

Bionicum, Nürnberg

Ausstellungstexte

(Auswahl: Bereichs- und Thementexte)

Einführung

Ideenreich Natur

Vor 3,8 Milliarden Jahren entstand das erste Leben auf der Erde. Seitdem haben sich schätzungsweise zehn bis zwanzig Millionen Tier- und Pflanzenarten entwickelt, von denen wir nur einen kleinen Teil kennen. In Bayern sind etwa 80.000 Arten beschrieben.

Die Entstehung der Artenvielfalt hängt mit den unterschiedlichen Lebensräumen auf der Erde zusammen. Jede Art hat sich bestmöglich an ihre Umgebung angepasst und Überlebensstrategien entwickelt. Die besten Lösungen haben sich durchgesetzt und wurden weitervererbt.

Die Natur gleicht einem riesigen Versuchslabor, das seit Urzeiten in Betrieb ist. Die darin erprobten Ideen sind zumeist so perfekt, dass der Mensch davon viel für seine technischen Erfindungen lernen kann. Dieses Lernen von der Bio-logie für die Tech-nik nennt man Bionik.

Der Ideenvorrat, aus dem die Bionik schöpft, ist unermesslich reich – solange die Vielfalt der Arten erhalten bleibt. Diese ist allerdings heute mehr bedroht als je zuvor.

Die Ausstellung greift viele Themen der jungen Wissenschaft Bionik auf und beleuchtet Faszinierendes aus Natur und Technik. Gewidmet ist sie der Verantwortung für unseren Planeten.

Stabil und leicht: So baut die Natur

Warum bricht ein Ast nicht unter der Last des Schnees?

Weshalb kann die Giraffe mit ihren dünnen Beinen kraftvoll galoppieren?

Das Geheimnis liegt im Wachstum. Bäume und Knochen reagieren ein Leben lang auf Belastungen und wachsen immer nur dort, wo es nötig ist. So entstehen stabile Formen. Und die natürlichen Material-Mischungen sind zäh und fest zugleich.

Der Mensch lernt von der Natur: Um besonders stabile Bauteile zu entwickeln, ahmen Bioniker natürliches Wachstum mit Computern nach und erfinden neue Verbundwerkstoffe.

Was ist ein Zugdreieck?

Ein eingekerbter Stock bricht leicht. Diese einfache Tatsache beruht auf einem der größten Probleme der angewandten Mechanik: der Kerbspannung. Unter Zug entsteht an Kerben oder Winkeln eine besonders starke Spannung, die das Material schädigen kann.

Wie man die Kerbspannung entschärft, zeigt uns die Natur. Bäume „erkennen“ in ihrem Holz stärkere Spannungen, zum Beispiel an Astgabeln. Sie lagern an diesen Stellen so lange Material an, bis sich die Spannungen gleichmäßig über die Oberfläche verteilen.

Dabei entsteht eine spezielle Form, das sogenannte „Zugdreieck“. Erstaunlicherweise findet man das Zugdreieck nicht nur bei Bäumen, sondern überall in der Natur, zum Beispiel bei Knochen oder Zähnen.

Vom Wachstum der Bäume inspiriert, entwickelte der Biomechaniker Claus Mattheck ein Verfahren zur Planung stabiler technischer Bauteile, die „Computer Aided Optimization“ (CAO). Ein Programm berechnet die Belastungen an einem Modell und fügt dort Material hinzu, wo es gebraucht wird. Auf diese Weise entstehen Zugdreiecke, die Kerbspannungen entgegenwirken.

Belastbare Leichtgewichte

Knochen haben viele Fähigkeiten: Sie reagieren nicht nur auf Belastungen, indem sie Material anlagern, sondern sie bauen auch Material ab, wo keine Belastung auftritt. Dadurch entsteht im Innern der Knochen ein federleichtes Geflecht, das erstaunlich stabil ist. Man nennt es Spongiosa, nach dem lateinischen Wort „spongia“ für „Schwamm“. Da sich Wirbeltiere am besten mit leichten aber stabilen Knochen bewegen, bewährte sich der Leichtbau mit Spongiosa im Lauf der Evolution.

Auch in der Technik braucht man leichte und stabile Konstruktionen. Nach dem Vorbild des Knochenwachstums entwickelten Ingenieure eine Methode namens „Soft-Kill-Option“ (SKO). Sinngemäß übersetzt, bedeutet das: „Alles, was keine Spannung aushalten muss, wird gelöscht.“

Man zeichnet am Computer einen groben Entwurf für ein Werkstück und bestimmt die Spannungen, die es aushalten muss. Das Programm entfernt dann an den Stellen Material, an denen keine Spannungen wirken. So entstehen netzartig geformte, leichte und stabile Bauteile und Gegenstände.

Zusammen hält besser

Ein gutes Team kann mehr bewerkstelligen als ein Einzelner. Das gilt nicht nur für Menschen, sondern auch für Materialien. Die richtige Verbindung von Materialien mit unterschiedlichen Eigenschaften bringt wahre Multitalente hervor.

Die Natur experimentiert seit Urzeiten mit Materialverbindungen. Bei Pflanzen und Tieren sind sie immer dann zu finden, wenn Stabilität wichtig ist. Dann sind Füllstoffe, die Druck aushalten, mit Fasern kombiniert, die unter Zug nicht reißen. Das ist zum Beispiel beim Holz der Fall. Es verträgt Druck und Zug gleichermaßen gut. Oder harte Partikel sind in eine nachgiebige Umgebung eingebettet. Das bekannteste Beispiel hierfür sind Knochen. Sie sind hart und zäh.

In der Technik nennt man Stoffe, die aus mehreren Materialien zusammengesetzt sind, Verbundwerkstoffe. Forscher entwickeln laufend neue Verbundwerkstoffe mit immer besseren Eigenschaften. Viele Ideen erhalten sie aus der Natur. Die exakten natürlichen Vorbilder lassen sich jedoch schwer herstellen, da sie sehr kompliziert aufgebaut sind.

Die Haut macht's möglich

**Manche Lebewesen können Dinge, die wir kaum für möglich halten:
Im Sand schwimmen, unter Wasser trocken bleiben oder Nebel trinken.**

Verantwortlich für diese Fähigkeiten ist jeweils die Haut beziehungsweise die Oberfläche. Im Lauf ihrer Entwicklungsgeschichte haben sich die Oberflächen von Tieren und Pflanzen perfekt an den jeweiligen Lebensraum angepasst.

Auch in der Technik sind Oberflächen ein wichtiges Thema, das viele Forschungsinstitute beschäftigt.

Fast reibungslos unterwegs

Ein kleiner Wüstenbewohner hält die Wissenschaft in Atem. Der Sandfisch ist kein Fisch, sondern eine Eidechse. Ist Gefahr im Verzug, dann taucht er blitzschnell unter den Sand und „schwimmt“ davon. Wenn er wieder auftaucht, glänzt seine Haut wie zuvor.

Gewöhnliche Materialien, zum Beispiel Glas, zerkratzen auf Dauer im rauen Sand und werden stumpf. Nicht so die Sandfischhaut. Bioniker fanden heraus, dass Reibungsarmut und Verschleißfestigkeit dieser Haut jedes bekannte technische Material in den Schatten stellen.

Woran liegt das? Das Geheimnis des Sandfischs war nicht einfach zu ergründen. Experimente des Biophysikers Werner Baumgartner zeigten schließlich, dass bestimmte Zuckermoleküle der Sandfischhaut einzigartige Eigenschaften verleihen.

Es ist bereits gelungen, den Sandfisch-Zucker auf Glas zu übertragen. Es wird dann extrem kratzfest. An der künstlichen Herstellung des Zuckers arbeitet man mit Hochdruck. Vielleicht lässt der Sandfisch-Effekt den Traum vom ewig glänzenden Autolack wahr werden.

Trocken auf Tauchgang

Unter Wasser wird alles nass. Alles? Nein! Der tropische Schwimmpflanz „Salvinia“ taucht, ohne nass zu werden.

Wenn eine Salvinia-Pflanze von Wasser überspült wird, umgibt sie sich mit einer dünnen Luftschicht, die bei Bedarf wochenlang hält. Sie braucht sie zum Atmen. Sobald die Pflanze wieder auftaucht, perlen Wasser und Schmutz von der Luftschicht ab, und das Sonnenlicht erreicht die Blätter.

Die Entdeckung, dass Salvinia-Blätter so lange eine Luftschicht an sich binden können, brachte den Botaniker Wilhelm Barthlott und seine Kollegen auf eine Idee: Man könnte die Technik für die Schifffahrt nutzen.

Ein großer Teil der Antriebsenergie der Schiffe geht durch die Reibung des Wassers am Schiffsrumpf verloren. Mit einer bionischen Salvinia-Oberfläche ausgestattet, könnten die Schiffe auf einer Luftschicht gleiten. Die Reibung wäre wesentlich geringer. Weltweit ließen sich so mindestens 20 Milliarden Liter Rohöl pro Jahr einsparen. Auch die Umweltverschmutzung durch Abgase ginge zurück. Aber noch ist die Technik nicht einsatzbereit.

Hai-Tech in Wasser und Luft

Mühelesschnell durch das Wasser. Dabei ist seine Haut rau wie Schleifpapier. Sie ist mit winzigen Zähnchen besetzt.

Eigentlich würde man vermuten, dass glatte Oberflächen am besten gleiten. Tatsächlich bilden sich aber an einem glatten Körper bremsende Wirbel.

Der Evolutionsbiologe Wolf Ernst Reif erforschte zusammen mit dem Deutschen Luft- und Raumfahrtzentrum, wie die Hai-Technik funktioniert: Bremsende Wirbel verlaufen – beispielsweise bei Booten – vor allem quer zur Bewegungsrichtung. Die Zähnchen auf der Haihaut bilden hingegen längsgerichtete Rillen. Sie begrenzen die Wirbel in ihrer Größe und heben sie von der Haut ab. So wird die Reibung verringert, und der Hai braucht weniger Kraft zum Schwimmen.

Es gibt viele technische Anwendungsmöglichkeiten für diese Entdeckung. Sie wurde schon an Segelbooten und Flugzeugen mit Erfolg getestet. Denn Luft- und Wasserströmungen verhalten sich ähnlich. Neueste Forschungen zeigen, dass sich der Haihaut-Effekt besonders gut auf flexiblen Körpern entfaltet.

Erfrischung in der Wüste

Ohne Wasser gibt es kein Leben. Und in der Wüste mangelt es an Wasser. Um dennoch ihren Durst zu stillen, entwickelten manche Wüstenbewohner raffinierte Techniken.

Die afrikanische Namib-Wüste wird regelmäßig von Nebel bedeckt. Der Nebeltrinker-Käfer stellt sich in den Wind und sammelt die Nebeltröpfchen mit seinen Flügeldecken. Das Dünengras kämmt mit seinen Halmen die Feuchtigkeit aus der Luftströmung und gießt sich dadurch selbst.

Der Mensch hat diese Techniken für sich übersetzt: Textilnetze fangen in Trockengebieten Nebeltröpfchen auf und versorgen ganze Dörfer mit Trinkwasser.

Die Vorliebe für den Morgentau verbindet zwei Echsen in unterschiedlichen Erdteilen: Die texanische Krötenechse und der australische Dornteufel baden im taufeuchten Sand. Feinste Kanälchen auf ihrer Haut ziehen die Feuchtigkeit an und transportieren das wertvolle Wasser zum Mund.

Bioniker erforschen zurzeit, ob solche Kanälchen auch Schmiermittel auf Bauteilen transportieren könnten. So ließe sich beispielsweise das Öl in Getrieben ideal verteilen.

Hell, schattig, gut gelüftet: bionisch wohnen

Die Häuser der Zukunft sollen wenig Energie brauchen, gut klimatisiert sein und viel Lebensqualität bieten.

Tiere und Pflanzen zeigen uns, wie es geht. Die Behausungen der Präriehunde und Termiten sind immer gut belüftet, ganz ohne Strom. Pflanzen gewinnen Energie aus Farbstoffen und Licht.

Kein Wunder, dass sich Bauingenieure und Architekten gern Ideen aus der Natur holen. So wurde die Paradiesvogelblume zum Vorbild für bewegliche Sonnenschutzlamellen.

Im Schatten der Paradiesvogelblume

Architekten haben ein Problem, eine Blume bringt die Lösung. Das ist die Geschichte des Sonnenschutzes „Flectofin“.

Das Problem: Bewegliche Bauteile haben Gelenke, die anfällig für Störungen sind. Stuttgarter Nachwuchs-Architekten suchten daher in der Natur nach beweglichen Konstruktionen ohne Gelenke.

Die Lösung: Die Paradiesvogelblume wird von Nektarvögeln bestäubt. Ihren Pollen versteckt sie in zwei Blütenblättern, die wie eine Sitzstange geformt sind. Um den Nektar zu trinken, setzt sich der Vogel auf die Stange und biegt sie ein Stück herunter. Damit löst er einen Klappmechanismus aus, der ganz ohne Gelenke funktioniert: Durch die Biegung öffnen sich die Blütenblätter und übertragen den Pollen auf den Vogel, der damit die nächste Blüte bestäubt.

Ein Team aus Architekten, Botanikern und Technikern übertrug den Mechanismus auf ein Sonnenschutzsystem für Glasfassaden. Sie kombinierten eine elastische Lamelle aus Kunststoff und Glasfaser mit einem Stab. Biegt man den Stab, so klappt die Lamelle um und beschattet die Fassade.

Lüften wie Präriehunde und Termiten

Landtiere sind wie Menschen auf frische, gut temperierte Luft angewiesen. Während Menschen viel Strom für Klimaanlage verbrauchen, nutzen Tiere physikalische Effekte, um Frischluft in ihre Behausungen zu bringen. Sie sind deshalb Ideengeber für „passive Lüftungen“, die keine zusätzliche Energie verbrauchen.

Präriehunde legen unterirdische Höhlen an. Diese besitzen mindestens zwei Zugänge, die unterschiedlich hoch liegen. In der höheren Lage ist die Windgeschwindigkeit höher. Da der Luftdruck in schneller strömender Luft geringer ist, entsteht ein Sog. Die Luft wird aus dem höher gelegenen Zugang gesaugt und strömt aus dem niedriger gelegenen Zugang nach.

Termiten bauen große Hügel mit porösen Wänden, die ihre unterirdischen Nester belüften. Die Lüftung im Termitenhügel funktioniert mit Hilfe von Turbulenzen in einem Kanalsystem. Die Energie dafür stammt aus den Turbulenzen des Windes. Außerdem steigt erwärmte Luft im Hügel auf und sorgt für zusätzliche Luftbewegungen.

Können Pflanzen Strom erzeugen?

Das ideale Haus spart nicht nur Energie, sondern es gewinnt auch welche. Die Idee ist nicht neu: Solarzellen, die Sonnenlicht in Strom umwandeln, finden sich auf vielen Hausdächern. Allerdings sind sie kostspielig, da sie teure Rohstoffe wie hochreines Silizium enthalten.

Auch Pflanzen gewinnen durch Sonnenlicht Energie. Dabei spielen Farbstoffe eine wichtige Rolle: Wenn das Licht auf die Farbstoffe der Pflanze trifft, werden Elektronen freigesetzt und beginnen zu wandern: Es entsteht elektrische Energie. Mit deren Hilfe wandelt die Pflanze Kohlendioxid und Wasser in Traubenzucker um, also in chemische Energie. Diesen Vorgang nennt man Photosynthese.

Die Energiegewinnung der Pflanzen brachte den Chemiker Michael Grätzel auf eine Idee: Er entwickelte Solarzellen, die nicht mit teurem Silizium, sondern mit Pflanzenfarbstoffen Strom erzeugen. Die sogenannten „Grätzelzellen“ sind wesentlich billiger und umweltfreundlicher als herkömmliche Solarzellen. Außerdem sind sie transparent und können auch als Fenster verwendet werden.

Was lernt der Roboter von Mensch und Tier?

Ohne Roboter wären die Filmhelden in „Star Wars“ aufgeschmissen. Aber auch in unserem Alltag mischen Roboter kräftig mit: Sie bauen Autos, helfen Ärzten bei Operationen und übernehmen zunehmend lästige Tätigkeiten im Haushalt.

Forscher entwickeln heute Roboter mit erstaunlichen Fähigkeiten. Dennoch reichen die Maschinen bei weitem nicht an das Können von Mensch und Tier heran. Hier kommen Bioniker ins Spiel: Sie übertragen Bauteile, Antriebe und Bewegungsabläufe aus der Natur in die Robotik.

Roboter werden immer fitter

Was ist eigentlich ein Roboter? Das slawische Wort „robota“ heißt in etwa „Arbeit“. Der Roboter ist also eine Arbeitsmaschine. Er bewegt sich scheinbar selbstständig nach einem programmierten Schema und ist mit Sensoren ausgestattet, mit denen er Signale aus der Umwelt empfängt. Die meisten Roboter besitzen zudem Greifer oder Werkzeuge.

Roboter, die in Fabrikhallen Autos montieren, haben nicht viel mit Bionik zu tun. Sie basieren auf klassischer Maschinenbautechnik und bleiben an Ort und Stelle. Komplizierter wird es, wenn Roboter in der Raumfahrt, in Katastrophengebieten oder im Haushalt eingesetzt werden sollen. Dann müssen sie sich eigenständig fortbewegen und „intelligente“ Entscheidungen treffen können. Die Entwickler solcher Roboter holen sich viele Anregungen aus der Natur.

Besonders die Fortbewegungsarten von Tieren und Menschen sind ein wichtiger Ideenvorrat für die Robotik. Inzwischen gibt es Roboter, die kriechen, krabbeln, laufen, klettern, schwimmen oder fliegen. Allerdings sind sie bei weitem unbeholfener als ihre natürlichen Vorbilder.

Die Muskeln spielen lassen

Abgehackte Bewegungen sind typisch für Roboter. Elektromotoren bringen ihre Greifarme in Position. Bei einem Zusammenstoß geben sie nicht nach. Für Menschen ist der Kontakt mit schweren Industrierobotern daher gefährlich.

Viel geschmeidiger wirken die Bewegungen von Tieren und Menschen. Sie verfügen über elastische Muskeln und Sehnen. Diese wirken wie Federn und leiten beispielsweise bei einem Sprung einen Teil der Aufprall-Energie zurück in den Bewegungsapparat. So entstehen flüssige und energiesparende Bewegungsabläufe.

Eine neue Generation bionischer Roboter macht sich dieses Prinzip der elastischen Bewegung zunutze. Drähte mit Federn übertragen die Antriebskraft auf die beweglichen Teile. Da sie leicht und flexibel gebaut sind, können diese Roboter gefahrlos mit Menschen zusammenarbeiten.

Noch flüssiger bewegen sich Roboter mit künstlichen Muskeln, die sich unter Energieeinwirkung verkürzen. Wissenschaftler aus aller Welt widmen sich der Aufgabe, möglichst effektive künstliche Muskeln herzustellen.

Mit Flossen greifen

Der Elefant und der Fisch standen Pate für den „Bionischen Handling-Assistenten“. Die Firma Festo entwickelte den Roboter-Greifarm speziell für die Zusammenarbeit mit dem Menschen. Da starre Roboter leicht Verletzungen verursachen, wählte man eine weiche, biegsame Konstruktion nach dem Vorbild des Elefantenrüssels.

Greifen ist für Roboter eine Kunst. Der „Handling-Assistent“ umfasst unterschiedlich geformte Gegenstände sanft und fest. Dafür nutzt er den Fin Ray Effect, der von der Fischflosse herrührt. Der Bioniker Leif Kniese entdeckte den Effekt zufällig beim Angeln: Drückt man mit dem Finger gegen die Schwanzflosse eines Fisches, so knickt diese nicht etwa in Druckrichtung weg, sondern sie biegt sich zum Finger hin und umschließt ihn ein wenig.

Kniese fand heraus, dass die Strahlen der Fischflossen aus jeweils zwei elastischen Streben bestehen, die an der Spitze miteinander verwachsen sind. Kleine Stege halten die Streben auf Abstand und leiten den Druck von einer Seite zur anderen.

Wie von Zauberhand in Bestform

Nie wieder waschen, flicken, Messer schärfen – der schöne Traum kommt durch Bionik greifbar nah.

Denn in der Natur regelt sich vieles von selbst: Ein wenig Regen genügt, und die Lotuspflanze ist blitzsauber. Wunden heilen bei Pflanzen, Menschen und Tieren ohne Zutun. Nagerzähne bleiben ein Leben lang messerscharf.

In den sogenannten „Selbst-X-Eigenschaften“ steckt viel Potential für die Technik. Bioniker wurden auch bei den Bienen fündig: Deren Waben nehmen ganz von allein ihre sechseckige Form an.

Vom Nagerzahn zum Supermesser

Der Biber kann mit seinen Zähnen Bäume fällen; die Ratte nagt sich notfalls sogar durch Beton. Im Lauf der Evolution haben sich bei Nagetieren besondere Zähne entwickelt, die immer scharf bleiben.

Die Zähne eines Menschen sind rundum mit Zahnschmelz bedeckt. Bei Nagern ist das anders: Nur die vordere Seite ihrer Nagezähne ist mit dem harten, spröden Material beschichtet. Der Rest der Nagezähne besteht aus weicherem Zahnbein, das den dünnen Zahnschmelz stützt.

Diese Konstruktion verhindert den Abrieb nicht, sondern setzt ihn gezielt für die Selbstschärfung ein: Das weiche Zahnbein nutzt sich schneller ab als der harte Zahnschmelz. So bleibt an der Spitze immer eine scharfe Kante stehen. Zwar werden die Zähne beim Nagern insgesamt kürzer, aber sie schieben ein Leben lang nach.

Nach dem Vorbild von Biber, Ratte & Co. haben Forscher Messer entwickelt, deren Klingen aus unterschiedlich harten Materialien zusammengesetzt sind. Sie sind auch nach 100.000 Schnitten noch scharf. Gerade bei Industriemessern spart das eine Menge Kosten und Material.

Heile, heile Segen!

Echte Luftschlösser kann man mit „Tensairity“ bauen. Die neuartige Tragstruktur besteht aus luftgefüllten Membranen, die wie längliche Riesenballone aussehen. Mit Seilen und Stäben verstärkt, tragen sie Brücken oder Hallendächer. Allerdings sind ihre Membranen verletzlich.

Bioniker um Thomas Speck entwickelten daher eine Beschichtung, die diese Membranen selbsttätig repariert. Als Ideengeber dienten Lianen. Die Kletterpflanzen haben unter ihrer Außenhaut eine Festigungsschicht. Wenn diese einreißt, wandern Zellen aus dem Grundgewebe der Pflanze in den Riss und verschließen ihn.

Thomas Speck und seine Kollegen kleideten die luftgefüllten Tensairity-Elemente von innen mit einem speziellen Reparaturschaum aus. Sobald Luft durch ein Loch entweicht, verhalten sich die Schaumzellen wie die Reparaturzellen der Liane: Sie wandern in das Loch und verschließen es.

Eine ähnliche Technik gibt es bereits zur Selbstreparatur von Fahrradschläuchen. Sie sind mit einer Flüssigkeit gefüllt, die wie der Milchsaft des Gummibaums an der Luft aushärtet.

Das Geheimnis der Bienenwabe

Bienen sind Meister der Architektur. Ihre sechseckigen Waben sind nicht nur wahre Raumwunder, sondern auch außerordentlich stabil. Aber wie schaffen es die Bienen, so regelmäßige Sechsecke aufzubauen?

Der Biologe Jürgen Tautz fand die verblüffende Antwort: Bienen bauen ihre Waben anfangs rund. Später erwärmen sogenannte „Heizerbienen“ das Wachs. Es wird weich, und die Waben fügen sich ganz von allein in die sechseckige Form. Bienenwaben sind „selbststrukturierend“.

Wenn sich ein Material selbst strukturiert, ist es weitaus stabiler als gestanzte Materialien. Frank Mirtsch entwickelte daher ein Verfahren, dünne Bleche mit geringem Druck in eine sechseckige Struktur springen zu lassen.

Die Bienenwaben haben noch eine weitere Eigenschaft: Sie verstärken oder dämpfen gezielt bestimmte Vibrationen. Sie sind „schwingungsselektiv“. Gut für die Bienen: Im dunklen Bienenstock verständigen sie sich mit Vibrationen.

Auch diese Entdeckung fand bereits Eingang in die Technik. Unter anderem verstärken schwingungsselektive Schalen den Vibrationsalarm von Mobiltelefonen um den Faktor 500.

Kleine Teilchen mit großer Wirkung

Wirklich verblüffend sind die Baupläne der Natur, wenn man sie bis ins kleinste Detail untersucht.

Zum Beispiel Perlmutter: Betrachtet man das überaus feste Material unter dem Mikroskop, so treten viele feine Schichten zu Tage. Bei noch stärkerer Vergrößerung erkennt man innerhalb der Plättchen wiederum kleinere Strukturen.

Es ist wie bei einer Matroschka-Puppe: Tief im Innern wartet immer eine Überraschung. Die Strukturen im Kleinsten führen zu erstaunlichen Effekten im Großen. Die Molekulare Bionik nutzt diese Effekte.

Alleskönner Spinnenseide

Hauchzart wirkt der Faden der Spinne. Aber der Eindruck täuscht: Spinnenseide ist fünfmal so fest wie Stahl und elastischer als Gummi. Keine von Menschen geschaffene Faser reicht bisher an den Superfaden heran.

Spinnenseide ist ein Multitalent: Sie verhindert das Wachstum von Bakterien, ähnlich wie ein Antibiotikum. Sie eignet sie sich zum Vernähen von Wunden. Sie regt sogar Nervenfasern dazu an, an ihr entlangzuwachsen. Vielleicht kann diese Entdeckung einmal Querschnittgelähmten helfen.

Angesichts dieser Vorzüge versuchen Forscher aus aller Welt, Spinnenseide künstlich herzustellen.

Die Seide besteht aus Protein, also Eiweiß. Bayreuther und Münchner Forscher um Thomas Scheibel fanden heraus, welche Gene bei Kreuzspinnen für die Zusammensetzung des Seidenproteins verantwortlich sind. Sie schleusten diese Gene in Bakterien ein und brachten diese dazu, den begehrten Rohstoff herzustellen. Außerdem entdeckten sie, wie die Spinnen das flüssige Protein in einen Faden verwandeln und kopierten die ausgeklügelte Technik.

So entstand die weltweit erste bionische Spinnenseide.

Haften ohne Klebstoff

Kopfüber an der Decke laufen? Kein Problem für den Gecko. Dabei benutzt er keine Krallen und verwendet auch keinen Klebstoff.

Aber er besitzt eine Milliarde ultrafeine Hafthärchen an den Füßen. Damit geht er auf Nahkontakt zum Untergrund: Die Härchen füllen jede noch so winzige Unebenheit aus.

In dieser extremen Nähe passiert etwas Merkwürdiges zwischen den Molekülen der Härchen und denen des Untergrunds: Sie ziehen sich mit winzigen elektrostatischen Kräften an. Wenn der Gecko weiterlaufen möchte, löst er die Härchen mit einer Abrollbewegung.

Haften ohne Klebstoff – das ist ein spannendes Thema für Wissenschaftler. Der Physiker Andre Geim konstruierte das erste Gecko-Klebeband. Der Insektenforscher Stanislav Gorb entwickelte die Technik weiter. Er orientierte sich dabei allerdings am Fuß des Blattkäfers.

Denn Hafthärchen sind kein Privileg der Geckos. Insekten und Spinnen halten sich auf ähnliche Weise am Untergrund fest. Ihre unterschiedlichen Hafthärchen bieten Bionikern jede Menge Anschauungsmaterial. Der aktuelle Star der Forscher ist der Marienkäfer.

Häuser aus Perlmutter?

Wie stellt man einen ultrafesten Baustoff aus weichem Kalk her? Seit Jahrzehnten versuchen Wissenschaftler, diese Kunst von Muscheln zu erlernen.

Perlmutter besteht zu 95 Prozent aus Kalk, ist aber 3000 Mal fester. Es enthält zudem Protein und Chitin. Auch diese Materialien sind nicht sehr hart. Die Festigkeit des Perlmutter muss an seiner Struktur liegen.

Der Blick durch das Mikroskop bestätigt diese Vermutung: Perlmutter setzt sich aus hauchdünnen Schichten zusammen. Jede Schicht besteht aus winzigen Kalkplättchen. Ein feiner Film aus Protein und Chitin hält die Plättchen wie ein elastischer Mörtel zusammen.

Wenn man Druck auf Perlmutter ausübt, weichen die Kalkplättchen geringfügig aus. So verteilen sie die Druckkraft auf eine größere Fläche und begrenzen etwaige Risse. Gerade weil Perlmutter auf mikroskopischer Ebene nachgibt, ist es so bruchfest.

Pfiffig organisiert wie die Ameisen

Im Tierreich gibt es viele Formen von Gemeinschaft. Wie Tiere zusammenleben, ist dabei nicht dem Zufall überlassen.

Im Lauf der Evolution haben sich faszinierende Organisationsstrukturen entwickelt: Ameisen- oder Bienenvölker sind mit Arbeitsteilung erfolgreich. Vögel und Fische bewegen sich perfekt im Schwarm, obwohl es keine Anführer gibt.

Menschen können von diesen Organisationsstrukturen lernen. Und die Evolution selbst führt uns vor, wie man hoch angepasste Lösungen entwickelt.

Viele können mehr als eine

Das Gehirn einer Ameise ist kleiner als ein Stecknadelkopf. Und doch sind Ameisen in der Lage, binnen kürzester Zeit den besten Weg zum Ziel zu finden – gemeinsam.

Ameisen hinterlassen auf ihren Wegen zwischen Bau und Futterquelle Duftspuren, die weitere Ameisen anlocken. Je kürzer der Weg, desto öfter werden die flüchtigen Duftspuren erneuert. Dadurch locken die besten Wege bald die meisten Ameisen an.

Die Methode ist so effektiv, dass sie für Computerprogramme genutzt wird. Mittels digitaler „Duftspuren“ berechnen „Ameisenalgorithmen“ heute Flugrouten oder Lieferstrecken.

Ein anderes Beispiel für die sogenannte „Schwarmintelligenz“ liefert das Bienenvolk. Die Bienenkönigin regelt das Zusammenleben nicht. Die Bienen wissen von allein, was zu tun ist, und sind als Gemeinschaft sehr erfolgreich.

Viele Unternehmen setzen nach dem Vorbild der Bienen auf die Selbstorganisation ihrer Mitarbeiter: Probleme werden möglichst dort gelöst, wo sie auftreten, ohne dass sich ein Vorgesetzter darum kümmert. Ob das Bienen-Modell in der Menschenwelt Erfolg verspricht, wird viel diskutiert.

Kreativ mit Zufall und Auslese

Alles Leben auf der Erde organisiert und verbessert sich laufend selbst. Wie der Natur dieses Kunststücks gelingt, hat in weiten Teilen der Naturforscher Charles Darwin mit der Evolutionstheorie beschrieben.

Seine Theorie beruht darauf, dass sich auch Lebewesen, die zu einer Art gehören, ein bisschen voneinander unterscheiden. Ihre Unterschiede entstehen zufällig, durch neue Kombinationen und Veränderungen ihrer Erbanlagen. Diejenigen Individuen, die besonders gut an ihre Umwelt angepasst sind, können am besten überleben. Sie vererben ihre Eigenschaften an die nachfolgende Generation weiter.

Ingo Rechenberg bewies 1973, dass man mit den Prinzipien von Darwin auch Werkstücke gestalten kann. Inzwischen ahmen Computerprogramme die Evolution im Zeitraffer nach: Aus zufälligen Lösungen werden die besten ausgewählt, verändert und erneut ins Rennen geschickt, bis eine gute Lösung gefunden ist. Evolutionäre Methoden stecken heute in vielen Produkten, zum Beispiel in der Profilform spezieller Autoreifen oder den Winglets von Flugzeugen.