanismus der Fallverzögerung: Nach der Frucht des Wiesenbocksbarts konstruierte er den ersten praktikablen Fallschirm. Nach Cayley sollten noch zahlreiche Forscher nach Vorbildern in der Tier- und Pflanzenwelt suchen, bis die Konstruktion des Flugzeuges, wie man es heute kennt, realisiert werden konnte.

Was man von Heuschrecken ...

Bewegungsbioniker nehmen Heuschrecken und Spinnen besonders gerne unter die Lupe. Sie untersuchen ihre Bewegungs- und Kontrollmechanismen und versuchen sie bei der Entwicklung selbstständiger Laufroboter umzusetzen. Auf diesem Weg sind auch Tarry und Ole entstanden. Tarry sieht wie eine technische Stabheuschrecke aus und läuft auch so. Er gehört zu einer neuen Generation von Robotern, die nach dem Prinzip der so genannten adaptiven Einzelbeinsteuerung funktionieren: Steht Tarry ein Hindernis im Weg, ist er durch Rückkopplungsmechanismen in der Lage, seine Bewegungen der Situation anzupassen. Roboter der alten Schule würden gegen das Hindernis laufen, es überrennen oder davor stehen bleiben. Möglicherweise wird ein weiterentwickelter Tarry bald schon als Montageroboter aktiv.



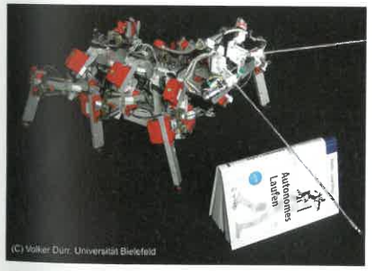
Der Löschroboter Ole rollt sich zusammen wie ein Saftkugler.

BIOKON-Projekt
Bionisches Laufzeug

Projektdurchführung
Prof. Ulrich Wohlgemuth
Fakultät für Design
Hochschule Magdeburg-Stendal
www.hs-magdeburg.de

... und Saftkuglern lernen kann

Ole ist ein Modell, das sich an dem Vorbild des Saftkuglers orientiert. Er könnte in der Waldbrandbekämpfung eingesetzt werden. Die Idee ist folgende: Der Roboter könnte in gefährdeten Landstrichen ausgesetzt werden und mit seinen Biosensoren aufkommende Waldbrände registrieren. Mithilfe von zwei mechanischen Fühlern und sechs Beinen könnte Ole einen Brandherd aufspüren und aufsuchen. Direkt vor Ort würde er ihn dann mit einer Impulslöschkanone löschen und gleichzeitig die Feuerwehr informieren. Im inaktiven Zustand könnte sich Ole wie ein Saftkugler zusammenrollen, um sich vor äußeren Einflüssen zu schützen.



Tarry entwickelten Bielefelder Bioniker nach dem Vorbild der Stabheuschrecke.

Tore zur Welt

Der Kiefernprachtkäfer besitzt hochsensible Infrarotorgane.

brennendem oder glühendem Holz. Um solche Brandherde orten zu können, besitzt der Käfer spezielle Infrarotorgane. Nach dem derzeitigen Wissensstand ist ihr fotomechanisches Funktionsprinzip in der Natur einmalig.

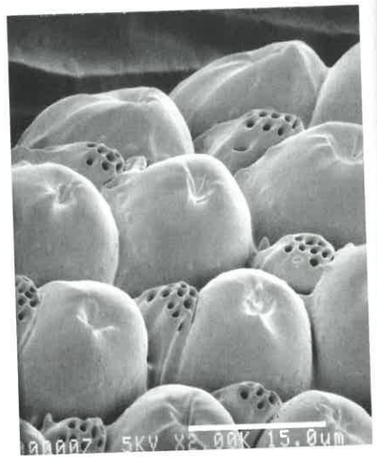
Wärmesensorik findet heute bereits in Infrarotkameras oder in der Medizintechnik Anwendung. Eine Messtechnik nach Art der Kiefernprachtkäfer könnte möglicherweise in Systemen zur Früherkennung von Bränden zum Einsatz kommen.

Wärme-Bilder

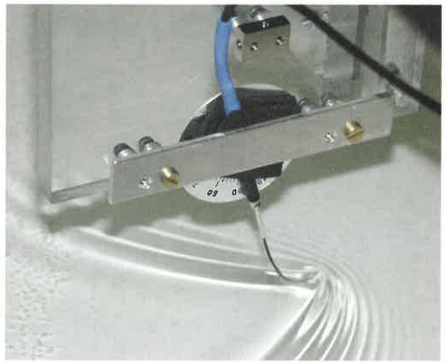
Tiere haben in Anpassung an ihre jeweilige Umwelt unterschiedliche Strategien der Sinneswahrnehmung entwickelt. So orientieren sich diverse Schlangenarten anhand von Wärmestrahlung. Grubenottern beispielsweise können Wärme förmlich sehen. Auf dem Boden ihrer charakteristischen Gruben, etwa in der Mitte zwischen Auge und Nasenloch, befindet sich eine hauchfeine Membran. In dieser Membran liegen Nervenzellen, die Temperaturdifferenzen von 0,003 Grad messen. Damit ortet eine Schlange in völliger Dunkelheit eine bewegungslose Maus noch in 50 Zentimetern Entfernung!

Waldbrände fühlen

Der Kiefernprachtkäfer ist ein weiteres Tier, das die Wärmestrahlung zur Orientierung nutzt. Für ihn spielt Feuer im Fortpflanzungszyklus eine zentrale Rolle: Seine Holz fressenden Larven können sich nur im Holz verbrannter Bäume entwickeln. Daher begatten die Männchen ihre Weibchen häufig in unmittelbarer Nähe von noch



Der fotomechanische Sensor im Detail



Die Barthaare des Seehundes stehen Pate für neuartige Bewegungssensoren.

BIOKON-Projekt
Orientierung im marinen Lebensraum

Projektdurchführung
PD Dr. Guido Dehnhardt
Allgemeine Zoologie und Neurobiologie
Ruhr-Universität Bochum
www.neurobiologie.rub.de

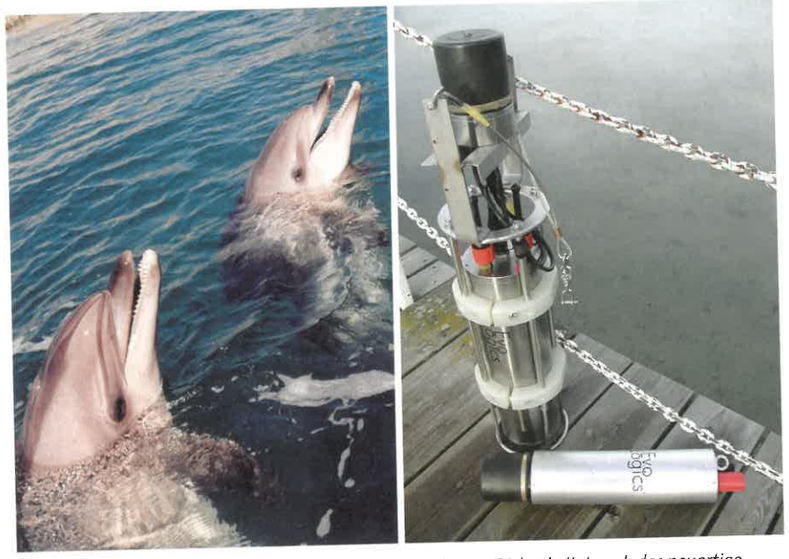
Mit der Strömung gehen

Ein Merkmal, das fast alle Säugetiere gemeinsam haben, sind Barthaare. Sie können um Augen, Mund oder Nase angeordnet sein und dienen dem Ertasten der Umwelt. Katzen, Hunde, Pferde oder Ratten besitzen Barthaare. Die der Seehunde stoßen in der Arbeitsgruppe Sensorische & Kognitive Ökologie der Ruhr-Universität Bochum auf besonderes Interesse. Aus Experimenten schließen die Wissenschaftler, dass die kräftigen Barthaare der Seehunde in der Lage sind, sehr feine Turbulenzen im Wasser zu registrieren. Findet der Meeressäuger eine »Strömungsspur«, kann er die Schwimmrichtung und Richtungsänderung aus ihr ablesen.

Schwimmt der Fisch in einigen Metern Entfernung an dem Seehund vorbei, kann er ihn mit verbundenen Augen orten und über große Distanzen verfolgen. Probieren Sie es selbst aus und halten Sie eine Borste in den Luftströmungskasten. Spüren Sie, aus welcher Richtung die Luft strömt?

Die technische Umsetzung dieser Sinnesleistung ist in Bereichen denkbar, in denen Strömungen oder Verwirbelungen aufgespürt werden sollen. Eine mit der Technik eines Barthaares ausgestattete Sonde könnte Lecks in Wasserleitungen aufspüren oder Strömungen in nicht zugänglichen Wasserleitungen erkunden.

Wo Augen keine Rolle spielen



Delfine kommunizieren problemlos unter Wasser – mit diesem Trick arbeitet auch das neuartige Unterwassermodem.

Durch die Ohren sehen

Viele Tiere orientieren sich mit Ultraschall. Fledermäuse, Spitzmäuse, Wale, Beuteltiere und einige Vögel finden sich mit dieser für den Menschen nicht wahrnehmbaren Strategie zurecht. Fledermäuse senden bis zu 100 Mal pro Sekunde Peilrufe von bis zu 200 Kilohertz aus. Die Laute werden im Kehlkopf gebildet und durch Mund oder Nase ausgestoßen. Hufeisennasen besitzen zur Verstärkung ihrer Rufe sogar einen Nasenaufsatz, der wie ein Megafon wirkt.

Wie eine Satellitenschüssel nehmen die Ohren der Fledermäuse den zurückkehrenden Schall wieder auf. Das kleine Gehirn funktioniert dabei wie eine Stoppuhr, die ab dem Peilruf tickt und mit dem zurückkehrenden Echo stoppt. Es arbeitet so genau, dass es Echos von weniger als einer Millisekunde messen kann.

Mediziner setzen Ultraschall bei ihren Untersuchungen ein: Mit so genannten Sonografiegeräten erzeugen sie Bilder von inneren Organen.

Das Delfin-Modem

Auch Delfine verständigen sich mit dem Prinzip Ultraschall. Verluste durch Reflexionen, Hall oder Dämpfung gleichen sie durch den Wechsel der Tonlagen aus. Dieser Gesang geht über mehrere Oktaven und pflanzt sich auch über mehrere Kilometer noch störungsfrei fort. Hören Sie selbst, wie dies funktioniert. Bio und Nik zeigen Ihnen, wie es geht.

Bioniker der TU Berlin entwickelten ein Unterwassermodem nach dem Vorbild der Delfin-Kommunikation. Es macht störungsfreies und kabelloses Übertragen von Informationen unter Wasser möglich. Derzeit wird eine Spezialentwicklung für das deutsche Tsunami-Frühwarnsystem erprobt. Daten aus 6.000 Metern Tiefe werden von einer Messstation auf dem Meeresboden zu einer Satellitenboje an der Oberfläche übertragen.

Singen wie Delfine unter Wasser. In dieser Schallkammer testen Schüler verschiedene Kommunikationsvarianten.

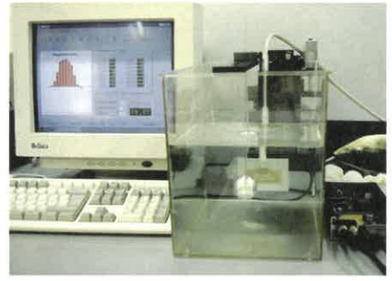
Der afrikanische Elefantenrüsselfisch orientiert sich anhand von elektrischen Feldern.

Elektrisch orten

Haben Sie schon einmal einen Fisch gehört? In der Ausstellung »Inspiration Natur« haben Sie dazu Gelegenheit! Drücken Sie die Taste an der Stellwand »Das elektrische Auge« und hören Sie die Signale des Elefantenrüsselfisches. Nachtaktive tropische Süßwasserfische wie er navigieren sich »elektrisch« durch Flüsse und Seen: Sie orten Hindernisse oder Beute mit selbst erzeugter Elektrizität. Sie stehen permanent unter Strom und senden elektrische Felder aus, die wieder auf sie zurücklaufen. Das ist für Sie in der Ausstellung hörbar.

Elektrosensoren in der Haut des Fisches erkennen an der Veränderung des zurückkommenden elektrischen Feldes, wo welches Hindernis liegt, wie groß es ist und aus welchem Material es besteht. Bioniker entwickelten nach diesem Modell Sensoren, die wie die der Fische vorgehen.

Sie funktionieren auch unter Extrembedingungen wie hohen Temperatur- oder Druckverhältnissen. Damit sind sie an Stellen einsetzbar, die für den Menschen nur schwer zugänglich sind: Die Elektrosensoren eignen sich für den Einsatz in der Tiefsee, in Hochöfen oder in trüber Flüssigkeit.



Der Prototyp eines Elektrosensors

BIOKON-Projekt
Von der Delfin-Kommunikation zum Tsunami-Frühwarnsystem

Projektdurchführung
Dr. Rudolf Bannasch
Evologics, Berlin
www.evologics.de

BIOKON-Projekt
Aktive Elektroortung schwach elektrischer Fische

Projektdurchführung
Prof. Dr. Gerhard von der Emde
Zoologisches Institut
Universität Bonn
www.uni-bonn.de

Ausgewählte Zufälle

Bei welcher Kurveneinstellung kommt die Kugel am schnellsten von A nach B? Da hilft nur ausprobieren!

Auf die Gene kommt es an

Die vorangegangenen Kapitel haben gezeigt, wie trickreich sich die Natur auf die Herausforderungen der Umwelt einstellt. Wie kam die Natur nur auf so ausgeklügelte Ideen? Für die Beantwortung dieser Frage ist ein Abstecher in die Evolutionsgeschichte notwendig, denn die Zauberworte lauten Selektion und Variation.

Charles Darwin (1809-1882) erklärte in seiner Evolutionstheorie, dass Lebewesen, die besser an ihre Umwelt angepasst sind, eine größere Chance haben zu überleben. Die Individuen einer Generation unterscheiden sich immer durch ihre genetische Variation voneinander.

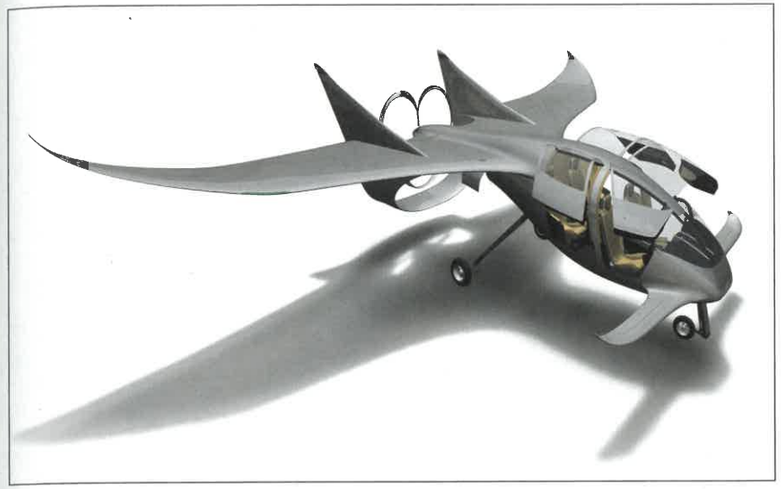
»Frösche tarnen?« heißt es bei einem Spiel auf der Tafel »Kein Ei wie das andere«. Der seinem Hintergrund am besten angepasste Frosch ist gegenüber den anderen im Vorteil – er wird von Fressfeinden nicht so schnell entdeckt. Damit hat er eine bessere Überlebenschance. Die natürliche Auswahl der am besten angepassten Individuen einer Generation nennt man Selektion. Bei uns können Sie die Evolution in Gang setzen!

Anpassung durch Veränderung

Paaren sich zwei Lebewesen, erhält der Nachwuchs Gene von beiden Elternteilen. Er trägt also eine völlig neue Gen-Kombination in sich. Zudem können Variationen, rein zufällig entstandene Veränderungen des Erbgutes, auftreten. Sie können unter anderem durch Störungen beim Aufbau der Gene, durch schädliche Strahlung oder Giftstoffe hervorgerufen werden. Dabei kann sich eine Variation der Gene sowohl positiv als auch negativ auf den Organismus auswirken. Sie ist eine weitere Ursache dafür, dass sich die Individuen einer Generation voneinander unterscheiden.

Technische Evolution

Evolutionsbioniker gehen dem Ansatz der biologischen Evolution nach, sie optimieren nach den Prinzipien von Selektion und Variation. Frei nach dem Motto »Probieren geht über Studieren« optimieren sie ihre Produkte oder Techniken Schritt für Schritt nach dem Variations-Selektions-Prinzip. Dabei kommen häufig unerwartete Ergebnisse heraus. Probieren Sie es doch selber einmal an der Geschwindigkeitskurve im Bereich »Ausgewählte Zufälle« aus. Verändern Sie den Lauf der Kurve und schauen Sie, wann die Kugel am schnellsten im Ziel eintrifft. Hätten Sie einen solchen Kurvenverlauf erwartet?



Ein Energie sparendes, bionisches Flugzeug: der Delta-Jet.

Ein Beispiel aus der Flugzeugtechnik: Mithilfe der Evolutionsstrategie entwickelten Ingenieure der TU Berlin optimierte Flügelspitzen von Flugzeugtragflächen, so genannte Winglets. Bei Vogelflügeln wie auch bei technischen Tragflächen entsteht beim Auftrieb eine Luftwirbelschleppe, die eine bremsende Wirkung nach sich zieht. Zur Verminderung dieses Energieverlustes ist die Natur auf folgenden Dreh gekommen: Sie spreizte die Enden der Flügelspitzen von Vögeln wie Milanen und Störchen in einzelne Federn auf. Dadurch werden statt eines großen Wirbels mehrere kleine Randwirbel erzeugt .

Die Flugtechnik imitierte diese Vorlage und begann Tragflügelenden nach dem Vorbild von Vögeln zu gestalten. Dabei simulierte man eine Art Evolutionsgeschichte und testete verschiedene Modelle. Den einfachen Winglet, den aufgespreizten Multiwinglet und eine völlig neuartige Konstruktion, die selbst in der Natur bisher nicht zu finden ist: den Schlaufenflügel. Letzterer spart Energie und vermindert Strömungslärm.

DBU-Projekt

Entwicklung von energie-(druckverlust)-optimierten Lüftungskanal-Bogenelementen

Projektdurchführung

Küppers-BIONIK
Bremen

AZ 22301

BIOKON-Projekt

Aeroflexible Oberflächenklappen als »Rückstrombremsen« nach dem Vorbild der Deckfedern des Vogelflügels

Projektdurchführung

Prof. Dr. Ingo Rechenberg
Dr. Rudolf Bannasch
Bionik und Evolutionstechnik
TU Berlin
www.bionik.tu-berlin.de

BIOKON-Projekt

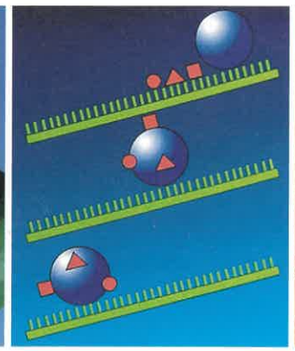
Genetisches Programmieren für Modellierung und Regelung dynamischer Systeme

Projektdurchführung

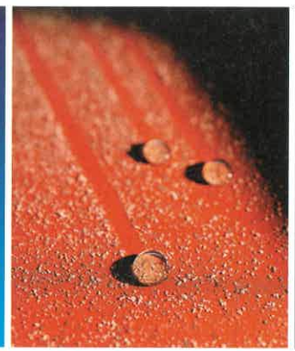
Prof. Dr. Ingo Rechenberg, Bionik und Evolutionstechnik, TU Berlin
Dr. Frieder Lohnert, DaimlerChrysler AG, Forschung und Technologie
Prof. Dr. Wolfgang Banzhaf, Informatik Centrum Dortmund e. V.
www.bionik.tu-berlin.de

Entdecken, entschlüsseln, entwickeln

Entdecken –>



Entschlüsseln –>



Übertragen –>

Anwenden

Von den Lotusblättern über das Funktionsprinzip zum marktfähigen Produkt – so arbeiten Bioniker.

Schritt für Schritt

In der Bionik sind Wissenschaftler unterschiedlichster Fachdisziplinen tätig. Sie forschen interdisziplinär und unterstützen sich gegenseitig mit ihrem Expertenwissen. Auf der Suche nach technischen Anwendungen für ihre Ideen gibt es zwei Vorgehensweisen. Die »Bottom-up-« und die »Top-down-Methode«. Die »Bottom-up-Methode« sieht den Ausgangspunkt des bionischen Arbeitens in der biologischen Grundlagenforschung.

Dabei durchläuft sie vier Phasen:

- Der Forscher entdeckt durch Zufall oder gezielte Suche ein interessantes biologisches Phänomen.
- Das Prinzip wird entschlüsselt, abstrahiert und vom konkreten Beispiel losgelöst.
- Im nächsten Schritt werden Modelle entwickelt und getestet. Bei der Übertragung des Prinzips auf die Technik zeigt sich, ob eine Anwendung möglich ist.
- Das funktionsfähige Modell wird produziert und am Markt getestet. Schließlich entscheidet der Verbraucher, ob das Produkt erfolgreich eingeführt wird oder nicht.

Vorbilder finden

Bei der »Top-down-Methode« wird ein anderer Ansatz verfolgt. Techniker haben ein Problem und suchen gemeinsam mit Biologen ganz gezielt nach Lösungen in der Natur. Doch wie findet man des Rätsels Lösung in der Fülle von tierischen und pflanzlichen Vorbildern?

Prof. Dr. Ingo Rechenberg von der Technischen Universität Berlin hat eine Suchstrategie in drei Schritten entwickelt, an der sich Bioniker bei ihrer Arbeit orientieren. Im ersten Schritt suchen sie mit einer bestimmten technischen Anforderung im Hinterkopf nach Tieren oder Pflanzen mit vergleichbaren Funktionen. Damit können sie den Pool möglicher Vorbilder schon einmal einschränken. Im zweiten Schritt überprüfen sie dann, bei welchen dieser Vorbilder aus der Tier- und Pflanzenwelt vergleichbare Voraussetzungen herrschen. Damit entfallen wieder einige Vorbilder. Im dritten Schritt schaut man sich die verbleibenden Tiere und Pflanzen genauer an und überprüft, inwieweit deren Eigenschaften mit den Anforderungen an die technische Neuerung übereinstimmen.

Durch das so gefundene biologische Vorbild kommen die Wissenschaftler dann eventuell auf Ideen für technische Neuerungen, die ihnen ohne die Anregungen aus der Tier- und Pflanzenwelt nicht eingefallen wären.

Hier führen Bioniker Testreihen durch. Dafür brauchen sie viel Geduld, denn nicht jedes Experiment gelingt.

Gemeinsam zum Erfolg

Ein Beispiel für interdisziplinäre bionische Forschung ist die Entwicklung der Riblet-Folie bei Flugzeugen. Bei Beobachtungen von Haien stellte der Tübinger Paläontologe Wolf-Ernst Reif fest, dass manche Arten deutlich schneller schwimmen als andere. Daraufhin schaute er sich die Tiere etwas genauer an und fand folgende Übereinstimmung: Die schnell schwimmenden Haie weisen mikroskopisch kleine, in Strömungsrichtung verlaufende, feine Rillen auf ihren Hautzähnchen auf. Daraus schloss er, dass an Oberflächen mit solchen Mikrorillen weniger Reibung entsteht als an glatten.

Ausgehend von den Beobachtungen des Biologen nahmen sich dann diverse Forschungsgruppen des Themas an. In der Abteilung Turbulenzforschung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt begannen Ingenieure an einer besonders reibungsarmen Folie nach dem Vorbild der Haischuppen zu arbeiten.

Verwendung finden Riblet-Strukturen inzwischen im Flugverkehr und in der Schwimmbekleidung. Riblet-Folien auf Flugzeugrümpfen vermindern den Treibstoffverbrauch, Tauchanzüge mit solchen Strukturen lassen Leistungssportler schneller schwimmen.

In der Ideenkiste Natur stöbern

In der Forscher- und Erfinderwerkstatt Münster experimentieren Schüler mit dem Auftriebmechanismus von Vögeln.

Bionik studieren ...

Der Erfahrungsschatz der Natur hält noch etliche Tipps und Tricks für den Menschen bereit. Es zeigt sich zunehmend, dass biologische Verfahren auch »Menschen gemachte« Probleme überzeugend lösen können. Um diese Chance nicht ungenutzt zu lassen, entstehen im Rahmen der bionischen Forschung immer mehr Bildungsinitiativen. Die Hochschule Bremen bietet den weltweit ersten internationalen Studiengang für Bionik an und an der TU Ilmenau können Studierende der Fakultät für Maschinenbau Bionik als Fach belegen.

Zudem hat die Deutsche Bundesstiftung Umwelt in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Dresden und der Universität Freiburg einen Stipendienschwerpunkt Bionik ins Leben gerufen.

Im Bionik-Studium vermitteln Professoren ihren Studenten sowohl biologisches als auch technisches Wissen. Die Lehre ist interdisziplinär aufgebaut und enthält breit gefächerte Studienpläne. Das Ziel ist, ein positives Verständnis von Natur und Technik zu schaffen sowie kreatives und vernetzendes Denken zu fördern.

... oder lieber experimentieren?

Öffentliche Einrichtungen wie das Zukunftszentrum »Mensch – Natur – Technik – Wissenschaft« in Nieklitz bieten Jung und Alt anhand von interaktiven Exponaten die Möglichkeit, mehr über das Zusammenwirken von Biologie und Technik zu erfahren. Auf einer Fläche von etwa 18 Hektar Wald, Wiese und Acker wird den Besuchern Wissenschaft zum Staunen und Anfassen geboten: Von Riesenin-sekten-Modellen über ein begehbares Wurzeltunnel-System bis hin zu beeindruckenden Pflanzen-Fotografien gibt es allerhand zu entdecken.

Die Forscher- und Erfinderwerkstatt in Münster wendet sich insbesondere an Schulen. Zahlreiche spannende Experimente geben Beispiele für bionisches Denken und Arbeiten. Sie eignen sich hervorragend für den fächerübergreifenden Unterricht und geben Lehrern Anregungen für bionische Lehrinhalte.

Eine Studentin der Hochschule Bremen erforscht bionische Zusammenhänge.

In einem Tunnel im Zukunftszentrum „Mensch – Natur – Technik – Wissenschaft" erkunden Besucher Wurzelsysteme von Bäumen.

Aber auch in der Ausstellung »Inspiration Natur – Patentwerkstatt Bionik« erwarten Sie zahlreiche Möglichkeiten zum Experimentieren und Lernen. Testen Sie Ihr Wissen und machen Sie das große Bionik-Quiz im Bereich »Lernen und Arbeiten«. Kennen Sie die Antworten? Sie sind Ihnen irgendwo in dieser Ausstellung schon einmal begegnet ...

Forschen lohnt sich

Bionik ist die Zukunftswissenschaft des 21. Jahrhunderts. Wer forschen möchte, kann sich um ein Promotionsstipendium bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt bewerben oder sich dem Bionik-Netzwerk BIOKON anschließen, in dem alle Fäden aus Biologie und Technik zusammenlaufen. Produkte wie der Klettverschluss, der Lotus-Effect® oder die Riblet-Folie zeigen, dass sich Bionik auch wirtschaftlich rentiert. Ob Autoreifen nach dem Vorbild des Gepards oder Handydisplays für die Mottenaugen Modell gestanden haben – die Natur hält noch viele Anregungen für uns bereit, die entdeckt werden wollen. Es lohnt sich, mit offenen Augen durch die Welt zu gehen und in der Ideenkiste der Natur zu stöbern.

DBU-Projekt
Stipendienschwerpunkt Bionik

Projektdurchführung
Deutsche Bundesstiftung Umwelt
www.dbu.de/stipendien

DBU-Projekt
Zukunftszentrum Mensch – Natur – Technik – Wissenschaft

Projektdurchführung
Prof. Dr. Dr. h. c. Berndt Heydemann
(DBU Umweltpreisträger)
Nieklitzer Ökologie- und Ökotechnologie-Stiftung (NICOL)
www.zmtw.de

AZ 14197|01

Das Bionik-Kompetenz-Netz

Der Messestand von BIOKON auf der Hannovermesse 2006

BIOKON ist ein vom BMBF seit 2001 gefördertes Projekt, das zum Ziel hat, die Potenziale der Bionik in Industrie und Wissenschaft aufzuzeigen und auszuschöpfen. In der ersten Phase waren zunächst sechs Forschungseinrichtungen in der Bundesrepublik beteiligt. Mittlerweile haben zahlreiche Bionik-kompetente Institute und Einrichtungen die BIOKON-Gründungsstandorte ergänzt.

Im Juni 2006 bestand das Netzwerk aus insgesamt 47 Partnern an 25 Standorten. Damit umfasst es die wichtigsten Bionik-Arbeitsgruppen in Deutschland. BIOKON bildet eine ideale Plattform für fachlichen Austausch, die Erarbeitung von schulischen und universitären Bildungsinhalten sowie die Vermittlung von Ansprechpartnern.

Im Rahmen des Kompetenz-Netzes werden folgende Dienstleistungen angeboten:

- Beratung zu allen Fragen der Bionik
- Fachlich kompetente Industrieberatung auf dem Weg zu bionischen Produkten
- Suche geeigneter Experten und Projektpartner zur Einwerbung von Drittmitteln für innovative Forschungs- und Entwicklungsvorhaben
- Fachliche Organisation von Bionik-Veranstaltungen sowie Planung und Durchführung von Industrieworkshops
- Anlegen einer vergleichenden Datenbank von biologischen Vorbildern und ihren analogen Entsprechungen in der Technik
- Systematisierung und Weiterentwicklung der umweltbezogenen Kompetenz der Bionik
- Öffentlichkeitsarbeit, Weiterbildung
- Beratung im Bereich der Aus- und Weiterbildung, Aufbau von Studiengängen, Einführung der Bionik an Schulen
- Internationale Kooperation und Aufbau eines europäischen Bionik-Verbundes (Bionik-EuNet)

Kontakt
BIOKON e. V.
Ackerstraße 76
13355 Berlin
Telefon 030|4606-8484
Telefax 030|4606-8474
koordinator@bionik.info
www.biokon.net

Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt

Das DBU-Verwaltungsgebäude in Osnabrück besticht durch seine eigenwillige, ökologisch orientierte Architektur.

Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) wurde durch Gesetz des Bundestages vom 18. Juli 1990 als Stiftung bürgerlichen Rechts gegründet. Mit dem Privatisierungserlös der Salzgitter AG in Höhe von rund 1,3 Milliarden Euro als Startkapital gehört sie zu den größten Stiftungen in Europa. Die Erträge aus dem Stiftungsvermögen stehen für Förderaufgaben zur Verfügung. Die DBU fördert innovative beispielhafte Projekte zum Umweltschutz. In den mittlerweile 15 Jahren ihres Bestehens hat sie über 6.400 Projekte mit einer Summe von etwa 1,2 Milliarden Euro unterstützt.

Leitbild der Fördertätigkeit der DBU ist die nachhaltige Entwicklung. Es ist ein zentrales Anliegen der DBU, die Entwicklung und Nutzung neuer umweltentlastender Technologien und Produkte im Sinne eines vorsorgenden integrierten Umweltschutzes intensiv voranzutreiben und das Umweltbewusstsein der Menschen zu fördern.

Allgemeine Voraussetzungen für eine Förderung sind die folgenden drei Kriterien:

- Innovation: Die Vorhaben müssen sich klar vom gegenwärtigen Stand der Forschung und Technik abgrenzen und eine Weiterentwicklung darstellen.
- Modellcharakter: Die Innovation soll für eine breite Anwendung, zum Beispiel eine ganze Branche, interessant sein und sich unter marktwirtschaftlichen Konditionen zeitnah umsetzen lassen.
- Umweltentlastung: Mit der Innovation sollen neue, ergänzende Umweltentlastungspotenziale erschlossen werden.

Die DBU setzt bei ihrer Fördertätigkeit insbesondere auf den produkt- und produktionsintegrierten Umweltschutz. Durch diese Herangehensweise werden die Ursachen von Umweltbelastungen angegangen, anstatt die Sünden der Vergangenheit zu korrigieren. Im Mittelpunkt der Förderung stehen kleine und mittlere Unternehmen.

Kontakt
Deutsche Bundesstiftung Umwelt
An der Bornau 2
49090 Osnabrück
Telefon 0541|9633-0
Telefax 0541|9633-190
info@dbu.de
www.dbu.de

Zentrum für Umweltkommunikation

Der Neubau des Zentrums für Umweltkommunikation (ZUK) wurde nach neuesten bauökologischen Gesichtspunkten errichtet.

Vorrangige Aufgabe des Zentrums für Umweltkommunikation gGmbH (ZUK) ist es, die Ergebnisse von geförderten Vorhaben für unterschiedliche Zielgruppen aufzubereiten und in Form von Broschüren, Dokumentationen, Internet-Präsentationen, aber auch Ausstellungen und Fachveranstaltungen in die Öffentlichkeit zu tragen. 2002 wurde das neue Konferenz- und Ausstellungsgebäude des ZUK, in unmittelbarer Nachbarschaft zur DBU-Geschäftsstelle gelegen, eingeweiht. Hohe ökologische und architektonische Qualität waren die Vorgaben für den Architekten-Wettbewerb, den das renommierte Büro Herzog+Partner aus München gewonnen hat. Besondere Innovationen stellen die Holzskelettkonstruktion und ein völlig neu entwickeltes Membrandach dar.

Neben Büros für Mitarbeiter des ZUK verfügt das Gebäude mit einer Grundrissfläche von 3.000 Quadratmetern über einen teilbaren Konferenzraum mit 300 Quadratmetern und ein großes Foyer, das als Ausstellungsfläche genutzt wird.

Alle Räume sind mit moderner Kommunikationstechnik ausgestattet. Auch für das leibliche Wohl ist gesorgt: Bei Bedarf bietet das ZUK eine komplette Versorgung der Teilnehmer mit Speisen und Getränken an.

Über die Vermietung der Räume hinaus reicht das Angebot von der Programmkonzeption über das Einladungsmanagement und die Moderation bis hin zu Gestaltung und Druck aller gewünschten Tagungsunterlagen. Damit bietet das ZUK einen attraktiven Rahmen für den Austausch von Wissen über die Umwelt – zwischen Wissenschaft, Wirtschaft, öffentlichen und privaten Akteuren.

Kontakt
Zentrum für Umweltkommunikation der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gGmbH
An der Bornau 2
49090 Osnabrück
Telefon 0541|9633-915
Telefax 0541|9633-990
zuk-info@dbu.de
www.dbu.de/zuk

Herausgeber
Deutsche Bundesstiftung Umwelt DBU

Text
Meike Wunderlich, ZUK

Redaktion
Kerstin Schulte, Meike Wunderlich
ZUK

Konzeption
Meike Wunderlich, Kerstin Schulte
ZUK

Fachliche Beratung
Knut Braun, BIOKON

Layout
Christina Nieporte, ZUK

Verantwortlich für die Ausstellung
Martin Schulte, ZUK
Knut Braun, BIOKON

Verantwortlich
Dr. Markus Große Ophoff, ZUK

Druck
Druck- und Verlagshaus FROMM GmbH & Co. KG, Osnabrück

Stand
Dezember 2006

Bildnachweis
Titel: links u. Mitte: Stanislav Gorb, Jürgen Berger, Max-Planck-Gesellschaft
rechts: Stanislav Gorb, Max-Planck-Gesellschaft
S. 4: Michael Münch
S. 6: Portrait rechts: EvoLogics GmbH
S. 7: Michael Münch
S. 9: oben: www.aboutpixel.de
unten: Extramax GmbH
S. 10: Internationaler Studiengang Bionik, Hochschule Bremen
S. 11: Alfred Wisser
S. 13: oben: B-I-C Hochschule Bremen
S. 14: siehe Titel
S. 15: unten: Stanislav Gorb, Max-Planck-Gesellschaft
S. 16: links: Roman Mielke
rechts: Friedel Hinz
S. 17: Michael Münch
S. 18: Michael Münch
S. 19: Dieter Oligmüller
S. 20: Kage-Mikrofotografie, Institut für wissenschaftliche Fotografie
S.21: Fraunhofer UMSICHT
S.22: links: EvoLogics GmbH
rechts: Ingo Rechenberg
S.23: Mercedes-Benz
S. 24: links: www.aboutpixel.de
rechts: Extramax GmbH
S. 25: oben: Jana Peterschmidt und Henner Hinze, Hochschule Magdeburg-Stendal (FH)
unten: Department of Biological Cybernetics, Bielefeld
S. 26: oben: Helmut Schmitz
unten: Markus Löhndorf
S. 27: links: Sven Wieskotten
rechts: Lars Miersch
S. 28: Michael Münch
S. 29: Gerhard von der Emde
S. 30: Michael Münch
S. 31: Philipp Festner
S. 33: Internationaler Studiengang Bionik, Hochschule Bremen
S. 34: oben: Enno-Frerichs Löffler/Universität Münster
unten: Internationaler Studiengang Bionik, Hochschule Bremen
S. 35: Klaus Christophersen

alle anderen Fotos: DBU-Archiv

Gedruckt auf 100 % Altpapier