

Bionik – Natur als Vorbild

Ein Beitrag von Wilfried Probst, Oberteuringen
Mit Illustrationen von Julia Lenzmann, Stuttgart

Schon vor 500 Jahren versuchte Leonardo da Vinci, ein Fluggerät nach dem Vorbild der Vögel zu bauen – allerdings ohne großen Erfolg. Heute helfen genaue Analysen, Messungen und Computersimulationen, den Geheimnissen optimierter Konstruktionen und Verfahrensabläufe bei Pflanzen und Tieren auf die Spur zu kommen und sie für technische Anwendungen zu nutzen.

In dieser Einheit bauen Ihre Schüler biegestabile und flugfähige Körper nach dem Vorbild der Natur. Dadurch erkennen sie die Zusammenhänge von Struktur und Funktion und frisken ihre physikalischen Grundkenntnisse auf.



Foto: Thinkstock/Photodisc

In dieser Einheit bauen Ihre Schüler Modelle nach dem Vorbild der Natur.

Mit einem
Kompetenzraster!

Das Wichtigste auf einen Blick

Klasse: 9/10

Dauer: 7 Stunden (Minimalplan: 4)

Kompetenzen: Die Schüler ...

- erläutern mehrere Beispiele für technische Konstruktionen nach biologischen Vorbildern.
- wenden die Konstruktionsprinzipien von Naturobjekten auf technische Bauteile an.
- stärken ihre soziale Kompetenz durch die Arbeit im Team.

Aus dem Inhalt:

- Natur und Technik – findet das Paar!
- Wir bauen eine Flugvorrichtung für die Erbse und stabile Stäbe aus Papier.
- Bottom-Up- und Top-Down-Methode
- Schleimpilz gegen Ingenieur
- Bionik kreuz und quer – ein Rätsel
- Was weißt du alles über die Bionik? – Kompetenzraster

Rund um die Reihe

Warum wir das Thema behandeln

Die technische Anwendung biologischer Konstruktionsprinzipien und -lösungen gewinnt in unserem täglichen Leben zunehmend an Bedeutung. Besonders bekannte Beispiele sind der Klettverschluss, die Wasser und Schmutz abweisende Wandfarbe oder die Winglets an Flugzeugflügeln. Aber auch in der Logistik kann die Natur als Vorbild dienen. So versuchen britische Wissenschaftler, beim Aufbau von Verteilungs- und Nachrichtennetzen die Konstruktionen von Pilz- und Schleimpilzmyzelien zum Vorbild zu nehmen.

Die Beschäftigung mit Fragestellungen der Bionik führt nicht nur zu einem tieferen Verständnis **biologischer Vorgänge**, etwa dem Zusammenhang von Struktur und Funktion; sie kann auch dazu dienen, **physikalische Grundkenntnisse** zu erwerben bzw. aufzufrischen und auf biologische Phänomene anzuwenden. Der interdisziplinäre Ansatz der Bionik ist dazu geeignet, fächerintegrierendes und **fächerübergreifendes Denken** zu schulen. Insbesondere botanische Themen, die bei Schülerinnen und Schülern* oft nur geringes Interesse wecken, können durch einen Bezug zu technischen Anwendungen spannend werden.

* Im weiteren Verlauf wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit nur „Schüler“ verwendet.

Was Sie zum Thema wissen müssen

Bionik– eine junge Wissenschaft

Wie das Beispiel Leonardo da Vincis zeigt, gab es schon vor Jahrhunderten Versuche, den Einfallsreichtum der Natur für technische Konstruktionen zu nutzen. Der Begriff „**bionics**“ wurde aber erst im Jahre 1960 von dem amerikanischen Luftwaffenmajor Jack E. Steele auf einer Konferenz in Dayton/Ohio geprägt. Er definierte die Bionik als eine Wissenschaft, „die Systeme entwickelt, deren Funktion natürlichen Systemen nachgebildet ist, die natürlichen Systemen in charakteristischen Eigenschaften gleichen oder ihnen analog sind.“ Nach der Definition des französischen Ingenieurs Lucien Gérardin von 1972 ist Bionik „die Kunst, technische Probleme durch Kenntnis **natürlicher Systeme** zu lösen“. In dieser Definition wird besonders deutlich, dass das Ziel stets ein von der Natur getrenntes technisches Objekt ist und dass es sich um eine angewandte Wissenschaft handelt – anders als bei Brückenwissenschaften wie **Bioinformatik**, **Biophysik** oder **Biochemie**, bei denen es zunächst um Grundlagenforschung geht. Die heute gängige Definition der Bionik in Deutschland geht auf ein Expertentreffen des Verbandes Deutscher Ingenieure (VDI) von 1993 zurück: „Bionik als Wissenschaftsdisziplin befasst sich systematisch mit der technischen Umsetzung und Anwendung von Konstruktionen, Verfahren und Entwicklungsprinzipien biologischer Systeme.“

Zwei Vorgehensweisen in der Bionik: die Bottom-Up- und die Top-Down-Methode

Bei der Nutzung der Natur als Vorbild für technische Anwendungen unterscheidet man **zwei Vorgehensweisen**:

1. Die Bottom-Up-Methode

Am Anfang dieser Methode stehen Ergebnisse der biologischen Grundlagenforschung. Die entdeckten Prinzipien werden nach genauer Analyse dann auf technische Anwendungen übertragen. Typisches Beispiel ist der Lotus-Effekt: Am Anfang wurden wertfrei die pflanzlichen Oberflächenstrukturen analysiert. Die Erkenntnisse daraus wurden dann auf technische Anwendungen übertragen.

2. Die Top-Down-Methode

Am Anfang dieser Methode steht ein technisches Problem. Es wird dann systematisch nach möglichen natürlichen Vorbildern für Problemlösungen gesucht. Ein Beispiel ist die Verbesserung von Autoreifenstrukturen. Als natürliche Vorbilder wurden Sohlenballen von Raubkatzen genutzt (Frey/Masselter/Speck 2011).

Teilbereiche der Bionik

Abhängig von der Art des zu lösenden technischen Problems unterscheidet man verschiedene Teilbereiche der Bionik:

- a) In der **Konstruktionsbionik** geht es um **Strukturen und Formbildungsprozesse**, biologische Vorbilder für **Materialien** und Werkstoffe sowie **Konstruktions- und Funktionsmechanismen**, z. B. bei der Konstruktion von Prothesen oder Robotern.
- b) In der **Verfahrensbionik** gewinnt man Einsichten für **effektive Energienutzung**, z. B. bei Heizungs-, Kühl- und Lüftungssystemen. Empfindliche Sensoren, Ortungs- und Orientierungssysteme können sich an natürlichen Vorbildern ebenso orientieren wie Steuerungssysteme von komplexen Verfahrensabläufen.
- c) Die **Informationsbionik** nutzt natürliche Vorbilder für die **Informationsverarbeitung**, z. B. die Arbeitsweise neuronaler Netze oder den Evolutionsfaktor „Anpassungsselektion“ zur Optimierung technischer Konstruktionen und Prozesse.

Biologisch-technische Analogien

Nicht alle technischen Lösungen, die natürlichen Vorbildern ähneln, sind durch einen bionischen Entwicklungsvorgang entstanden. Es kann sich auch um reine **Parallelentwicklungen** handeln. So kommen bei vielen Insekten und Krebsen Mundwerkzeuge vor, die an technische Zangen erinnern, der Aufbau eines Fotoapparates ähnelt einem Linsenauge und auch für die verschiedenen Gelenktypen eines Wirbeltierskeletts (Scharnier-, Kugel-, Sattelgelenk) gibt es technische Entsprechungen, die zunächst unabhängig von den biologischen Vorbildern entwickelt wurden.

Vorschläge für Ihre Unterrichtsgestaltung

Voraussetzungen der Lerngruppe

Hier wird eine zusammenhängende Behandlung der Bionik vorgeschlagen. Bei diesem Vorgehen ist es vorteilhaft, wenn die Schüler vorher schon an einigen Beispielen gründlichere Kenntnisse über die **Zusammenhänge von Form und Funktion** und **biologischen Mechanismen von Steuerung, Regelung und Informationsverarbeitung** erworben haben. Ebenso möglich ist es aber auch, bionische Lösungen dann zu behandeln, wenn es um das entsprechende biologische Thema geht, also z. B. Lotuseffekt und Klettverschluss bei der Pflanzenmorphologie oder die Konstruktion stromlinienförmiger Körper bei der Behandlung der Fische.


Aufbau der Reihe

Als Einstieg in die Einheit dient **Farbfolie M 1**, auf der sechs Paare aus technischen Entwicklungen und deren biologische Vorbilder dargestellt sind. Dies führt zum Thema der Unterrichtsreihe: Es soll um Beispiele von Naturobjekten gehen, die **Vorbilder** für technische Entwicklungen waren oder in Zukunft sein könnten. Nun werden die **Fotos M 1** und die zugehörigen **Beschreibungstexte** an die Schüler ausgeteilt und so von ihnen ins Heft geklebt, dass die Paare und deren zugehörigen Beschreibungstexte nebeneinander dargestellt sind.

In der **2. Stunde** lernen die Schüler die besonderen Flugeinrichtungen verschiedener Früchte und Samen kennen und deren Funktion für die Pflanzen werden im Unterrichtsgespräch geklärt. Anschließend sollen die Schüler in Kleingruppen und mithilfe der zur Verfügung stehenden Materialien einen ähnlichen Flugapparat für die Erbse konstruieren (**Arbeitsblatt M 2**).

In den **Stunden 3 bis 4** geht es darum, einen möglichst biegestabilen Stab nach dem Vorbild der Natur zu konstruieren (**Arbeitsblatt M 3**), stabile Pflanzenstängel unter dem Binokular bzw. der Lupe zu betrachten (**Arbeitsblatt M 3**) und die konstruierten Papierstäbe schließlich auf ihre Stabilität hin zu testen (**Arbeitsblatt M 4**). Auf diese Weise kann der stabilste Papierstab der Klasse ermittelt werden.

In den **Stunden 5 und 6** werden mithilfe von **Arbeitsblatt M 5** die beiden Vorgehensweisen der Bionik vorgestellt und die Eingangsbeispiele (Farbfolie M 1) sowie weitere Beispiele der richtigen Methode zugeordnet. Mithilfe von **Arbeitsblatt M 6** lernen die Schüler anhand der Schleimpilze, deren Myzelien als Vorbild von Verkehrsnetzen dienen, ein eindrucksvolles Beispiel der Informationsbionik kennen.

Zum Abschluss der Einheit wiederholen die Schüler im **Kreuzworträtsel M 7** spielerisch ihr Wissen und schätzen mithilfe des **Kompetenzrasters M 8** ihr Wissen selbst ein. Als **Zusatzmaterial auf CD** () steht Ihnen außerdem ein **Selbst-Test** zur Verfügung, der als alternative Lernerfolgskontrolle eingesetzt werden kann.


Diese Kompetenzen trainieren Ihre Schüler

Die Schüler ...


- definieren Bionik als Wissenschaft, die sich mit der Nutzung natürlicher Vorbilder für die Lösung technischer Probleme beschäftigt.
- erläutern mehrere Beispiele für technische Konstruktionen nach biologischen Vorbildern.
- wenden die Konstruktionsprinzipien von Naturobjekten auf technische Bauteile an.
- beschreiben die Unterschiede zwischen der Bottom-Up- und der Top-Down-Methode und nennen jeweils ein Beispiel.
- erläutern anhand der Schleimpilze und deren Vorbildfunktion für Transport- und Informationsnetze ein Beispiel für Informationsbionik.
- stärken ihre soziale Kompetenz durch die Arbeit im Team.

VORSCHAU

Stunden 5–6: Typen der Bionik

Material	Thema und Materialbedarf
 (Bild)	Foto von Otto Lilienthal
M 5 (Ab)	Wie die Natur zum Vorbild wird
M 6 (Ab)	Schleimpilz gegen Ingenieur

Stunde 7: Lernerfolgskontrolle

Material	Thema und Materialbedarf
M 7 (LEK)	Bionik kreuz und quer – ein Rätsel
M 8 (LEK)	Was weißt du alles über die Bionik? – Kompetenzraster
 (LEK)	Teste dich selbst! – Was weißt du über Bionik?

Minimalplan

Bei wenig Zeit können Sie die Einheit auf **vier Stunden** verkürzen. In diesem Fall fahren Sie nach dem **Einstieg M 1** und der **Konstruktionsaufgabe M 2** direkt mit den Typen der Bionik (**M 5**) fort. Das Konstruieren der Papierstäbe M 3/M 4 und die Schleimpilznetze M 6 entfallen. Auch das Kreuzworträtsel M 7 und das Kompetenzraster M 8 entfallen oder werden als Hausaufgabe aufgegeben.

VORSCHAU

Natur und Technik – findet das Paar!

M 1

Aufgabe

Ordnet den dargestellten technischen Produkten die passenden Vorbilder aus der Natur zu.



Fotos: 6: Bildarchiv DBU; 2, 4, 7–11: Thinkstock/iStock; restliche Fotos: Colourbox

<p>Die Wärmedämmung mithilfe von kleinen Röhrchen bewirkt, dass einerseits der Wärmeverlust durch Wärmeleitung von innen nach außen gering ist und andererseits das Sonnenlicht von außen nach innen gut durchgelassen wird. Die Sonnenstrahlen werden von der schwarzen Schicht hinter den Röhrchen aufgenommen und in Wärme umgewandelt. Dieses Prinzip nutzt man z. B. bei der Wärmedämmung von Häusern. (A)</p>	<p>Bei großen Vögeln, z. B. Pelikanen, Störchen oder Adlern, sind die Handschwingen des Vogelflügels in mehrere getrennte Schwungfedern aufgespreizt und nach oben gebogen. Dadurch bilden sich an den Flügelspitzen weniger Luftwirbel, was den Luftwiderstand verringert. (B)</p>	<p>Um die Verwirbelung an den Flügelspitzen und damit den Luftwiderstand zu reduzieren, besitzen viele Flugzeuge sogenannte Winglets („kleine Flügelchen“) am Tragflächenende. Diese bewirken, dass anstelle eines großen Wirbels mehrere kleine Wirbel erzeugt werden. Mehrere kleine Wirbel enthalten weniger Verlustenergie als ein großer Wirbel und bedeuten somit weniger Treibstoffverbrauch bei gleicher Flugleistung. (C)</p>
<p>Der Fruchtstand einer Klette zeichnet sich dadurch aus, dass er viele kleine Häkchen an seiner Oberfläche trägt. Dadurch heftet er sich leicht im Fell eines Tieres fest. Die Klette kann wieder entfernt werden, ohne selbst beschädigt zu werden, da die Häkchen elastisch sind und sich aufbiegen, wenn an ihnen gezogen wird. (D)</p>	<p>Eine der flexibelsten Konstruktionen in der Natur ist das Spinnennetz. Für die hohe Flexibilität sind die rundum laufenden Fangfäden verantwortlich, während die ins Zentrum führenden Strukturfäden gleichzeitig für Stabilität sorgen. Würde man die Spinnenseide auf den Durchmesser eines Daumens erweitern, könnte ein Netz aus solchen Fäden sogar eine Boeing 747 tragen! (E)</p>	<p>Bambusstängel bestehen aus mehreren ineinandergeschobenen Röhren. Diese Konstruktion hat den Vorteil, dass Bambusstängel stabil und dennoch flexibel sind. Auch die anderen Gräser besitzen einen ähnlichen Aufbau. Sie sind aber nicht so stark verholzt und verbiegen sich deshalb stärker. Diese Struktur verleiht den Halmen Stabilität und Zugfestigkeit, sodass sie sich nach Wind und Regen wieder aufrichten können. (F)</p>
<p>Eine Glanzleistung der Architektur ist das Zeltdach des Olympiaparks in München. Viele Ingenieure scheiterten beim Bau des Stadions an der Statik des Daches. Schließlich gelang die Sensation: Auf 58 Stahlmasten tragen in sich vernetzte Stahlseile das 74.800 m² (ca. 10 Fußballfelder) große und fast 100 Tonnen (ca. 20 ausgewachsene Elefanten) schwere Dach. (G)</p>	<p>Bei Nordpol-Temperaturen von -40 °C muss der Eisbär aufpassen, dass er nicht erfriert. Dieses Problem hat er auf geniale Weise gelöst: Auf seiner schwarzen Haut trägt er zur Tarnung ein weißes Fell. Das Sonnenlicht wird durch die hohlen weißen Haare auf die schwarze Haut geleitet, dort absorbiert und in Wärme umgewandelt. Die dicke Fettschicht des Eisbären speichert die Wärme und gibt sie langsam an den Körper ab. (H)</p>	<p>Selbstreinigende Eigenschaften finden sich z. B. in Fassadenfarben, Sprays, Lacken, Dachziegeln oder speziellen Textilien. Das grundlegende Prinzip ist, dass sich Wassertropfen, die auf eine feinstrukturierte, wasserabweisende Oberfläche stoßen, aufgrund ihrer Oberflächenspannung eine kugelige Form annehmen. Das abfließende Wasser reißt Schmutzteilchen mit, die weniger wasserabstoßend sind. (I)</p>
<p>„Taipei 101“ ist einer der höchsten Wolkenkratzer der Welt. Er steht in Taipeh, der Hauptstadt von Taiwan, ist 508 Meter hoch und wurde benannt nach seinen 101 Stockwerken. Der Turm besteht aus acht ineinandergeschobenen Elementen. Daher ist er sehr stabil und gleichzeitig flexibel genug, um Schwankungen bei Erdbeben auszugleichen. (J)</p>	<p>Beim Klettverschluss verhaken sich das Hakenband und das Flauschband. Das Hakenband besteht aus vielen elastischen, dicken Haken und das Flauschband aus vielen feinen Schlingen. Daher können sich die Haken in den Schlingen verfangen und es wird eine beachtliche Zugfestigkeit erreicht. (K)</p>	<p>Auf den Blattoberflächen der Lotusblume liegen viele kleine Noppen, die von einer wasserabweisenden Wachsschicht bedeckt sind. Regnet es, berühren die Wassertropfen nur die Noppenspitzen. Das Wasser perlt vom Blatt ab. Dabei wird Schmutz ebenfalls mit abtransportiert. Daher ist die Pflanze nach jedem Regen sauber und trocken. So haben Pilze und Krankheitserreger keine Chance, sich anzusiedeln. (L)</p>

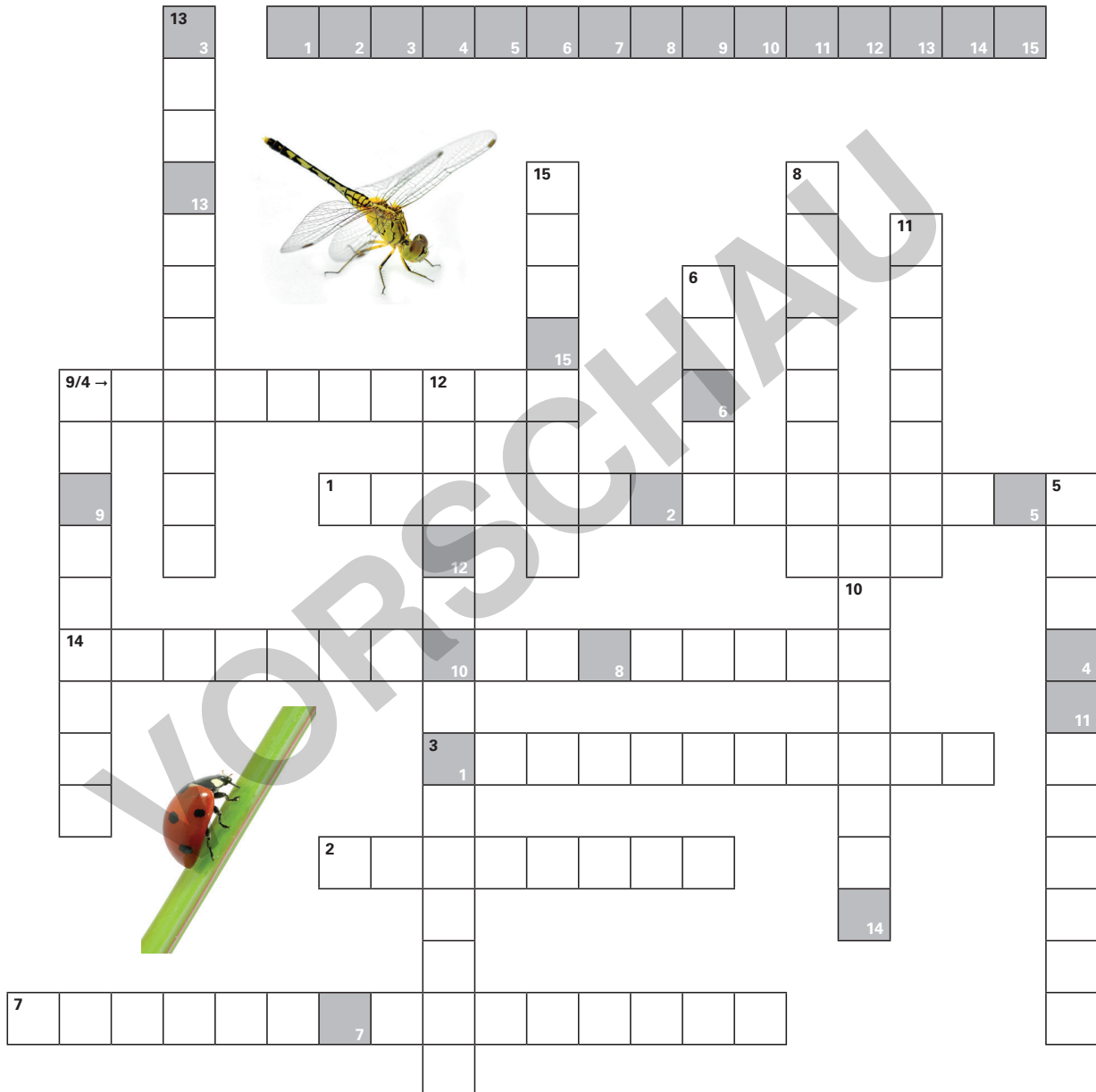
M 7

Bionik kreuz und quer – ein Rätsel

Was hast du alles über die Bionik gelernt? Teste in diesem Rätsel dein Wissen.

Aufgabe

Löse das Kreuzworträtsel. Die grau hinterlegten Felder ergeben das Lösungswort. Die Umlaute ä, ö und ü werden als ae, oe und ue geschrieben. Ein Bindestrich zählt wie ein Buchstabe.



Fotos: Marienkäfer: Thinkstock/iStock; Libelle: Colourbox

1. zum Beieinanderbleiben
2. viele Verbindungen
3. Vorbild für Verkehrsnetze
4. Konstruktion, die wenig wiegt
5. Festigkeit
6. Vorbild für Technik

7. hilft bei der Samenverbreitung
8. vernetzte Stahlseile in München
9. bremst den Flug
10. fliegt sparsam
11. kein Schleudertrauma dank Klettverschluss

12. wichtige Eigenschaft von Pflanzenstängeln
13. Effekt, dass Wasser abperlt
14. Methode ausgehend vom technischen Problem
15. bewirken weniger Wirbel an Flügeln



Was weißt du alles über die Bionik? – Kompetenzraster

M 8

Aufgabe

Überprüfe dein Wissen zum Thema Bionik im Kompetenzraster.






Ich kann ... 	nicht 	halbwegs 	ziemlich vollständig 	vollständig 
... den Lotuseffekt beschreiben und erklären, Beispiele für seine technischen Anwendungen nennen und seine biologische Bedeutung erläutern.				
... die Bedeutung von Winglets an Flugzeugtragflächen erklären und biologische Vorbilder nennen.				
... das Prinzip des Klettverschlusses erklären und ein pflanzliches Vorbild beschreiben.				
... am Beispiel von Flugfrüchten den Unterschied von Fallschirmprinzip, Gleitflugprinzip und Propellerflugprinzip an je einem Beispiel erklären.				
... beschreiben, wie man mit geringem Materialaufwand einen möglichst biegestabilen Stab konstruieren kann und dafür eine physikalische Erklärung geben.				
... den Unterschied zwischen der Bottom-Up- und der Top-Down-Methode in der Bionik mit je einem Beispiel erklären.				
... den Unterschied zwischen Konstruktionsbionik, Verfahrensbionik und Informationsbionik an je einem Beispiel erklären.				
... die Lebensweise des Schleimpilzes <i>Physarum polycephalum</i> beschreiben und erklären, wie man mit seiner Hilfe effektive Netzwerke konstruieren kann.				

Bild: Colourbox