

GRUNDSCHULE

Sachunterricht

Nr. **62**
2. Quartal | 2014

Bestell-Nr. 17762

ZUM THEMA

- Vorbild Natur

UNTERRICHTSIDEEN

- Was ist Bionik und wie funktioniert sie?
- Die Geheimnisse im Inneren
- Vom Luftballon zum künstlichen Muskel
- Wilhelm Barthlott und seine Entdeckung des Lotus-Effekts®

SERIE: SACHUNTERRICHT UND INKLUSION

- Die Bedeutung kindlicher Zugänge und Sichtweisen für den Unterricht

MATERIAL

Leseheft
Geschichtenheft
Bildkarten



Bionik

Von der Natur lernen

FRIEDRICH
Fr



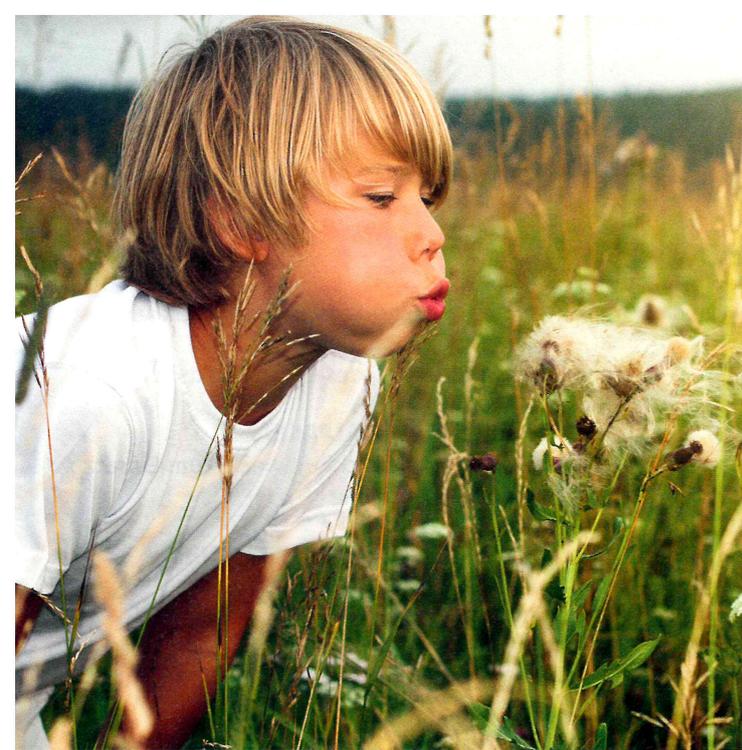


Foto: papaFotolia.com, KietzFotolia.com

Vorbild Natur

Bionik als perspektivenvernetzendes Thema des Sachunterrichts

Claudia Schomaker

„Der menschliche Schöpfergeist kann verschiedene Erfindungen machen (...), doch nie wird ihm eine gelingen, die schöner, ökonomischer oder geradliniger wäre als die Natur, denn in ihren Erfindungen fehlt nichts und nichts ist zu viel.“ (Leonardo da Vinci, zitiert nach Speck et al. 2012, S. 3)

Naturwissenschaftsorientiertes Lernen hat im Sachunterricht in den vergangenen Jahren zentral an Bedeutung gewonnen. Anknüpfend an die Erkenntnisse über Schüler- und Lehrervorstellungen zu Phänomenen der Natur und Technik, wurden zahlreiche Materialien entwickelt, um Lernumgebungen zu gestalten, die diese Vorstellungen aufgreifen und weiterentwickeln suchen.

Mit dem Themenfeld „Bionik“ wird ein Inhalt für den Sachunterricht erschlossen, der insbesondere die Sichtweisen der *naturwissenschaftlichen* und *technischen Perspektive* unter einer gemeinsamen Fragestellung zusammenführt. Ziel solcher perspektivenvernetzenden Themen ist es gemäß dem Perspektivrahmen Sachunterricht der GDSU, „Zusammenhänge deutlich (zu machen) und (es zu) ermöglichen (...), dass das Wissen auf die Lebenswirklichkeit der Kinder

zurückgeführt werden kann“ (GDSU 2013, S. 15).

Denk- und Arbeitsweisen der Bionik

Obgleich Kinder aus ihrer Lebenswelt Analogien zwischen Natur und Technik kennen wie etwa Samen vom *Löwenzahn* und *Fluggleitern* (**Abb. 1 und 2**), werden ihnen die Unterschiede zwischen diesen Analogien und den bionischen Denk- und Arbeitsweisen kaum bewusst sein. „Im Fragehorizont der Kinder liegen daher vorwiegend solche Fragen, die sich auf die Entdeckung, Erforschung und technische Umsetzung von bionischen Phänomenen beziehen. (...) Fragen und Interesse (richten sich) zunächst vorwiegend auf die besonderen und außergewöhnlichen Eigenschaften, Fähigkeiten, Leistungen und Rekorde von Lebewesen, aber auch auf die Umstände, unter denen sie für die Bionik entdeckt wurden.“ (Gebauer 2012, S. 186)

Die Arbeits- und Denkweisen von Forscherinnen und Forschern der Bionik gestalten sich sehr differenziert. *Werner Nachtigall* macht in seinem

Beitrag (s. **Wissen kompakt S. 4 ff.**) deutlich, dass sie diese Naturphänomene vor dem Hintergrund komplexer Fragestellungen betrachten, wie u. a. der Verbesserung von Prothesen für Menschen mit entsprechenden Handicaps (s. **dazu den Beitrag von Olga Speck und Ivo Boblan**), der existenziellen Frage nach der Gewinnung von Wasser in Gegenden mit großem Wassermangel (s. **das Geschichtchenheft von Brunhild Landwehr im Materialpaket**) oder der ressourcenschonenden Nutzung von Rohstoffen.

Insbesondere wird aber deutlich, auf welche Weise Bionikerinnen und Bioniker Fragestellungen nachgehen. *Claudia Schomaker* und *Jessica Reiffert* zeigen in ihrem Beitrag (S. 8 ff.), wie Lehrkräfte Schülerinnen und Schüler mithilfe von Bildkarten (s. **Materialpaket**) in die Sichtweisen der Bionik einführen und so die jeweiligen Erkenntnisverfahren „Bottom-up“ und „Top-down“ verdeutlichen können.

Diese werden in den Beiträgen von *Thea Lautenschläger* (S. 13 ff.) sowie *Olga Speck* und *Ivo Boblan* (S. 20 ff.) handlungsorientiert an ausgewählten bionischen Phänomenen vertieft.

Thea Lautenschläger zeigt am Beispiel des Aufbaus von Pflanzen-

halmen, wie Schülerinnen und Schüler die Beschaffenheit verschiedener Pflanzenhalme untersuchen und bedeutsame Unterschiede erkennen können. Sie gehen damit folgenden Fragen nach:

- ▶ Wie kommt es, dass manche Pflanzenhalme innen hohl oder nur mit einigen Querwänden ausgestaltet und andere mit Materialien gefüllt sind?
- ▶ Welchen Belastungen müssen und können Pflanzen standhalten?

Indem die Schülerinnen und Schüler anhand von Versuchen ihre Fragen und Vermutungen überprüfen, erwerben sie Kenntnisse, die sie in die Lage versetzen, auch über bionische Anwendungen dieser Struktureigenschaften von Pflanzen nachzudenken. Auf diese Weise erfahren sie die bionische Arbeitsweise des „Bottom-up“ und entwickeln eigene Ideen der technischen Anwendung.

Olga Speck und Ivo Boblan knüpfen in ihrem Beitrag unmittelbar an kindliche Interessen und der Freude an Bewegung an: Viele Kinder haben schon einmal die eckigen Bewegungen eines Roboters nachgeahmt und dabei gespürt, wie sehr sich diese Bewegungen von denen eines Menschen unterscheiden. Die Autoren fokussieren daher mit ihrer Unterrichtsidee die Bewegungsabläufe von Robotern und den Anspruch, diese an menschliche Bewegungsformen weitestgehend anzugleichen. Im Rahmen dieser Unterrichtsidee setzen sich die Schülerinnen und Schüler mit der Funktionsweise eines pneumatischen Muskels auseinander. Sie erkunden damit die Arbeitsweise eines „Top-down“-Prozesses, indem von einer konkreten Frage zur Verbesserung einer technischen Anwendung ein entsprechendes Modell in der Natur gesucht wird.

Diese Unterrichtsbeispiele machen deutlich, dass die Auseinandersetzung mit dem Forschungsbereich der Bionik auch zu grundlegenden Fragestellungen des Umgangs des Menschen mit der Natur führt. Die Natur „erscheint nicht als ausgebeutet, sondern vielmehr als Vorbild mit hoher Perfektion, eine Perspektive, die zu mehr Achtung und Wertschätzung natürlicher Formen, Strukturen und Materialien führt. In diesem Zusammenhang sind Fragen

der Ökologie bzw. der Nachhaltigkeit von Bedeutung, denn natürliche Vorbilder verkörpern diese Prinzipien in besonderer Weise“ (Gebauer 2012, S. 186).

Vielfältige Zugänge zur Bionik

Ein perspektivenvernetzendes Thema im Sachunterricht wie das der „Bionik“ ermöglicht es zudem, vielfältige Zugänge zu Fragestellungen zu wählen. Denn Kinder interessieren sich insbesondere auch für die Geschichten „hinter“ den Phänomenen:

- ▶ Wie kam es dazu, dass ein Fisch wie der *Kofferfisch* oder ein *Pinguin* Forscherinnen und Forscher auf die Idee brachten, über die Verbesserung von Autos nachzudenken?
- ▶ Welche Fähigkeiten müssen Forscherinnen und Forscher mitbringen, um aus Phänomenen in der Natur Erfindungen zu entwickeln, an die niemand zuvor dachte?

Karen Weddehage und Jan Heiko Wohltmann zeichnen in ihrem Beitrag über den Forscher Wilhelm Barthlott (S. 27 ff.) einen solchen Forscherweg in Bezug auf die Entdeckung des Lotus-Effekts® nach. Sie verknüpfen auf diese Weise naturwissenschaftsbezogene Arbeitsweisen mit dem biografischen Lernen. So setzen sich Schülerinnen und Schüler auch mit den Motiven hinter derartigen Erfindungen auseinander und dem manchmal beschwerlichen Weg eines Forschers oder einer Forscherin.

Das von Brunhild Landwehr gemeinsam mit Studierenden der Universität Lüneburg gestaltete Geschichtenheft (s. Materialpaket) greift bionische Erfindungen und Entdeckungen im Sinne des Storytelling auf mit dem Ziel, zu vermittelnde Sachinhalte in Erzählkontexte einzubetten, die es den Schülerinnen und Schülern ermöglichen, einen Bezug zwischen ihren eigenen Vorstellungen und dem jeweiligen Unterrichtsinhalt herzustellen (vgl. Martensen/Tietjens/Parchmann 2007). Die Protagonisten dieser – von der Lehrkraft möglichst frei erzählten – Geschichten geraten oftmals in einen Konflikt bzw. stoßen auf ein Problem, in deren Verlauf die Schülerinnen und Schüler aufgefordert werden, „Vorstellungen und

Ideen zur Lösung der aufgeworfenen Fragestellungen“ (ebenda, S. 411) zu entwickeln, eigenständig zu erproben und miteinander zu diskutieren. In diesem Sinne sind im Anschluss an jede Geschichte weiterführende Fragen und Anregungen für Erkundungen und Versuche aufgeführt, die die Schülerinnen und Schüler auffordern, sich mit den Inhalten der Geschichte auseinanderzusetzen (Abb. 3). Hier werden Lernprozesse angestoßen, die im Sinne *naturorientierten Lernens* Schülerinnen und Schüler dazu anhalten, biologische Phänomene zu untersuchen, um die Erkenntnisse hieraus in technische Lösungen umzusetzen (vgl. Hill 2013, S. 89; Hill 2008).

Literatur

- Gebauer, Michael (2012): Themenfeld Bionik. In: Gebauer, Michael/Schrenk, Marcus (Hg.): Wir experimentieren in der Grundschule. Einfache Versuche zum Verständnis biologischer Zusammenhänge. Teil 3: Pflanzen und Tiere. Hallbergmoos: Aulis, S. 183–219
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (2013): Perspektivrahmen Sachunterricht. Vollständig überarbeitete und erweiterte Ausgabe. Bad Heilbrunn: Klinkhardt
- Hill, Bernd (2008): Strategie Naturorientiertes Lernen. Biologische Phänomene entdecken – technische Lösungen erfinden. Aachen: Shaker
- Hill, Bernd (2013): Bionik. Die Natur als Ideenschmiede. Weimar: Knabe
- Martensen, Maike/Tietjens, Kai/Parchmann, Ilka (2007): Storytelling – eine Methode zur Kontextualisierung am Beispiel „Strom durch Chemie“. In: MNU, H. 60, S. 410–415
- Speck, Thomas/Speck, Olga/Neinhuis, Christoph/Bargel, Hendrik (2012): Bionik. Faszinierende Lösungen der Natur für die Technik der Zukunft. Freiburg i. Br.: Lavori

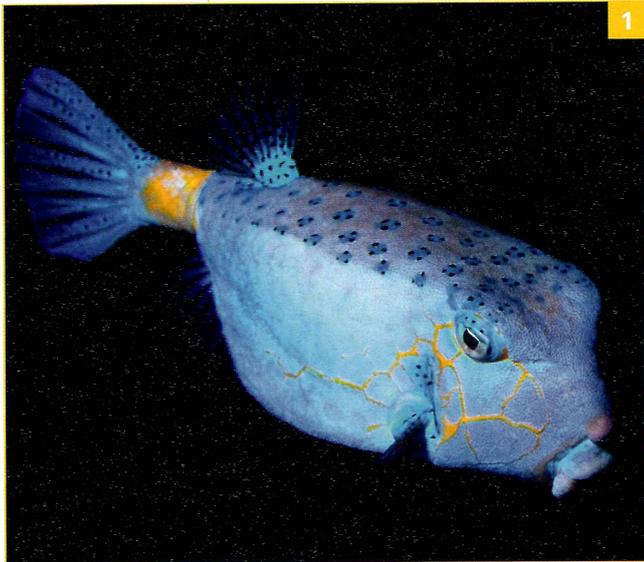
Abb. 1–2: Analogien zwischen Natur und Technik wie die Samen des Löwenzahns und ein Fluggleiter sind vielen Kindern bekannt

Abb. 3: Warum ist das so? In einem einfachen Versuch gehen die Kinder einem bionischen Phänomen auf den Grund



Foto: B. Landwehr

*** WISSEN KOMPAKT ***



1

Foto: airmaria/Fotolia.com

Zum Begriff „Bionik“

Erst in den letzten beiden Jahrzehnten hat sich die Bionik von einer randständigen Disziplin zu einer allgemein anerkannten Wissenschaft entwickelt. Der Begriff ist aber viel älter. 1960 fand in Dayton (Ohio) ein von der amerikanischen Luftwaffe unterstützter Kongress statt: „Bionics Symposium. Living prototypes – the key to new technology“. Man wollte damals unter anderem vom Sonar-System der Fledermäuse lernen, die Radarstationen effizienter zu machen. Der Begriff „Bionik“ taucht schon im ersten Vortrag von J. E. Kato auf: „Bionics – new frontiers of technology through fusion of the bio- and physiodisciplines“. In seinem Schlusswort prägte Major J. E. Steele nach dem methodischen Vergleich technischen Vorgehens und biologischen So-Seins den Schlüsselsatz: „We have given the name 'Bionics' to the recognition and practice of these methods.“

Der Begriff „Bionik“ ist also methodisch definiert. Heute kann man oft lesen, er sei zusammengesetzt aus den Anfangs- und Endsilben der Worte BIOlogie und TechNIK. Historisch stimmt das zwar nicht, im Grunde aber trifft das Kürzel die Sache und kann so stehenbleiben.

J. E. Steele hatte klare Vorstellungen über die allgemeine Bedeutung der Bionik. Seine prophetischen Worte sind aber erst in unserer Zeit in Erfüllung gegangen: „The manner in which bionics will mark ist greatest contribution to technology is not the solution of specific problems or the design of particular devices. Rather it is through the revolutionary impact of a whole new set of concepts, a fresh point of view.“

Beides, das damals angesprochen wurde, gilt heute als Standard. Bionik hilft einerseits bei vielerlei Teilproblemen in unterschiedlichen Teildisziplinen der Technowissenschaften. Andererseits stellt sie ganz allgemein ein „mutvolles heuristisches Prinzip“ dar, in der Tat „a fresh point of view“, und denkt unkonventionell und gleichzeitig praxisbezogen, wie die folgenden Abschnitte zeigen.

Ein Problem aber deckt der Begriff nicht ab. Bei der Bionik geht es ja um Übertragungen aus der Biologie in die Technik. Bevor man aber etwas übertragen kann, muss man es erforscht haben. Hier kommt die *Technische Biologie* „ins Spiel“.



2

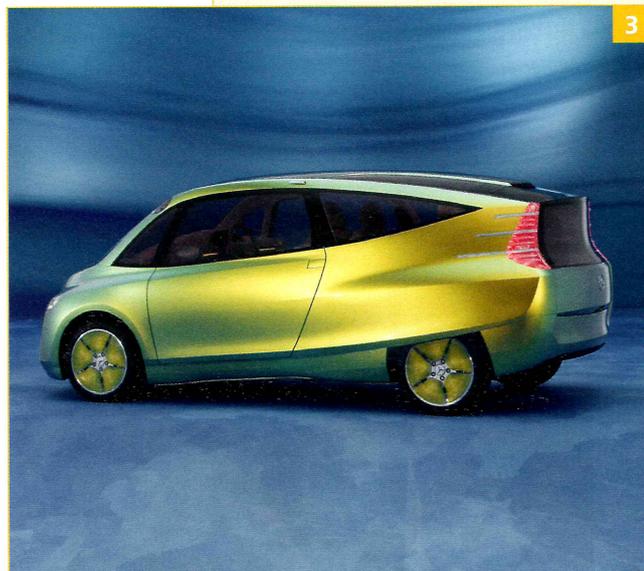
Foto: K. Köhner/Fotolia.com

Technische Biologie und Bionik als Antipoden

Bezeichnete man „Bionik“ als „Lernen von der Natur für die Technik“, so wäre „Technische Biologie“ dann „Lernen mithilfe des Wissens der Technik, wie die Natur funktioniert“. Beide Aspekte haben sich zwar zu eigenständigen Disziplinen gemausert, gehören aber untrennbar zusammen. Sie ergänzen sich wie Bild und Spiegelbild, wie Kopf und Zahl einer Münze, wie die beiden Seiten einer Medaille. *Max Planck* hat das einmal sehr schön ausgedrückt: „Dem Anwenden muss das Erkennen vorausgehen.“

Man kann auch sagen: Technische Biologie ist der fachwissenschaftliche Auftrag an den Biologen, dem Physik und Technik bei seiner Grundlagenforschung behilflich sind. Bionik ist das, was sich aus dieser Grundlagenforschung als übertragbar erweist und damit dem Ingenieur zur Umsetzung angeboten werden kann. Biologen und Ingenieure arbeiten zwar zusammen, bleiben aber in den jeweiligen Fachgebieten, die sie beherrschen. Ganz falsch wäre die Annahme, der Biologe oder Bioniker würde etwas Technisches besser können, nur weil er Anregungen aus der Natur verfügbar hat, die der Ingenieur (noch) nicht kennt. Das Konstruieren bleibt immer Ingenieurssache, *lege artis*.

Dazu ein Beispiel: Biologen haben sehr ausführlich untersucht, wie Tiere schwimmen und fliegen. Sie haben dazu die Kenngrößen der Strömungsmechanik verwendet, also Technische Biologie betrieben. Als Beispiel dient der aus der Automobilwerbung bekannte Widerstandsbeiwert c_w . Je kleiner der ist, desto besser ist das, weil geringer Widerstand Treibstoffeinsparung bedeutet. Die Rümpfe von Fischen, Pinguinen und anderen Vögeln weisen nun sehr kleine c_w -Werte auf, sparen damit also



3

Foto: Daimler AG

Abb. 1–3:
Bei der Entwicklung des „Bionic-Cars“ orientierten sich die Ingenieure u. a. an der Körperform vom Eselspinguin und dem Kofferspinner

Treibstoff bei der Fortbewegung (Abb. 1–2). Sehr gut untersucht wurde das z. B. für den Eselspinguin (*Pygoscelis papua*) (vgl. Nachtigall/Bilo 1980). In einer Kooperation mit Mercedes-Ingenieuren wurde diesen berichtet, mit welchen Tricks Tiere diese kleinen c_w -Werte erreichen. Die Ingenieure haben dies zur Anregung genommen, einen Treibstoff sparenden „Bionic-Car®“ (Abb. 3) mit geringem Luftwiderstand zu entwickeln, haben also zusammen mit den Technischen Biologen Bionik betrieben. Die Großausführung ihres Wagens hatte einen c_w von 0,19. Im Vergleich dazu hatte der Volkswagen-Käfer einen c_w nahe 0,45. Technische Biologie und Bionik haben also dazu beigetragen, den c_w -Wert um erstaunliche 58% zu senken. Bevor man zu solchen Ergebnissen kommen kann, muss man freilich vergleichen. Anders gesagt: Man sucht nach Analogien in Natur und Technik.

Technische Biologie und Bionik als Analogieforschung

An der Basis jeder Umsetzung steht also erst einmal der Vergleich. Gebilde der Natur und Technik stellt man einander gegenüber, sucht zunächst deskriptiv nach Vergleichbarem, das in die Aufdeckung von Kausalbeziehungen münden kann, aber nicht muss. Man nennt das *Analogieforschung*.

Ein Beispiel: Es gibt viele struktur-funktionelle Querbeziehungen bei botanischen und technischen „Hochbaukonstruktionen“, etwa Grashalmen und Fernsehtürmen (Abb. 4–5). Beim Vergleich muss man vorsichtig sein und im Rahmen der Physik bleiben; traut man sich aber nicht zu vergleichen, kommen einem auch keine Ideen. Im vorliegenden Fall verhindern zwar Ähnlichkeitsgesetze einen direkten baustatischen Vergleich, doch ist bereits die Art der Ausformung pflanzlicher Festigungsgewebe – es gibt drei „Bewehrungstypen“ – von großem bautechnischen Interesse.

Ausgehend von diesem und dem letztgenannten Beispiel, kann man nach den Wirkungsmechanismen der Bionik fragen. Konstruieren kann sie jedenfalls nicht. Wie kann Bionik dann letztlich vorgehen?

Wie geht die Bionik vor?

Sie sammelt ingenieurtechnisch interessante Daten aus der Natur. Sie bereitet diese so auf, dass der Ingenieur etwas damit anfangen kann. Da der Technische Biologe schon bei der Grundlagenforschung Ingenieursdenken einbringen muss, bereitet das wenig Schwierigkeiten; das lernt er bei seiner Ausbildung. Die Bionik legt dem Ingenieur ihre Ergebnisse auf den Tisch. Sie begleitet den Ingenieur – rückgekoppelt – bei der Umsetzung. Hierfür gibt es unterschiedliche Wege.

Weg 1: Auffüllen eines Datenpools – pool research

Biologische Grundlagenforschung bringt bislang verborgene Daten und Zusammenhänge aus dem Bereich der belebten Welt zutage. Sie publiziert diese in Zeitschriften, Büchern, Datenbanken. Allgemein kann man sagen: Sie füllt einen Datenpool, aus dem sich jeder nach Bedarf bedienen kann. Das ist eine zivilisatorische Grundaufgabe, ohne dass man gleich an eine Anwendung denken muss. Grundlagenforschung liegt auf einer Linie beispielsweise mit dem Betrieb von Theatern und Museen. All dies kostet Geld, ist aber nicht überlebenswichtig. Ohne dies aber ist eine Zivilisation nicht zivilisiert.

Den Wissenschaftlern ist das lange schon klar: Es geht einfach nicht, dass die Natur Strukturen und Funktionen aufweist, die der Mensch (noch) nicht kennt und versteht. Es muss im Laufe der Zeit alles erforscht werden, was uns umgibt. Politiker, Wirtschaftsvertreter, Geldgeber beginnen das eben erst zu begreifen, seitdem klar ist, dass nur ein gut gefüllter biologischer Datenpool einen bionisch-technischen Impact entwickeln kann. *Auch dazu ein Beispiel:* Wenn man einen Klebestreifen entwickeln will, der auch unter Wasser und auf fettig-ölgigen Oberflächen



Foto: P. Druschky

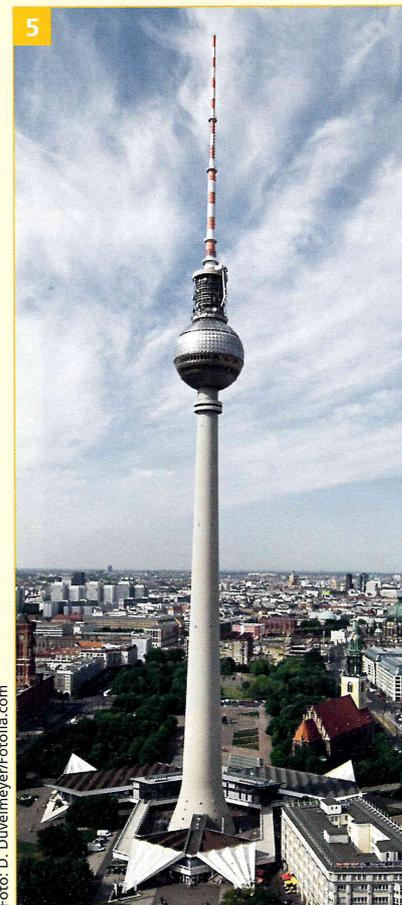


Foto: D. Düvelmeyer/Fotolia.com

Abb. 4–5: Analogie zwischen Natur und Technik: pflanzliche Halme und Fernsehturm



6

Foto: Nic99/Shutterstock.com

gut haftet, kann man sich die Saugnäpfe eines bestimmten Wasserkäfers zum Vorbild nehmen und ihr Design direkt umsetzen. Man kann aber auch erst einmal recherchieren, mit welchen Methoden Lebewesen unter Wasser überhaupt irgendwo anzuhaften vermögen. Mit anderen Worten: Man wird den Datenpool nach Suchstichworten und Kenngrößen abklopfen (vgl. Nachtigall 2002). Zu finden sind dann mehrere Dutzend Möglichkeiten der nassen Adhäsion, des Saugnapfprinzips, des Mikrohaakenprinzips und der Nutzung von Van-der-Waals-Kräften. Diese kann man nun in Bezug auf sein technisches Ziel beliebig kombinieren, um zu einem definierten Haftungsprinzip zu kommen. Man ist nicht auf die Umsetzung eines bestimmten Vorbilds angewiesen. Im vorliegenden Fall hieß das Prinzip: „Digitalisierte, multifunktionelle, statistische Haftung“. Das heißt, die Haftfläche ist in Einzelemente aufgelöst (Beispiel *Gecko*, Abb. 6). Jedes Element haftet unter Nutzung mehrerer der genannten Möglichkeiten (Beispiel *Wasserkäfer*). Es muss aber nicht jedes Element haften; es reicht, wenn dies eine genügend große Zahl tut.



7

Foto: W. Barthlott/salvina-lotus.de

Weg 2: Eine Entdeckung der Biologie steht am Anfang, die Bottom-up-Strategie

Wenn eine Entdeckung der Biologie am Anfang steht, lautet die Frage: *Was könnte man mit einem bestimmten biologischen Befund in der Technik anfangen?* Man recherchiert also in der Technik und sucht dort nach einem Problem, welches das Schloss für einen vorhandenen biologischen Schlüssel darstellt.

Als Beispiel kann man einen der klassischen und den bisher vielleicht erfolgreichsten bionischen Ansatz nennen, den *Lotus-Effekt®* (Abb. 7). Das Selbstreinigungsprinzip des Lotusblatts fand seine erste technische Anwendung in der Konzeption des neuartigen Fassadenlacks *Lotusan®*. Ausgangspunkt war die Beobachtung, dass die Blattoberfläche insbesondere der Indischen Lotusblume (*Nelumbo nucifera*) selbstreinigend ist (vgl. Barthlott/Neinhuis 1997). Daraus hat sich die bionische Idee entwickelt, dass man so auch Gebäudefassaden selbstreinigend machen könnte. Erstmals umgesetzt wurde dies von der Firma Ispo (ehemals Dyckerhoff-Gruppe).



8

Foto: M. Roskoth/Fotolia.com

Weg 3: Eine Problemstellung der Technik steht am Anfang, die Top-down-Strategie

Wenn eine Problemstellung der Technik am Anfang steht, lautet die Frage: *Welche Befunde aus der Biologie könnten bei einem technischen Problem weiterhelfen?* Man recherchiert also in der Biologie und sucht dort nach einem analogen Vorbild, welches den Schlüssel für ein vorhandenes technisches Schloss darstellt.

Ein Beispiel hierzu bezieht sich auf die Störungsbehebung bei drahtloser Unterwasserkommunikation durch den Einsatz des „Delfinprinzips“. Das bezeichnet die Art und Weise, wie Delfine bei ihrer Unterwasserkommunikation Störungen kompensieren, die durch unterschiedliche Laufstrecken und damit -zeiten der Signale entstehen (Abb. 8). Mit diesem Prinzip wurde ein wenig störungsanfälliges Tsunami-Frühwarnsystem entwickelt (vgl. Bannasch/Yakovlev 2006).

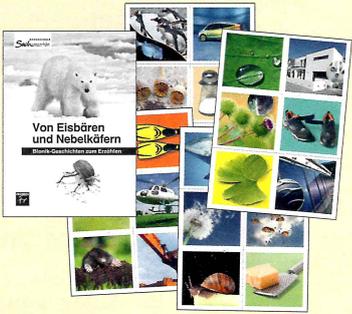
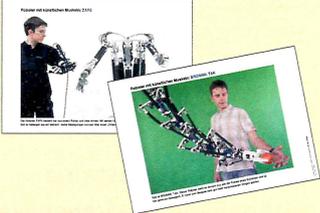
Werner Nachtigall

Abb. 6–8:
Ob Gecko, Lotusblatt oder Delfin -
die Bionik sammelt ingenieurstech-
nisch interessante Daten
aus den verschiedensten Bereichen
der Natur

Literatur

- Bannasch, Rudolf/Yakovlev, Sergey (2006): Maritime Technik: Von der Delphin-Kommunikation zum Tsunami-Frühwarnsystem. In: Forschungsgemeinschaft Bionik-Kompetenz-Netz e. V. BIONIK: Industriekongress BIONIK 2006 – Innovationsmotor Natur. Berlin, S. 199 ff.
- Barthlott, Wilhelm/Neinhuis, Christoph (1997): Purity of the sacred lotus, or escape from contamination in biological surfaces. *Planta*, No. 202, pp. 1–8
- Nachtigall, Werner (2002): *Bionik. Grundlagen und Beispiele für Naturwissenschaftler und Ingenieure*. Berlin: Springer
- Nachtigall, Werner/Bilo, Dietrich (1980): Strömungsanpassung des Pinguins beim Schwimmen unter Wasser. In: *Journal of comparative physiology*, Vo. 137, Issue 1, pp. 17–26

„Bionik“ im Unterricht

INHALTE/ KOMPETENZEN	LERNTÄTIGKEITEN KLASSE 1–2	LERNTÄTIGKEITEN KLASSE 3–4	VERWEISE AUF SEITEN IM HEFT UND MATERIALPAKET
<p>Analogien zwischen Natur und Technik und die bionischen Arbeitsweisen „Top-down“ und „Bottom-up“ erkennen und beschreiben</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Analogien zwischen Natur und Technik anhand von Bildern beschreiben ■ Das Gelernte mithilfe weiterer Beispiele vertiefen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Analogien zwischen Natur und Technik anhand von Bildern beschreiben ■ Mithilfe von Bildkarten die bionischen Arbeitsweisen „Top-down“ und „Bottom-up“ kennenlernen ■ Das Gelernte mithilfe weiterer Beispiele vertiefen 	<p>H: Was ist Bionik und wie funktioniert sie? (S. 8 ff.) M: Bildkarten „Bionik“ M: Geschichtenheft „Von Eisbären und Nebelkäfern“</p> 
<p>Die bionische Arbeitsweise „Bottom-up“ am Beispiel pflanzlicher Halmstrukturen erkunden</p>		<ul style="list-style-type: none"> ■ Natürliche Halmstrukturen in Versuchen untersuchen ■ Ideen für technische Anwendungen entwickeln 	<p>H: Die Geheimnisse im Inneren (S. 13 ff.) M: Infokarte „Pflanzenhalme“</p> 
<p>Die bionische Arbeitsweise „Top-down“ am Beispiel des pneumatischen Muskels erkunden und erklären</p>		<ul style="list-style-type: none"> ■ Das Bewegungsmuster pneumatischer Roboter kennenlernen ■ Mithilfe von Luftballons selber einen künstlichen Muskel bauen ■ Das eigene Vorgehen reflektieren und so die bionische Arbeitsweise „Top-down“ kennenlernen 	<p>H: Vom Luftballon zum künstlichen Muskel (S. 20 ff.) M: Bildkarte „Roboter mit künstlichen Muskeln“</p> 
<p>Die Entwicklung einer bionischen Erfindung anhand der Forscherbiografie Wilhelm Barthlotts nachvollziehen können</p>		<ul style="list-style-type: none"> ■ Eine Forscherin/Einen Forscher zeichnen und die Zeichnungen reflektieren ■ Den Forscher Wilhelm Barthlott und seine Entdeckung kennenlernen ■ In Anknüpfung an dessen Biografie einfache Versuche zum Lotus-Effekt® durchführen 	<p>H: Wilhelm Barthlott und seine Entdeckung des Lotus-Effekts® (S. 27 ff.) M: Leseheft „Wilhelm Barthlott und seine große Entdeckung“</p> 

Was ist Bionik und wie funktioniert sie?

Bionischen Denk- und Arbeitsweisen „auf die Spur“ kommen

Auf dem spannenden wissenschaftlichen Feld der Bionik werden verschiedene Arbeitsweisen angewendet: „Top-down“ und „Bottom-up“. Mithilfe von Bildkartenpaaren lernen die Kinder diese kennen und von natürlichen Analogien zwischen Natur und Technik zu unterscheiden.

Jessica Reiffert/
Claudia
Schomaker

Lernvoraussetzungen und Ziele des Unterrichts

Im Alltag von Grundschulkindern kommen bionische Erfindungen vor, die sie – bewusst oder unbewusst – nutzen, z. B. der Klettverschluss an ihrer Kleidung, die Wärmedämmung ihres Wohnhauses. Als Entdeckungen der Bionik mit ihren jeweiligen Erkenntnisverfahren sind sie jedoch den Kindern nicht bekannt. Dennoch sind viele Kinder Analogien zwischen Natur und Technik in ihrer Lebenswelt bereits „auf die Spur“ gekommen.

„Der wie ein Fallschirm schwebende Samen eines Löwenzahns, der gleich einem Propeller zum Boden kreiselnde Ahorn- oder Linden-

samen, die wie ein Klettverschluss anhaftenden Samenstände der Klette, die Schwimmflosse, die dem Fuß des Wasservogels gleicht – das sind nur einige wenige Beispiele, die deutlich machen, dass Bionik zweifellos im Erfahrungshorizont von Kindern liegt, auch wenn sie im Hinblick auf die den Analogien zugrunde liegenden Zusammenhänge zumeist noch nicht über ein kohärentes Konzept und adäquate, sachgemäße Begriffe verfügen.“ (Gebauer 2012, S. 186)

In der Regel unterscheiden Kinder nicht zwischen *Analogien* in Natur und Technik und *Entdeckungen*, die im Sinne bionischer Denk- und Arbeitsweisen hervorgebracht wurden (vgl. ebenda). „Naturphänomene werden zumeist als unmittelbare Vorbilder technischer Errungenschaften im Sinne der ‚Bottom-up-Bionik‘ betrachtet.“ (ebenda) Daher setzen sich Kinder auch zunächst mit den Eigenschaften und Leistungen der jeweiligen Naturphänomene auseinander, um sie dann mit den Forschungsergebnissen der Bionik zu vergleichen.

Ziel dieser Unterrichtsidee ist es, die Schülerinnen und Schüler – ausgehend von ihnen bekannten Analogien zwischen Natur und Technik – mithilfe von Bildkartenpaaren in die Arbeitsweisen der Bionik „Bottom-up“ und „Top-down“ einzuführen.

Anhand geeigneter Beispiele können diese Prozesse im späteren Verlauf der Unterrichtseinheit „Bionik“ handlungsorientiert erarbeitet und vertieft werden (z. B. zum Aufbau von Pflanzenhalmen, s. Beitrag von

Thea Lautenschläger, S. 13 ff., und zur Funktionsweise eines bionischen Muskels, s. Beitrag von Olga Speck und Ivo Boblan, S. 20 ff.). Und das mit bionischen Fragestellungen verbundene Nachdenken über die den Menschen und seine Welt betreffenden zukünftigen Herausforderungen wird in dem Beitrag über den Bioniker Wilhelm Barthlott vertieft (s. Beitrag von Karen Weddehage und Jan Heiko Wohltmann, S. 27 ff.).

Analogien zwischen Natur und Technik beschreiben

Um Schülerinnen und Schüler für die Arbeitsweisen der Bionik zu sensibilisieren, kann der Einstieg in diese Unterrichtseinheit zunächst über Bildpaare erfolgen, die Analogien zwischen *Natur* und *Technik* aufzeigen (s. **Materialpaket, Auswahl der Analogiepaare** s. **Tabelle S. 10**). In einem Stuhlkreis werden die ausgewählten zwölf Karten mit der Bildseite nach oben ausgelegt. Die Kinder denken darüber nach, welche Verbindungen es zwischen den Bildern geben könnte, und sortieren die Bildkarten entsprechend zu Paaren (**Beispiel** s. **Abb. 1–2**).

Es schließen sich Fragen nach den bestehenden Ähnlichkeiten zwischen dem Naturphänomen und der technischen Anwendung an: *In welcher Weise ähneln sich z. B. der Kopf des Delfins und der Schiffsbug oder der Entenfuß und die Taucherflosse?* Auch die anderen Analogiepaare werden in Bezug auf Ähnlichkeiten in Form,

AUF EINEN BLICK

Klassenstufe 1–4

Unterrichtsbausteine:

- ▶ Analogien zwischen Natur und Technik erkennen und beschreiben
- ▶ Mithilfe von Bildkarten die bionischen Arbeitsweisen „Top-down“ und „Bottom-up“ kennenlernen
- ▶ Das Gelernte mithilfe weiterer Beispiele vertiefen

Material:

- ▶ Bildmaterial S. 11–12
- ▶ Weitere 24 Bildkarten 
- ▶ Sachbücher zur Bionik (s. Tabelle S. 10)

Fotos: Delfin: A. Bezuglov/Fotolia.com, Schiff: dedi/fotolia.com

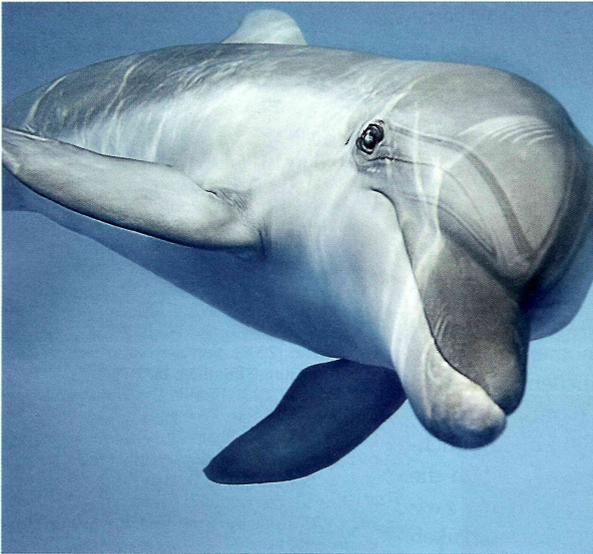


Abb. 1–2:
Beim Bau des Wulstbuchs orientierte man sich am natürlichen Vorbild Delfin (Bionik „Top-down“). Im Allgemeinen wird die Ähnlichkeit zwischen Schiffsbug und Delfin allerdings als Analogie angesehen

Eigenschaften und Funktion untersucht und beschrieben.

Wenn die Kinder diese Zusammenhänge erarbeitet haben, können sich folgende Fragen anschließen, die zur Arbeits- und Denkweise der Bionik hinführen:

- ▶ Wie kommt es, dass diese Ähnlichkeiten zwischen Natur und Technik bestehen?
- ▶ Warum haben sich Menschen offenbar an der Natur orientiert, um technische Erfindungen für ihren Alltag zu entwickeln?

Ziel des Kreisgesprächs sollte es sein, die Kinder dafür zu sensibilisieren, dass Bioniker und Bionikerinnen in der Natur nach Vorbildern suchen, um den Alltag des Menschen zu verbessern/zu erleichtern, bzw. in der Natur nach Lösungen für technische Probleme suchen.

Es muss jedoch auch deutlich werden, dass die hier benannten sechs Analogiepaare aber *keine* bionischen Phänomene sind. „Wenn du ein Bioniker bist, nutzt es dir vermutlich wenig, einen Maulwurf anzuschauen, um die Flugeigenschaften deines Flugzeugs zu optimieren. Aber weil der Maulwurf hervorragend graben kann, sind seine Krallen vielleicht die perfekte Fundgrube für neue Formen von Baggerschaufeln. Der Entenfuß sieht der Schwimmlinse (...) ähnlich. Das bedeutet nicht, dass die Schwimmlinse erfunden wurde, weil es Entenfüße gibt, und Baggerschaufeln sind auch ohne Maulwurf-Unterstützung gebaut worden. Aber Entenfuß und Maul-

wurfskrallen haben ähnliche Formen und Funktionen wie die Schwimmlinse oder Baggerschaufeln und könnten deshalb als Vorbild für eine technische Verbesserung dienen.“ (Belzer 2010, S. 18 f.)

Bionische Denk- und Arbeitsweisen kennenlernen

Doch welche Erfindungen sind tatsächlich einem Vorbild der Natur nachgeahmt? In welcher Weise wurde das Vorbild für die technische Anwendung genutzt? Mithilfe weiterer sechs Bildpaare (s. **Materialpaket**) können erste Antworten auf diese Fragen erarbeitet werden.

Zunächst ist auch hier zu klären, welche Bildkarten zusammengehören und worin jeweils die Ähnlichkeiten zwischen dem Vorbild aus der Natur und der technischen Anwendung bestehen. Mit Blick auf die Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler kann das Gespräch hier auf die bionischen Denk- und Arbeitsweisen „Bottom-up“ und „Top-down“ gelenkt werden:

- ▶ Was muss ein Forscher oder eine Forscherin eigentlich wissen bzw. herausfinden, um diese technische Anwendung verbessern oder erfinden zu können?
- ▶ Welche Fragen könnte sich beispielsweise Otto Lilienthal gestellt haben, als er einen Gleitflieger bauen wollte?
- ▶ Wie ist der Ingenieur George de Mestral auf die Idee gekommen, einen Klettverschluss zu erfinden?

Über Geschichten, die „hinter“ den bionischen Phänomenen stehen und die die Lehrkraft den Kindern erzählt oder die sich die Kinder selbst erschließen (**Literatur s. Tabelle**), erkennen die Schülerinnen und Schüler,

Fragen für den Unterricht

Analogiepaare

- Welche Bilder gehören zusammen? Warum?
- Welche Ähnlichkeiten fallen dir auf? Beschreibe sie.

Bionische Paare

- Diese Bilder zeigen bionische Erfindungen, Entwicklungen und ihre Vorbilder aus der Natur. Welche Abbildungen gehören zusammen? Warum?
- Welche Ähnlichkeiten fallen dir auf? Beschreibe sie.
- Welche Fragen könnten sich die Forscherinnen und Forscher gestellt haben?
- Welche Arbeitsweisen der Bionik haben Forscherinnen und Forscher bei diesen Phänomenen genutzt?
- Bei welchen technischen Anwendungen haben Forscherinnen und Forscher ganz gezielt nach einem Vorbild in der Natur gesucht, um die Anwendung zu verbessern?
- Bei welchem Phänomen haben Biologinnen und Biologen etwas über die Natur herausgefunden und dann überlegt, was und wie man es in der Technik verwenden könnte?
- Versuche mithilfe von Büchern zur Bionik etwas über die Geschichten „hinter“ den Phänomenen zu erfahren.

dass Bionikerinnen und Bioniker sich auf zwei verschiedenen Wegen ihren Forschungsfragen nähern können. Am Anfang einer Erfindung (z. B. Klettverschluss) kann eine zufällige Entdeckung in der Natur stehen. Oder Forscherinnen und Forscher untersuchen ein Phänomen in der Natur (z. B. Eisbärenfell) und überlegen, wie die besonderen Eigenschaften dieser Haut technisch genutzt werden könnten. Hier handelt es sich um einen *Bottom-up-Prozess*. Wenn ein Forscher oder eine Forscherin jedoch über die Verbesserung einer technischen Anwendung wie ein Flugzeug nachdenkt, kann er bzw. sie auch einen Biologen/eine Biologin fragen, ob es in der Natur ein geeignetes Vorbild gibt, das möglicherweise eine Antwort auf diese Fragen geben könnte. Dann handelt es sich um einen *Top-down-Prozess*. Auf diese Weise können die sechs Bildpaare den beiden Arbeitsweisen der Bionik zugeordnet werden (Lösung s. Tabelle).

Mit dem Wissen um die Arbeits- und Denkweisen der Bionik folgt in einer nächsten Phase die vertiefte Auseinandersetzung anhand weiterer Beispiele (Bildmaterial S. 11–12), sodass die Kinder ihr Wissen dazu festigen können. Die Bildpaare vom Beginn werden also um diese Phänomene erweitert.

Darüber hinaus können sich die Kinder mit weiteren Analogiepaaren und bionischen Phänomenen in Bezug auf die unterschiedlichen Denk- und Arbeitsweisen der Bionik auseinandersetzen. Hier besteht die Möglichkeit der Differenzierung, indem die Kinder weiter über Analogien zwischen Natur und Technik nachdenken oder zu weiteren bionischen Phänomenen und deren Geschichten recherchieren, die sie dann der Bottom-up- oder der Top-down-Arbeitsweise zuordnen. Im Verlauf der Unterrichtseinheit können mithilfe der Bildkarten immer wieder in zusammenführenden Kreisgesprächen zentrale

Arbeitsweisen der Bionik reflektiert und Bezüge zwischen den einzelnen Phänomenen hergestellt werden. ■

Literatur

Belzer, Sigrid (2010): Die genialsten Erfindungen der Natur. Bionik für Kinder. Frankfurt/Main: Fischer Schatzinsel
 Gebauer, Michael (2012): Themenfeld Bionik. In: Gebauer, Michael/Schrenk, Marcus (Hg.): Wir experimentieren in der Grundschule. Einfache Versuche zum Verständnis biologischer Zusammenhänge. Teil 3: Pflanzen und Tiere. Hallbergmoos: Aulis, S. 183–219
 Hill, Bernd (2002): Von der Natur lernen. Zeitschrift für junge Bioniker, H. 1
 Hill, Bernd (2013): Bionik. Die Natur als Ideenschmiede. Weimar: Knabe
 Lautenschläger, Thea (2010): Bionik-Experimente für die Schule. Spannende Entdeckungen aus der Natur. Berlin: Duden
 Nachtigall, Werner (2001): Natur macht erfinderrisch. Das große Buch der Bionik. Ravensburger Buchverlag Otto Maier
 Schlitt, Christine (2012): Geniale Einfälle der Natur. Der Bionik auf der Spur. Reihe: Der Kinder-Brockhaus. Gütersloh/München: Brockhaus
 Zeuch, Martin/Belzer, Sigrid (2011): Science X, Bionik. Spannende und wissenschaftlich geprüfte Experimente. Ravensburger Spieleverlag

Danksagung

Herzlichen Dank an Thea Lautenschläger, die uns bei der Zusammenstellung der Bildkarten unterstützte.

Bildpaare und Quellen für Geschichten zu den Phänomenen und Erfindungen		
Analogiephänomene	Phänomene „Top-down“	Phänomene „Bottom-up“
Schnabel der Uferschnepfe – Pinzette Belzer 2010, S. 21; Nachtigall 2001, S. 9	Katzenpfote – Autoreifen Conti-PremiumContact™ * Belzer 2010, S. 21	Flossenstrahl – Fin Ray Effect® Belzer 2010, S. 94 f., Lautenschläger 2010, S. 17
Adlerkrallen – Polypengreifer eines Umschlagbaggers Schlitt 2012, S. 66 f.	Pflanzliche Dornen – Stacheldraht Schlitt 2012, S. 38	Eisbärenfell – Wärmedämmung Belzer 2010, S. 296 f.
Tintenfisch – Saugnapf Belzer 2010, S. 20	Zanonia-Samen – Fluggleiter „Etrich-Rumpfler Taube“ Belzer 2010, S. 54 f.	Nebeltrinkerkäfer – Nebelnetze Belzer 2010, S. 321 f.
Kiefernanzangen des Ameisenlöwen – Zange Schlitt 2012, S. 14 f.	Storchenflügel – Gleitflieger von Lilienthal Belzer 2010, S. 50 f.; Hill 2002, S. 3	Sonnenblume – Technischer Pflanzenhalm Belzer 2010, S. 254 f., Lautenschläger 2014 (in diesem Heft)
Entenfuß – Taucherflosse 	Mohnkapsel – Salzstreuer 	Lotusblüte – Lotusan® 
Libelle – Hubschrauber 	Riesenseerose – Kristallpalast von Paxton 	Klette – Klettverschluss 
Maulwurf – Baggerschaufel 	Eselspinguin, Kofferrisch – Mercedes Benz „Bionic-Car“® 	Blattaderung – Solarabsorber FracTherm® 
Löwenzahn – Fallschirm 	Speck/Boblan 2014 u. Nachtigall 2014 (in diesem Heft); Belzer 2010, S. 82 f.	Speck/Speck/Neinhuis/Bargel 2012, S. 108 f.
Radula der Schnecke – Küchenreibe 	* Dieses Reifenmodell wird heute nicht mehr produziert.	
	Delfin – Schiffsbug  Zeuch/Belzer 2011, S. 23	 = Materialpaket

Fotos (S. 11–12): Uferschnepfe: beermedia, Ameisenlöwe: Fotofreakdgy, Zange: M. Buehner, Adler: sekarib, Polypengreifer: thongsee, Oktopus: M. Wächter, Saugnapf: Kowalewski, Stacheldraht: 3dmentat, Fisch: Milk Man, Storch: wvf1710, Gleitflieger: Ericos, Eisbär: andreaanta (alle: Fotolia.com), Katze, Dornen, Sonnenblume: alle P. Druschky, Autoreifen: Continental AG, Samen: S. Zornaflickr.com, Etrich-Rumpfler: Etrich-Rumpfler.com, ...

