



Begleitmaterialien zum Film für den Unterricht

Bionik | Die verborgenen Vorbilder der Natur



Konferenz der Landesfilmdienste
in der Bundesrepublik Deutschland e. V.



Impressum

- *Herausgeber:*
Konferenz der Landesfilmdienste
in der Bundesrepublik Deutschland e. V.
V.i.S.d.P. Heinz-Joachim Herrmann
- *Anschrift:*
Rheinalle 59
53173 Bonn
Fon 02 28.35 50 02
Fax 02 28.35 82 69
info@landesfilmdienste.de
www.landesfilmdienste.de
- *Konzept:*
Pädagogisch-didaktischer Arbeitskreis der
Konferenz der Landesfilmdienste in der
Bundesrepublik Deutschland e. V.
- *Redaktion:*
Angela Hogrebe
Beate Annas
Marko Junghänel
Heinz-Joachim Herrmann
- *Layout + Satz/Gesamtkoordination:*
Büro für Öffentlichkeitsarbeit, Marko Junghänel
www.marko-junghaenel.de
- *Bildnachweis:*
- Bundesministerium für Bildung und Forschung
- pixelio.de
- *Stand:*
Januar 2008

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

„Die Möglichkeit, vom Leben zu lernen und dieses Wissen in Produkte und Verfahren umzusetzen, die dem Wohl unserer Gesellschaft und unserer Umwelt dienen, müssen wir mit Nachdenklichkeit aber auch vorausschauend und mit Tatkraft nutzen.“

aus: „Innovationen aus der Natur“, Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.), 2005, www.bmbf.de

■ Faszination Natur. Auch nach Jahrtausenden der Evolution überrascht sie uns fast täglich neu. Auf den ersten Blick sind es oft nur unscheinbare Phänomene und Rätsel, die Flora und Fauna der Wissenschaft aufgeben. Aber in der Regel steckt viel mehr dahinter und die Natur wird zum Lehrmeister für Ingenieure, Physiker oder Mathematiker.

Und: Lernen von der Natur. Das ist ein Leitgedanke der Bionik, einer Kombination der Begriffe Biologie und Technik. Immer wieder neu zeigt uns die Natur, dass sie ihre Ziele mit einem Minimum an Energie erreicht – beispielsweise bei der vollständigen Rückführung von Abfällen in den natürlichen Kreislauf. Diesen Erfahrungsschatz gilt es für den Menschen zu nutzen. Um sich das daraus ergebende hohe Innovationspotenzial zu erschließen, hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung das Bionik-Netzwerk BIONIK eingerichtet und fördert Forschungsansätze im Rahmen des Ideenwettbewerbs „BIONIK – Innovationen aus der Natur“.

Teil der Konzeption des BMBF ist deshalb auch die filmische Aufbereitung des Themas Bionik für die schulische und außerschulische Jugend- und Erwachsenenbildung. Mit der Konferenz der Landesfilmdienste steht ein leistungsfähiger Partner zur Verfügung, der die multimediale Präsentation der Filme, die Ergänzungen der audio-visuellen Medien mit pädagogischen und didaktischen Arbeitshilfen sowie die bundesweite Distribution dieser Materialien garantiert.



Die Konferenz der Landesfilmdienste ist auf diesem Weg Partner der Wahl. Wir dürfen Ihnen heute diese Handreichung übergeben und wünschen Ihnen bei Ihrer verantwortungsvollen Arbeit viel Freude und Erfolg.

Alle, die Bionik in verschiedene Bildungskontexte einbinden wollen, möchte ich zu ihrem Vorhaben ermutigen. Gemeinsam können wir diese Herausforderungen meistern; die ab sofort verfügbaren Materialien des BMBF sollen dazu einen wertvollen Beitrag leisten.

Heinz-Joachim Herrmann
Geschäftsführer Konferenz der Landesfilmdienste
in der Bundesrepublik Deutschland e. V.

Vorwort

Heinz-Joachim Herrmann, Geschäftsführer Konferenz der Landesfilmdienste e. V. 3

Einleitung

Was ist Bionik? Stellenwert in Wissenschaft und Gesellschaft 5

Bionik – Methodisch-didaktischer Kommentar

Stellenwert im schulischen Unterricht 7

Lernziele 8

Themen 9

Bionik – Innovationen aus der Natur (Filminhaltsanalyse)

Exemplarischer Ansatz: Der Sandskink 10

Exemplarischer Ansatz: Die Wasserjagdspinne 13

Exemplarischer Ansatz: Selbstschärfende Nagetierzähne 15

Literatur und Web-Links

Literatur- und Linksammlung zum Thema Bionik 17

Bausteine für den Unterricht – Verlaufsskizzen

Verlaufsmodul 1: Was ist Bionik? 18

Verlaufsmodul 2: Der Sandskink 19

Verlaufsmodul 3: Die Wasserjagdspinne 21

Verlaufsmodul 4: Selbstschärfende Nagetierzähne 22

Verlaufsmodul 5: Biologie und Technik – Teamwork oder Konflikt? 23

Kopiervorlagen

Bionik, Einführung und Definition, Arbeitsblatt 1, Teil 1 24

Bionik, Einführung und Definition, Arbeitsblatt 1, Teil 2 25

Der schwimmende Wüstensandfisch: Sandskink, Arbeitsblatt 2, Teil 1 26

Der schwimmende Wüstensandfisch: Sandskink, Arbeitsblatt 2, Teil 2 27

Die Wasserjagdspinne: Tauchen, ohne nass zu werden, Arbeitsblatt 3, Teil 1 28

Die Wasserjagdspinne: Tauchen, ohne nass zu werden, Arbeitsblatt 3, Teil 2 29

Die Wasserjagdspinne: Tauchen, ohne nass zu werden, Arbeitsblatt 3, Teil 3 30

Selbstschärfende Schneidezähne, Arbeitsblatt 4, Teil 1 31

Selbstschärfende Schneidezähne, Arbeitsblatt 4, Teil 2 32

Folie für den Unterricht: Der bionische Handlungsprozess 33

Notizen

. 34

Was ist Bionik?

Der Begriff Bionik ist eine Zusammensetzung der Begriffe Biologie und Technik. Er verdeutlicht, worum es geht: Die Entschlüsselung von Erfindungen der belebten Natur und ihre innovative Umsetzung in die Technik.

Biologische Systeme zeigen häufig den Erfordernissen ihrer Umwelt entsprechend hoch effiziente Lösungen für technische Probleme, die mit einem Optimum an Energie und Material erreicht werden. Entstehende Stoffe werden nahezu vollständig in den Kreislauf zurückgeführt. Beispiele für Anwendungsmöglichkeiten „natürlicher“ Erfindungen in der Technik gibt es bereits vielfach: natürliche Klebstoffe, umweltfreundliche Frostschutzmittel oder Wassergewinnung aus der Luft.

Geprägt wurde der Begriff „Bionik“ vom Amerikaner J. E. Steele im Jahre 1969 auf einem Kongress in Dayton/Ohio. Gemeint war sinngemäß das „Lernen aus der Natur für die Technik“. Dieser Begriff war zwar neu, jedoch bezeichnet er einen Ansatz, für den es in der Geschichte der letzten Jahrhunderte zahlreiche Beispiele gibt. Eines der bekanntesten Beispiele geht auf Leonardo da Vinci zurück, der bereits im 16. Jahrhundert den Flügelschlag der Vögel untersucht und danach Schlagflügel empfohlen und skizziert hatte, um auch Menschen das Fliegen zu ermöglichen. 1894 gelang Otto Lilienthal nach dreijährigen Flugerprobungen mit Gleitflugmodellen die technische Umsetzung nach dem Vorbild der Natur. So zieht sich seit dem 16. Jahrhundert bis in unsere Zeit eine Kette von Versuchen, den Weg der „Bionik“ zu gehen. Nicht immer führten diese Versuche zu einem direkten Erfolg: Ein bloßes



Kopieren der Natur ist dabei in der Regel wenig sinnvoll. Vielmehr dient die Natur zur Anregung technologisch eigenständiger Entwicklungen. Die Bionik nutzt das große Repertoire an Erfindungen in der belebten Natur, um durch gezielte Übertragung von Strukturen, Konstruktionsprinzipien oder Funktions- und Verfahrensweisen zur Verbesserung der Lösung technischer Aufgaben zu finden. Dabei bietet die in der Evolution der biologischen Systeme erfolgte Optimierung auf Ressourcen- und Energieeffizienz die Chance für mehr Nachhaltigkeit in der Wirtschaft.

Es geht darum, dieses Potenzial der natürlichen Vorbilder für sowohl ökologisch nachhaltige als auch wettbewerbsfähige Produkte und Technologien zu erschließen. Die Bionik umfasst eine Vielzahl von Fachrichtungen. Im Folgenden werden einige der großen Gebiete der Bionik kurz erläutert:

- **Konstruktions- und Struktur-Bionik** untersuchen biologische Konstruktionen, Strukturelemente und Formbildungsprozesse hinsichtlich ihrer Eignung für spezielle Zwecke.

Bionik wird künftig einen noch weit höheren Stellenwert in Wissenschaft und Gesellschaft haben

- In der Material-Bionik führt das Studium biologischer Materialien zur Entwicklung neuartiger Werkstoffe und speziell in der Bau-Bionik zu innovativen Lösungen.
- In der Verfahrens-Bionik werden Abläufe und Steuerungen komplexer biologischer Prozesse hinsichtlich ihrer Transfermöglichkeiten in die Technik untersucht.

Weit fortgeschritten ist die Erforschung der Oberflächenstruktur natürlicher Systeme und deren Transfer zur Entwicklung entsprechender Materialien: Bekannt sind Beispiele wie das Selbstreinigungsprinzip beim „Lotus-Effekt“ und dessen Anwendung bei Fassadenfarben, Lacken oder Textilien.

Schon der Begriff „Bionik“ weist auf den interdisziplinären Ansatz hin: Erkenntnisse, Forschungsergebnisse, Analysemethoden aller naturwissenschaftlichen Disziplinen finden in den bionischen Denk- und Handlungsprozess Eingang.

Die Anwendungsgebiete der Bionik sind vielfältig. Beispiel Herstellung künstlicher Kristalle



¹ „Innovationen aus der Natur“, Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.), 2005, www.bmbf.de

Das enorme Innovationspotenzial der Bionik ist unbestritten. Zudem gilt das Arbeiten mit der Natur – und nicht gegen sie – als unbedingtes Postulat der Zukunft. Denn die Natur hält für eine Vielzahl von Problemen und Fragestellungen Lösungen bereit. Voraussetzung für deren Nutzung in Wissenschaft und Forschung sind die Fähigkeit und der Wille der Forscher und Wissenschaftler, über ihren jeweils eigenen Fachbereich hinaus zu schauen. Kommunikation und Vernetzung über enge Fachgrenzen hinweg ist notwendig. Die Bundesregierung fördert die junge Wissenschaftsdisziplin mit dem Ideenwettbewerb „Bionik“. Im Fördermaßnahmenkatalog des Bundesministeriums für Bildung und Forschung heißt es dazu:

„Ziel des Ideenwettbewerbs ‘Bionik – Innovationen aus der Natur’ ist es, in Machbarkeitsstudien die Anwendungspotenziale bionischer Lösungen und Möglichkeiten der technischen Umsetzung aufzuzeigen. Mit dem Ideenwettbewerb soll die Lücke zwischen Grundlagenforschung und marktnaher Forschung und Entwicklung geschlossen werden. An der technischen Umsetzung der kreativen Ideen arbeiten zumeist Nachwuchswissenschaftler aus unterschiedlichen Disziplinen zusammen: Aus der Botanik, Zoologie, Mikrobiologie, Molekularbiologie und Ingenieurwissenschaften wie Werkstoffkunde, Verfahrenstechnik und Elektronik bis hin zu Mathematik, Physik und Informatik.“¹

Dem hohen Zukunftspotenzial der Bionik entspricht die Forderung, ihren Ansatz verstärkt in schulische und außerschulische Bildung einzubringen. Die Bionik bietet mithin ausgezeichnete Chancen, zukunftsorientierte Lernziele, wie vernetztes Lernen, Denken, Handeln und Kommunizieren, fächerübergreifend zu erreichen. ■

Bionik – Methodisch-didaktischer Kommentar

„Damit die Bionik ihr großes Innovationspotenzial entfalten kann, bedarf es hierfür der Qualifikation und Akzeptanz der Menschen. Die Bionik muss ihren Weg deshalb auch in die Ausbildung finden; Technik greifbar und begreifbar machen, für die Faszination natur- und ingenieurwissenschaftlicher Forschung begeistern, das Interesse an technischen Berufen wecken und gerade auch Jugendliche dazu anregen, sich auf Entdeckungsreise durch die spannende Welt der Bionik zu begeben.“ (aus: „Innovationen aus der Natur – Förderkonzept Bionik“, Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.), 2005, S. 13)

Stellenwert im schulischen Unterricht

Die Biotechnologie und damit auch die Bionik gelten unbestritten als die Zukunftsbranchen schlechthin. Das begonnene Jahrhundert wird vielfach schon das Jahrhundert der Biotechnologie genannt. Umso dringlicher ist es, dass die Inhalte dieser Thematik Eingang finden in den Unterricht der Schulen, um so Jugendliche beizeiten mit den hoch interessanten Vorgängen in dieser neuen Branche bekannt zu machen. Die Bionik als interdisziplinäre Wissenschaft fördert mithin beim Lernenden die Heranbildung vernetzter komplexer Denk- und Handlungsweisen. Da es sich bei dem Gebiet der **Bionik** um einen fächerübergreifenden Themenkomplex handelt und somit eine Vielzahl von Fachrichtungen berührt werden, wird der Eingang der neuen Forschungsrichtung in die schulischen Lernprozesse häufig erschwert.

Mit den vorliegenden Modulen für den Unterricht soll ein Einstieg in die Thematik Bionik ermöglicht werden. Zielgruppen sind Schüler der Sekundarstufe I und II. Die Themenauswahl orientiert sich dabei an der Videodokumentation „Bionik – Die verborgenen Vorbilder der Natur“, herausgegeben

vom Bundesministerium für Bildung und Forschung. Die Dokumentation stellt drei Beispiele vor, die im Rahmen des Ideenwettbewerbs „Bionik – Innovationen aus der Natur“ gefördert werden:

- Wie schafft es der **Sandskink (Sandfisch)**, durch den Sand in der Sahara zu schwimmen? (Verminderung von Reibungswiderstand von Materialien)
- Wie schafft es die **Wasserjagdspinne**, zu tauchen und zu schwimmen, ohne nass zu werden? (Entwicklung schnell trocknender Materialien)
- Warum werden **Nagetierzähne** nie stumpf? (Entwicklung selbstschärfender Zerkleinerungswerkzeuge für die industrielle Produktion)

Die **Filmpräsentation** bietet den geeigneten Einstieg in die Thematik. Die audiovisuelle Präsentation von Inhalten motiviert und unterstützt nachweislich optimal den Aneignungsprozess. Wichtig ist hierbei eine anschließende selbsttätige, aktive, vertiefende Aneignung der Informationen. Arbeitstexte, Aufgabenblätter, Vorlagen für schematische Darstellungen, weiterführende Hinweise auf Links im Internet geben Hilfestellung zur vertiefenden Auseinandersetzung.

Der vorliegende Film ist für den Einstieg außerordentlich gut geeignet, weil er drei exemplarische Ansätze der Bionik dokumentiert. Der bionische Handlungsprozess wird in seinen einzelnen Schrittfolgen sehr deutlich und kann so nachvollzogen werden.

Die vorliegenden **Kopiervorlagen/Arbeitsblätter (ab S. 24)** sind mit unterschiedlichen Schwerpunkten je nach Lernvoraussetzungen, Kontext und Fach einsetzbar. Empfohlene Zielgruppen der Unterrichtseinheit sind Schüler der Sek I (ab 10. Klasse) und der Sek II an Gymnasien und Fachoberschulen.

Didaktische fächerübergreifende Grobzielsetzung

- sachlich-fachlich-inhaltliche Kompetenz: Fähigkeit Informationen, Kenntnisse strukturiert und selbsttätig anzueignen
- methodische Kompetenz: Infos recherchieren, einordnen, strukturieren, interpretieren, in Sachzusammenhänge stellen, präsentieren
- Sozialkompetenz: Fähigkeit in Gruppen zu arbeiten, sich kompromissbereit zu zeigen, Hilfestellung zu geben

Inhaltliche Zielsetzung der Gesamteinheit

- Definitionen des Begriffs Bionik kennen, verstehen, erläutern können
- Vorbildcharakter der Natur verstehen, anerkennen, respektieren

- die Struktur des bionischen Forschungsansatzes verstehen, nachvollziehen und erklären können
- Versuchsanordnungen nachvollziehen
- für weitere Auseinandersetzung mit der Thematik motiviert sein
- die vorgestellten Forschungsansätze präsentieren können
- geschichtliche Beispiele für Bionik kennen
- einzelne Methoden der Analyse beschreiben können
- die Bedeutung technischer Hilfsmittel einschätzen können
- gezielte Recherchen zum Thema im Internet anstellen und strukturieren
- die Probleme des Transferprozesses verstehen und reflektieren
- wissen, dass in der Bionik eine Vielzahl verschiedener Fachrichtungen beteiligt ist sowie die Notwendigkeit der fächerübergreifenden Kommunikation erkennen und einschätzen können
- die Vorteile der Bionik reflektieren im Hinblick auf: Umweltschutz, Energieersparnis, Wirtschaft, Forschungsansätze, Technik

Aus den bisherigen Überlegungen ergeben sich folgende Themen für den Unterricht

- Was ist Bionik? – Begriffsklärung – Geschichtliches zur Bionik
- der bionische Handlungsprozess (Strukturschema): Problem – Suche nach biologischen Vorbildern – Versuchsanordnung – Analyse – Abstraktion der Lösungsprinzipien – Anwendung/Transfer
- Prof. Dr. Rechenberg: Der Sandskink – ein schwimmender Sandfisch
- Dipl.-Biol. Cerman/Prof. Striffler: Die Wasserjagdspinne: Tauchen, ohne nass zu werden
- Dipl.-Ing. Rechberger/Dipl.-Ing. Bertling: Selbstschärfende Nagetierzähne
- Ist die Natur immer schon weiter?
- Hat die Bionik Zukunft? Auseinandersetzung mit kontroversen Stellungnahmen (Artikel aus der Zeitschrift „Bionik – Versöhnung oder Konflikt von Biologie

und Technik“, in: „Das Naturhistorische“, Nr. 6/2001, Download unter www.biokon.net/bionik/links.html)

Alternativ zu den vorgestellten Verlaufsmodulen können die drei dokumentierten Projekte parallel in Kleingruppen bearbeitet werden. Statt der jeweiligen Besprechung der Arbeitsergebnisse im Klassenverband könnten die Arbeitsergebnisse zu einer Power-Point-Präsentation zusammengestellt werden. Diese kann am Ende der Bearbeitungsphase vorgestellt werden, sodass alle Kleingruppen mit den Inhalten bekannt werden.

Vorteil dieser Vorgehensweise wäre die Eigenständigkeit der Bearbeitung des Themas, die durch den Unterrichtenden zwar begleitet und via Arbeitsblätter gelenkt wird, jedoch eine weitgehende Autonomie des Aneignungsprozesses gewährleistet.

Günstig ist es, wenn den Arbeitsgruppen je ein PC zur Verfügung steht, sodass einerseits der Film vorgehalten werden kann (siehe Streaming-Portal der Landesfilmdienste unter www.landesfilmdienste.de), andererseits die Recherchetätigkeit im Internet ermöglicht wird. ■

Leonardo da Vinci hatte bereits im 16. Jahrhundert den Schlag der Flügel von Vögeln untersucht. Noch heute ziehen Wissenschaftler Erkenntnisse aus dieser Versuchsanordnung





Leitende Fragestellung bei der technischen Weiterentwicklung von Schiffen und Flugzeugen ist die Möglichkeit der Verminderung des Reibungswiderstands, denn Reibung bedeutet Energie- und Materialverlust. Diese Fragestellung war Ausgangspunkt der Forschungen Rechenbergs. Sie führte ihn seit 1982 in die Wüste Erg Chebbi am Rande der Sahara (Marokko), da diese Umgebung die darin lebenden Organismen zu konsequenter Material- und Energieeffizienz nötigt.

Ziel seiner Reisen in die marokkanische Sahara war, Wasserstoff erzeugende Bakterien zu erforschen. Immer wieder hatten ihm dabei befreundete Nomaden einen **Sandskink** (ugs.: Sandfisch) gezeigt. Möglicherweise lag es an der besonderen Eigenart des Sandfisches, sich vorwiegend unter Sand zu bewegen, dass Rechenberg erst im Jahre 2000 auf die „schwimmende“ Eidechse aufmerksam wurde. Es ist nicht einfach, dieses kleine Tier zu entdecken: Immer ist es nur ein kurzes Aufblitzen. Die Forscher waren immer wieder von der glatten, glänzenden Haut fasziniert. Somit hatte Rechenberg die Idee: Die Evolution musste etwas hervorgebracht haben, das die **Reibung** des Sandfisches **minimiert**.

„Schwimmt“ der Sandfisch wirklich unter dem Sand? Wenn ja, wie ist dann die Oberfläche dieses Lebewesens beschaffen? Einen ersten Versuch unternahm Rechenberg, indem er eine Vorrichtung baute, um das Verhalten des Sandfisches unter dem Sand zu erforschen. Er konstruierte eine künstliche „Untersand-Rennstrecke“. Dazu füllte er ein Rohr mit Sand. Beide Enden des Rohrs mündeten in einer mit Sand gefüllten Kiste. Nun setzte Rechenberg einen Sandfisch in eine der beiden Kisten. Das Tier vergrub sich und

Der Sandskink: Sein Leben gleicht einem Dauerpeeling, dennoch nimmt seine Haut keinen Schaden



Der Sandskink (Sandfisch)

Prof. Dr. Ingo Rechenberg und Abdullah Regabi El Khyari

Für Prof. Dr. Rechenberg wurde 1973 an der Technischen Universität Berlin einer der ersten Lehrstühle für Bionik eingerichtet. Als studierter Flugzeugbauer interessierte sich Rechenberg seit jeher für die Vorbilder, die die Natur der Technik zur Verfügung stellt. Denn die Evolution hat im Laufe ihrer Entwicklung eine Vielzahl von Techniken zur Beherrschung der Lüfte hervorgebracht. Letztlich geht die Entwicklung von Flugzeugen mit Flügeln, Rumpf und Leitwerk auf ihre Konstruktionen zurück.

nur wenig später tauchte es in der gegenüberliegenden Kiste auf. Der Sandfisch „schwimmt“ also tatsächlich durch den Sand.

Im nächsten Schritt galt es, die Struktur der schuppigen Haut des Tiers zu analysieren. These: Nur eine extrem glatte Oberfläche ist in der Lage, die Festkörperreibung des Sandes herabzusetzen. Und tatsächlich: Die Oberfläche der Sandfisch-Haut sieht aus wie poliert.

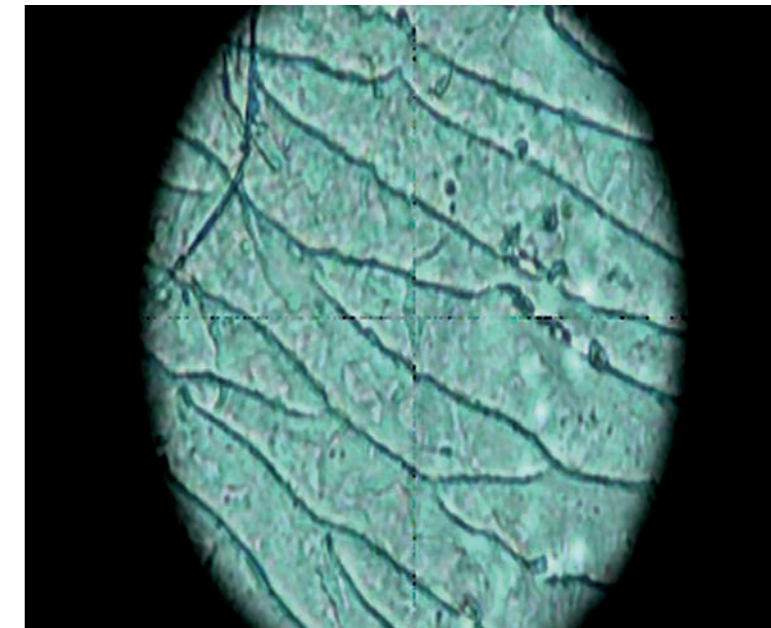
In der Wüste Erg Chebbi wurden im Sommer 2000 **erste Reibungsmessungen** an Sandfischen durchgeführt. Leitgedanke für die Konstruktion eines Gleitreibungsmessers für Sand war eine Sanduhr. Aus einem Glasbehälter mit ausgezogener Kanüle fließt ein feiner Sandstrahl auf eine geneigte Ebene mit einer Sandfisch-Haut. Ist der Neigungswinkel groß, wird der Sand weiterrutschen. Der Winkel, bei dem das Rutschen stoppt, ist der **Gleitreibungswinkel** (Reibungszahl). Je kleiner der Winkel, desto glatter die Oberfläche.

Für betäubte und tote Sandfische ergab sich ein Gleitreibungswinkel von 21°. In derselben Versuchsreihe wurde für hoch polierten Stahl 25°, für Glas 28° und für Nylon 30° gemessen. Das überraschende Ergebnis: Aus der Biologie stammt die Lösung mit der geringsten Reibung. Der Sandfisch besitzt eine extrem glatte Haut. Mit ihrer Hilfe kann die Eidechse reibungsarm durch die Wüste „schwimmen“.

Um den dauerhaften Glanz der Echsenshaut zu enträtseln, konstruierte Rechenberg mit Kollegen eine Apparatur, mit der sie den Abrieb der Sandskinkhaut mit anderen Materialien vergleichen konnten. Sie füllten

Wüstensand in einen großen Trichter und leiteten ihn mit einer Düse auf die Haut. Zehn Stunden lang wurde das Präparat auf diese Weise behandelt, ohne auch nur die Spur eines Kratzers davonzutragen. Glas- und Stahlplatten schnitten weniger gut ab: deutlich waren darauf Abriebspuren zu erkennen. Dieser enormen Widerstandsfähigkeit verdankt der Sandfisch sein reibungsarmes Gleiten. Eine Oberfläche mit geringem Abrieb ist zugleich eine Oberfläche mit geringer Reibung. Um zu ergründen, wie sich das Tier gegen die kratzenden Sandkörner schützt, untersuchten die Forscher in einem nächsten Schritt die Haut genauer.

Was Rechenberg und sein Assistent im **Elektronen-Rastermikroskop** entdeckten, überraschte: Die Schuppenhaut des Wüstensandfisches ist nicht etwa glatt, sondern von winzigen Schwellen (**Graten**) überzogen, die quer zur Bewegungsrichtung verlaufen.



Reibungsarme und abriebresistente Haut des Sandskinks (Sandfisch)

Allerdings gleitet jedes Sandkorn gleichzeitig über etwa 100 Schwellen. Es muss also nicht an jeder Schwelle angehoben werden.

Vor allem die Nachgiebigkeit der Schwellen schützt die Sandfischhaut vor Abrieb. Der erste Kontakt eines Sandkorns mit der Schuppe beginnt mit einer Punktberührung. Die punktuelle Belastung würde zu einer Oberflächenzerstörung führen. Die Nachgiebigkeit der Schwellen **verteilt die Last** des Sandkorns auf viele Punkte. Die Schwellen ergeben – ähnlich wie bei Eisenbahnschienen – eine optimale Krafterleitung in den weicheren Untergrund.

Und noch eine weitere Besonderheit weist die Echse auf: Rund einen Kilometer läuft der Sandfisch jeden Tag durch die Wüste, um Futter zu suchen. Wer schon einmal mit Gummischuhen über einen rauen Teppich gelaufen ist, kann sich vorstellen, dass die Schuppenhaut des kleinen Flitzers regelrecht aufgeladen ist. Damit die Sandkörner durch die elektrostatische Aufladung nicht an ihm festkleben und damit die Reibung erhöhen, dienen „Spikes“ auf den Schwellen des Sandfischrückens als eine Art Blitzableiter.

Von Eigenschaften wie diesen konnten Ingenieure bei bisherigen Materialentwicklungen nur träumen. Und so haben Rechenberg und seine Kollegen bereits mit dem Aufbau einer synthetischen Sandfischhaut begonnen. Eine Reihe von Unternehmen und Instituten konnten dafür schon als Partner gewonnen werden.

Anwendungsmöglichkeiten für diese Entdeckungen existieren viele. So könnte eine solche Haut beispielsweise als Auskleidung von Pneumatikzylindern dienen, wie sie in Baggern eingesetzt werden. Und auch als verschleißfreie Oberfläche von Mehrweg-Plastikflaschen kann sich Rechenberg seine Entwicklung vorstellen. Dass Bedarf daran besteht, steht für ihn außer Frage: „Zwei bis fünf Prozent des jährlichen Bruttosozialprodukts der Bundesrepublik werden durch Reibung und Verschleiß verschwendet.“

2005 gehörte Rechenberg mit zu den Gewinnern des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung ausgeschriebenen Bionik-Wettbewerbs. ■



Unter dem Mikroskop entdecken die Forscher: Für den geringen Reibungswiderstand sind winzige Grate an der Hautoberfläche verantwortlich



Die Wasserjagdspinne: Tauchen, ohne nass zu werden

Untersuchung superhydrophober Oberflächen in der Arbeitsgruppe „Bionik“ am Nees-Institut, Bonn

Einer der Forschungsschwerpunkte am Bonner Nees-Institut, das seit Jahrzehnten an der **Erforschung von Oberflächenstrukturen** natürlicher Organismen arbeitet und zu dessen Leistungen u. a. die Entdeckung und Erklärung des „**Lotus-Effektes**“ zählt, ist die Untersuchung superhydrophober Oberflächen; Oberflächen also, um die sich beim Eintauchen in Wasser eine stabile Lufthülle bildet, sodass diese nicht nass werden.

Der Natur ist es gelungen, Oberflächen zu entwickeln, die **unter Wasser** auch über längere Zeiträume hinweg **trocken** bleiben. Die Ergebnisse ihrer Studien zu diesem Phänomen belegen die Bonner Wissenschaftler an der **Wasserjagdspinne**.

Große Mengen an Energie gehen in der Schifffahrt durch den **Strömungswiderstand** verloren. Seit langem sind Konstrukteure auf der Suche nach Verfahren, die zur **Energieeinsparung** beitragen.

In diesem Themenbereich arbeiten auch Biologen an der Uni Bonn. Das Ziel dieser Wissenschaftsdisziplin und der Forschungs-

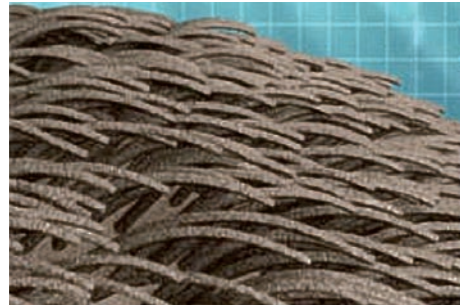
gruppe Bionik: in der Natur Anregungen für technische Lösungen zu finden. Ein Prinzip, die Reibung zu verringern, basiert auf Luft. Der Oberflächenwiderstand kann über entsprechende Luftschichten um bis zu 20 % verringert werden. Die Wissenschaftler entwickelten daraus eine Idee für ein Forschungsprojekt. Sie wollten nach Lebewesen suchen, die beim Eintauchen unter Wasser eine **Lufthülle** um sich **bilden** und halten können. In einem weiteren Schritt recherchierten sie in der einschlägigen Fachliteratur und fanden 3 Pflanzen- und 12 Insektenarten sowie 3 Wirbeltiere, die alle unter Wasser trocken bleiben. Alle Arten wurden untersucht. Das Problem dabei: Die sich bildende Luftschicht ist kaum erkennbar.

So konzentrierten sie ihre Studien auf die Wasserjagdspinne. Deren Luftschicht ist unter Wasser besonders gut erkennbar. Bei weiteren Untersuchungen widmeten sie sich vor allem der Oberflächenstruktur. Dabei bedienten sie sich eines modernen optischen Instrumentes – dem **Weißlichtsensor**.

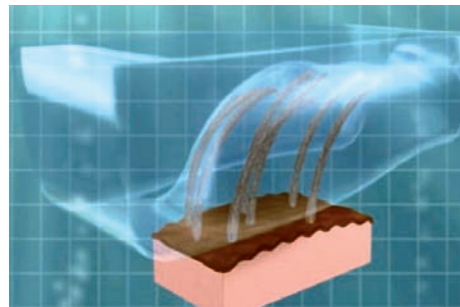
Zum Erstaunen der Wissenschaftler sind es fünf verschiedene Prinzipien, die für die besondere Eigenschaft unter Wasser verantwortlich sind.

Forscher möchten über das Verhalten der Wasserjagdspinne mehr herausfinden

1. Die Haare der Spinne sind sehr lang.



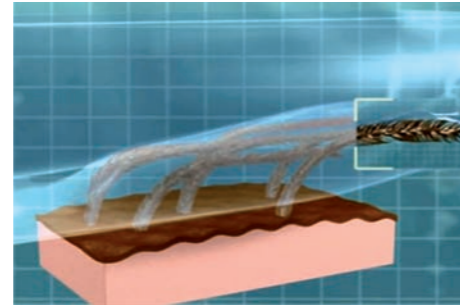
2. Diese Haare sind elastisch; so können sie dem Druck des Wassers ausweichen.



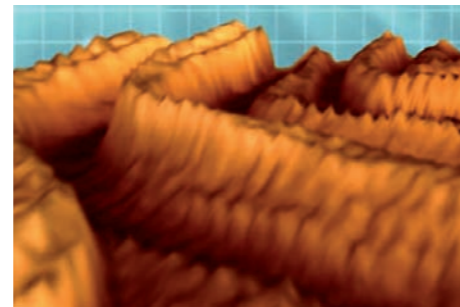
3. Die Haare sind so ausgerichtet, dass sich unter ihnen große Hohlräume bilden.



4. Die Oberfläche eines jeden einzelnen Haars besitzt eine noch feinere Struktur.



5. Durch die besonderen chemischen Eigenschaften sind die Haare wasserabweisend.



Überraschend für die Wissenschaftler: Die hohe Komplexität der Oberflächen. Diese Komplexität erschwert den ursprünglich geplanten Transfer (z. B. auf die Konstruktion von Schiffsrümpfen). Doch die Erkenntnisse werden bereits auf ihre Praxistauglichkeit geprüft. Beispiel Badeanzüge: Durch die Entwicklung luftbeschichteter Textilien konnten bereits Prototypen von Badeanzügen hergestellt werden, die auch nach vier Tagen unter Wasser noch trocken sind. Die Entwicklung entsprechender Materialien für Schiffsrümpfe hingegen wird noch einige Zeit in Anspruch nehmen. Die Forscher der Universität Bonn wurden mit ihrem Projekt 2005 beim Ideenwettbewerb des Bundesministeriums für Bildung und Forschung ausgezeichnet. ■

Selbstschärfende Nagetierzähne

Bei Produktion und Verarbeitung fast aller Dinge, die wir im täglichen Leben gebrauchen, spielen Schneidwerkzeuge eine Rolle. Das Problem stumpfer Messer ist alltäglich. Viel Zeit geht in industriellen Produktionsprozessen durch das Auswechseln von Klängen und Messern verloren. Stumpfe Messer richten somit einen enormen wirtschaftlichen Schaden an.

Vor diesem Problem standen Ingenieure des **Fraunhofer-Instituts UMSICHT/Oberhausen** 2005, als sie vom Bionik-Wettbewerb des Bundesministeriums für Bildung und Forschung hörten. Mit dem bionischen Ansatz hatte man sich vorher noch nicht beschäftigt. Sie planten die Teilnahme. Ihre Ausgangsfrage: Gibt es in der Natur analoge Lösungen für das Problem stumpfer Messer? Recherchen in biologischer Fachliteratur und im Internet führen zum Thema „**Nagetierzähne**“.

Die Zähne von Nagetieren bleiben ein Leben lang scharf. Messer mit dieser Eigenschaft wären weltweit eine Neuheit. Nächster Schritt war somit die Erforschung der besonderen Beschaffenheit von Nagetierzähnen, insbesondere Rattenzähnen. In Kooperation mit zwei Professoren der Zahnklinik Witten-Herdecke begann man die Arbeit am Projekt.

Ratten sind Allesfresser. Selbst durch Beton beißen sie sich notfalls durch. Dabei können sie permanent nagen, ohne dass ihre Zähne stumpf werden. Die Lösung liegt in der besonderen Beschaffenheit der Struktur der Zähne, wie die Untersuchung unter dem Elektronen-Rasterelektronenmikroskop ergab: Das

angenommene Prinzip „hart schneidet gut“ konnte widerlegt werden. Der Zahn einer Ratte besteht aus mehreren Materialien. Die Verbindung von unterschiedlich harten Materialien bewirkt ein regelmäßiges Nachschärfen der Rattenzähne.

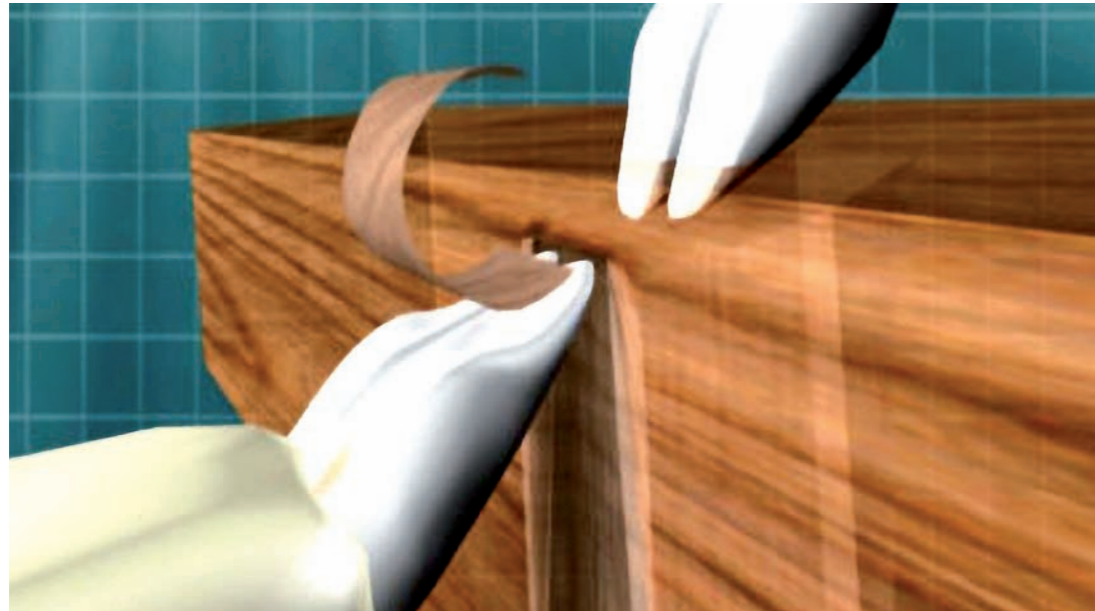
Der vordere gelbliche Schmelz (der eigentliche Zahnschmelz) ist härter als das dahinter liegende weiße Zahnbein (Dentin). Beim Nagen wird die weichere **Dentinschicht stärker als der Zahnschmelz** abgetragen, sodass an der Spitze immer eine scharfe „Klinge“ stehen bleibt. Diese verbleibende Oberkante ist durch den Abrieb der Dentinschicht permanent scharf. Dabei geht durchaus Material (Dentin) verloren. Aber das ist kein Problem: Der Zahn wächst bis zu 1 mm pro Tag nach.

Paläontologen, die sich u. a. mit der Evolution von Zähnen befassen, lieferten hierzu weitere Erkenntnisse. Denn es bleibt noch eine weitere Frage: Warum bricht die stehende bleibende Schicht des Nagetierzahns nicht? Die Antwort ergibt sich beim Blick unter das **Elektronen-Rasterelektronenmikroskop**: Die Schmelzschicht der Zähne zeigt eine nach allen Seiten hin verkeilte Feinstruktur.

Die hintere Schicht der Zähne besteht vorwiegend aus dem relativ weichen Material Dentin (rosa dargestellt)



Beim Nagen wird die weichere Dentinschicht stärker abgetragen, sodass an der Spitze immer eine scharfe „Klinge“ stehen bleibt



Wie aber können die erkannten Prinzipien auf die Technik übertragen werden? Bei dem Versuch, einen neuen Prototyp selbstschärfender Klingen in Schneidemühlen zu entwickeln, kommt es zu Problemen. Man hatte die Rotationsbewegung der Schneidemühle bei der Konstruktion falsch eingeschätzt.

Nach Bekanntwerden ihres Projekts kommt es seitens der Industrie zu einer Reihe von Angeboten. Die Ingenieure gehen mit einigen wenigen Partnern eine Kooperation ein und arbeiten weiter an ihrem Projekt. Einige Betriebe stellen Gummiprofile für die Automobilindustrie her. Hier musste die Produktion immer wieder gestoppt werden, um stumpf gewordene Messer auszutauschen. Erneut macht man sich an die Entwicklung eines Prototyps nach dem Vorbild der Nagetierzähne. Diesmal gelingt der Versuch. Die neuen Messer halten 30 Mal länger als die alten. Der zähe Grundkörper besteht aus

Hartmetall, einer Legierung aus **Wolframcarbid** und **Kobalt**. Seine Außenseite ist gewölbt und wie bei Nagetierzähnen mit einer glatten, etwa doppelt so harten mehrlagigen **Keramikschiicht** bedeckt, die im Wesentlichen aus Titanitrit besteht und durch Nanowerkstoffe verstärkt wird. Damit diese dünne Schicht beim Schneiden nicht vom Grundkörper abplatzt, härten die Forscher diese Schicht und erhöhen somit die Verbundwirkung zwischen beiden Werkstoffen.

Am 8. März 2005 zeichnete die damalige Bundesministerin Edelgard Bulmahn in der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften in Berlin sechs Siegerteams aus, darunter die findigen Oberhausener Forscher. Um die besten Ideen zur Technologiereife voranbringen zu können, erhalten die Siegerteams Projektfördermittel für die nächsten Jahre. ■

Literatur- und Linksammlung zum Thema Bionik

- www.biokon.net
- www.bionik.tu-berlin.de/institut/s2skink.html
- www.bionik-zentrum.de
- zur Geschichte der Bionik: www.bionik-zentrum.de
- BMBF; Förderkonzept Bionik, Innovationen aus der Natur, Bonn/Berlin 2005
- Kurt G. Blüchel, Fredmund Malik (Hrsg.); Faszination Bionik, Die Intelligenz der Schöpfung, St. Gallen, 2006
- Bernd Hill; Von der Natur Lernen, Unterricht Arbeit + Technik 10/2000, Heft mit Themenschwerpunkt Bionik im Unterricht, ISBN 3-617-28010-6, Friedrich Verlag GmbH, Postfach 100150, Seelze, 2000
- Bernd Hill; Lehrbuch Bionik – Lernen von der Natur, Schülerbuch, 2005, ISBN 978-3-8355-3018-8
- Bernd Hill; Erfinden mit der Natur, Funktionen und Strukturen biologischer Konstruktionen als Innovationspotential für die Technik, 1998
- Bernd Hill; Innovationsquelle Natur, Naturorientierte Innovationsstrategie für Entwicklung, Konstrukteure und Designer, 1997
- Bionik für Manager: Eine interessante Stellungnahme bietet folgendes Statement, www.bionik-zentrum.de

Hinweis: Die Inhalte der hier aufgeführten Internetseiten entsprechen dem Stand von Januar 2008.

Das Landgericht Hamburg hat entschieden, dass man durch die Ausbringung eines Links die Inhalte der gelinkten Seite ggf. mit zu verantworten hat. Dies kann – so das LG – nur dadurch verhindert werden, dass man sich ausdrücklich von diesen Inhalten distanziert.

Für fremde Inhalte anderer Autoren auf deren Internetseiten sind wir nicht verantwortlich und schließen daher jegliche Haftung für diese Inhalte aus.

Thema:

Was ist Bionik?

Schüler sollen mit dem Ansatz der Bionik bekannt gemacht werden.

Ziele:

- *motiviert sein, sich mit dem Thema zu beschäftigen*
- *verschiedene Definitionen im Internet recherchieren*
- *Informationen der Filmpräsentation auf der Basis gezielter Fragestellung strukturieren (Arbeitsblatt)*
- *Ergebnisse präsentieren können*
- *die Vorzüge des bionischen Ansatzes reflektieren*

Einstieg (ca. 10 Min.): Eventuell Vorwissen eruieren.

Erarbeitung (ca. 15 Min.): Die Schüler erhalten Gelegenheit, erste Einträge in das

Aufgabenblatt zu machen. Vertiefend kann – sofern die Ausrüstung der Schule es zulässt – im Internet recherchiert werden. Dem Aufgabenblatt sind entsprechende Web-Links beigelegt. Das Ausfüllen der Arbeitsblätter bzw. die Internetrecherche sollten in Partnerarbeit ausgeführt werden.

Filmpräsentation: Es bietet sich an, zunächst lediglich das Intro des Films „Bionik“ und den ersten Beitrag anzusehen, bevor die beiden weiteren Ansätze gezeigt werden (ca. 15 Min.). Die Schüler erhalten begleitend ein Aufgabenblatt (Arbeitsblatt 1, Teil 1+2), der Film wird nach ca. 12 Min. angehalten.

Festigung (ca. 20 Min.): Im Unterrichtsgespräch/Plenum werden die Ergebnisse festgehalten bzw. besprochen. Welche Vorteile bietet die Vorgehensweise der Bionik gemessen an den „eigenen Wegen der Ingenieure/Techniker und Konstrukteure“, von denen der Film spricht? Welche Haltung zur Natur zeigt der Ansatz? Welche Konsequenzen hat ein Ansatz, der die Natur bei ihren Konstruktionen missachtet? Beispiele.

Die Ergebnisse werden auf Tageslichtschreiber oder Folie festgehalten.

Was ist Bionik? Transfer von Erkenntnissen aus der Natur auf technische Problemstellungen. (o. ä., je nach Ergebnissen), Suche nach Vorbildern in der Natur zwecks Übertragung auf technische Lösungen, Beispiele analoger Erfindungen: Wärmesinn der Klapperschlange – Infrarot, Fledermaus – Echolot, Vögel – Magnetsinn ...

Vorteil: Arbeiten mit der Natur – nicht gegen sie. ■

Klapperschlangen haben einen Wärmesinn. Infrarot-Sensorik war also schon eine ganz frühe Errungenschaft der Natur



Thema:

Der Sandskink

Der schwimmende „Sandfisch“ – Das Geheimnis des Sandskinks; der Ansatz von Prof. Dr. Ingo Rechenberg und Abdullah Regabi El Khyari.

Ziele:

- *darüber informiert sein, dass es die Bionik als Wissenschaftsdisziplin noch nicht sehr lange gibt*
- *den bionischen Handlungsverlauf beschreiben können und als Schema erkennen*
- *vom vielfältigen Tun des Bionikers fasziniert sein*
- *staunen können angesichts des Erfindungsreichtums der Natur*
- *das Zusammenspiel technischer Entwicklungen der Neuzeit (Elektronen-Rastermikroskop) und biologischen Forschens erkennen*
- *den Versuch Rechenbergs zum Ermitteln des Reibungswiderstands (Sandstrahl-Oberflächenwinkel) nachvollziehen können, beschreiben können und auf die notwendige Kreativität des bionischen Tuns schließen*
- *erfahren, dass für den Bioniker nicht nur die fertigen Lösungen der Natur interessant sind, sondern auch der evolutionäre Entwicklungsprozess*

Einstieg: Anknüpfung an die vorige Stunde (ca. 5 Min.), Unterrichtsgespräch (5–7 Min.), Ergebnisse des Verlaufsmoduls 1 werden in einem kurzen Unterrichtsgespräch gesammelt, Thema: Text zur Historie bionischer Vorläufer (www.biokon.net).

Erarbeitung: Einen der ersten Lehrstühle an einer Universität bekam Prof. Dr. Rechenberg an der Technischen Universität Berlin. Mit seinen Studien zum Sandskink, dem schwimmenden Sandfisch, war Rechenberg zusammen mit seinem Assistenten Abdullah Regabi El Khyari einer der Preisträger beim Ideenwettbewerb Bionik 2005.

Filmpräsentation (ca. 7 Min.): 1. Beitrag des Films „Bionik – Die verborgenen Vorbilder der Natur“, Titel: „Der Sandskink“. Vor der Filmpräsentation erhalten die Schüler ein Arbeitsblatt mit filmbegleitenden Fragen und Aufgaben. Sie werden gebeten, sich die Aufgabenstellungen vor Ablauf des Films anzusehen, damit sie die Inhalte gezielt aufnehmen (Arbeitsblatt 2, Teil 1+2). Im Anschluss an die Filmpräsentation erhalten die Schüler zunächst Gelegenheit, sich spontan zu äußern, unbekannte Begriffe zu erfragen, evtl. emotionale Einstellung zum Forschen des Bionikers zu äußern. Bearbeitungszeit: 15–20 Min., Partner- oder Gruppenarbeit.

Festigung: (30 Min.): Auf einer Projektorfolie ist das Schema des Forschungsprozesses unbeschriftet vorbereitet. Die Beschriftung des Schemas wird, auf der Grundlage des bearbeiteten Aufgabenblatts, gemeinsam im Plenum vorgenommen und besprochen.

1. *Problemstellung/Forschungsintention*
2. *Objektsuche in der Natur*
3. *verschiedene Erkenntnisschritte/
Untersuchungsmethoden = Analyse*
4. *Abstraktion der Erkenntnisse, Formulierung der Prinzipien bzw. Abstraktion der Entwicklungsstruktur einer „natürlichen Lösung“*
5. *Transfer der Prinzipien auf technische Konstruktionen*

Vertiefung: Alternatives Experiment, Nachbau zum Nachweis des Reibungswiderstands, Schüler entwerfen selbst Vorschläge, wie das Experiment durchgeführt werden könnte, erstellen eine Materialliste (Winkelmesser, Sandkanüle oder Sanduhr, Sand, verschiedene Materialien mit glatter und weniger glatter Oberfläche, ...) oder führen eine Internetrecherche zum Thema Wüstensandfisch durch (u.a. www.biokon.net).

Und auf dieser Basis: Erstellen eines Wandplakats mit Collage und eigenen Texten zum Thema „Schwimmender Wüstensandfisch“. ■



Bei welchem Neigungswinkel der Haut des Sandskinks fängt der Sand an zu rutschen? Forscher ermitteln so den Reibungswiderstand der Haut, die ihn durch den Sand „schwimmen“ lässt. Die Haut des Sandskinks besitzt sogar weniger Reibung als Glas und Stahl.

Thema:

Die Wasserjagdspinne: Tauchen, ohne nass zu werden

Ziele:

- *an dem audio-visuell präsentierten Beispiel den bionischen Handlungsprozess strukturieren können*
- *erkennen, dass am Gesamtprozess die Zusammenarbeit der Vertreter vieler Fachrichtungen notwendig ist und hieraus Rückschlüsse auf die geforderten „Qualitäten“ der Bioniker ziehen*
- *Analyseverfahren beschreiben können*
- *Ableitung von Prinzipien aus verschiedenen Beobachtungen verstehen*
- *die Schwierigkeiten des Transferprozesses beurteilen können und erkennen, dass Bionik nicht die Kopie natürlicher Strukturen auf Konstruktionen der Technik bedeuten kann*
- *fasziniert sein von den „Erfindungen der Natur“*

Einstieg: Anknüpfen an die Ergebnisse der vorangegangenen Stunde. Der bionische Handlungsprozess folgt einer ganz bestimmten Struktur. Zu fragen ist, ob diese Struktur sich auch an anderen Projekten aufzeigen lässt (siehe Kopiervorlage).

Erarbeitung: Arbeitsblatt 3, Teil 1–3, wird als filmbegleitendes Material vor der Präsentation des Films ausgeteilt.

Filmpräsentation (ca. 6 Min.): 2. Beitrag des Films „Bionik – Die verborgenen Vorbilder der Natur“, Titel: „Die Wasserjagdspinne: Tauchen, ohne nass zu werden“, Bearbeitung der Arbeitsblätter in Partner- oder Gruppenarbeit. Falls PCs im Gruppenraum vorhanden sind, bleibt der Film zwecks nochmaliger Ansicht auf Wunsch „vorgehalten“. Es können auch einzelne Sequenzen mehrmals abgerufen werden. Die Ergebnisse werden im Klassenverband besprochen und auf Overhead-Folie festgehalten.

Transfer: Welchen Schritt des bionischen Handlungsprozesses halten Sie in diesem Fall für den schwierigsten? Begründungen. ■

Thema:

Selbstschärfende Nagetierzähne

Ziele:

- das Ausgangsproblem des hier vorgestellten Projekts mit den Fragestellungen der anderen beiden Projekte vergleichen
- die Analogiemethode als leitendes Prinzip des bionischen Prozesses verstehen
- die Zusammenarbeit der Vertreter verschiedener Fachrichtungen als notwendiges Postulat innerhalb des bionischen Forschungsprozesses verstehen
- erkennen, dass technologische Erfindungen der vergangenen Jahrzehnte zur Optimierung bionischer Forschung beitragen
- die evolutionäre Betrachtungsweise als charakteristischen Aspekt des bionischen Forschens verstehen
- einsehen, dass beim Transfer der analysierten Prinzipien in den Bereich der Technik die 1:1-Übertragung nicht gelingen kann

Einstieg: Anknüpfung, Vergleich der Ausgangspositionen der bisher kennenge-

lernten Ansätze (Suche nach Materialien zur Verminderung von Reibungswiderstand).

Filmpräsentation: 3. Beitrag des Films „Bionik – Die verborgenen Vorbilder der Natur“, Titel: „Selbstschärfende Schneidezähne bei Nagetieren“. Filmbegleitendes Arbeitsblatt 4, Teil 1+2, Kopiervorlage, Präsentation gemeinsam im Klassenverband.

Erarbeitung: Kleingruppen von 4–5 Schülern, Strukturierung der Informationen/Filminhalte auf Basis des Arbeitsblattes 4, Möglichkeit zusätzlicher Internetrecherche, Möglichkeit, einzelne Sequenzen des Films je nach Bedarf mehrmals anzuschauen. Der Film kann auf einzelne Rechner „downgeloaded“ werden, sodass den Schülern wiederholtes Anschauen einzelner Sequenzen möglich ist. Zusätzliche Informationen zum Projekt können unter <http://wga.dmz.uni-wh.de/orga/file/bionikprojekt/bionikprojekt.pdf> eingeholt werden.

Die Ergebnisse sollen entweder zu einer PowerPoint-Präsentation verarbeitet oder als Plakat gestaltet werden. Zur Gestaltung sollten auch Bilder und/oder selbst gestaltete Skizzen verwandt werden.

Präsentation: Geschieht im Klassenverband. Plakate werden an dafür vorgesehener Leiste angebracht. ■

Thema:

Biologie und Technik – Teamwork oder Konflikt?

Ziele:

- sich mit kontroversen Stellungnahmen zur Bionik auseinandersetzen
- verschiedene Argumentationen kennenlernen und strukturieren
- eine eigene Stellungnahme formulieren und belegen können
- die Thesen des Bionikers, dargelegt in dem Artikel der Zeitschrift „Das Naturhistorische“, Juni 2001, zum pdf-Download unter www.biokon.net, verstehen und nachvollziehen können
- das innovative, zukunftsweisende Potenzial der Bionik erkennen

Verlauf: Das Bionik Kompetenz-Netzwerk bietet auf seinen Seiten www.biokon.net eine ausführliche Link- und Literatursammlung an. Einer der dort aufgeführten Links führt zu einem Presseartikel der Zeitschrift „Das Naturhistorische“ unter dem Titel

„Versöhnung oder Konflikt von Biologie und Technik“.

Der Artikel wird unter der Adresse www.biokon.net/bionik/download/DasNaturhistorische_010600.pdf zum Download angeboten.

Er gibt die kontroverse Podiumsdiskussion eines Technokraten einerseits und eines Biologen andererseits wieder. Eindrucksvoll belegt dabei der Biologe mit seinem Statement die Notwendigkeit und Zukunftsträchtigkeit der Bionik.

Erarbeitung: Analyse und Gegenüberstellung der im Artikel (s. o.) dargelegten Thesen. Fixierung und Gegenüberstellung der Thesen auf Overheadfolie.

Transfer: „Nachspielen“ der Podiumsdiskussion im Klassenverband. Es werden zuvor die Rollen festgelegt. Jeweils 3 Schüler vertreten eine der Positionen. Sie erhalten vorher die Möglichkeit, sich Notizen zu machen bzw. Stellung zu beziehen. Die Rolle des Moderators wird je nach Situation und Zielgruppe vom Lehrer oder einem Schüler übernommen. ■



Fragen und Aufgaben

- Was ist **Bionik**?

Formulieren Sie in Anlehnung an die Aussagen des Films eine **Definition** und den Forschungsgegenstand! Recherchieren Sie zusätzlich im Internet weitere Definitionen und Erläuterungen unter www.biokon.net!

.....

.....
- Welche **Fachgebiete** werden bei **bionischer Forschung** mit einbezogen?

.....

.....
- Auch wenn die Wissenschaftsdisziplin „Bionik“ relativ jung ist, so gibt es Vorläufer-Ansätze in der Geschichte.

Informieren Sie sich über Ansätze in der Geschichte!

Nennen Sie Beispiele und erläutern Sie diese kurz!

.....

.....
- Was ist im Film gemeint, wenn von den „eigenen Wegen der Ingenieure“ gesprochen wird. Welche Vorzüge bietet der „**bionische Weg**“ gemessen an diesen „**eigenen Wegen**“?

.....

.....

Literatur/Links

- www.biokon.net



Fragen und Aufgaben

- Bionik meint **nicht** die 1:1-Kopie biologischer „Lösungen“ auf technische Konstruktionen.

Überlegen Sie mögliche Gründe!

.....

.....
- Die Lösungen der Natur sind das Ergebnis eines **Ausleseprozesses**, der sich über Millionen von Jahren hingezogen hat (dieser Prozess ist nicht abgeschlossen); Anpassungsprozesse an immer wieder veränderte Umweltbedingungen. Bioniker betrachten nicht nur die **Ergebnisse** der „Lösungen der Natur“. Sie interessieren sich auch für die evolutionären **Entwicklungsprozesse** einzelner Strukturen und **Organismen**, die dem jetzt vorfindbaren Zustand vorausgingen.

Was macht Ihrer Meinung nach diese Betrachtungsweise für Forschung und Technik interessant (auch das evolutionäre Entwicklungsverfahren bietet Ansätze für Forschung und Technik)?

.....

.....
- Im Intro des Films werden einige Beispiele für den Erfindungsreichtum der Natur genannt, die weit älter sind, als die entsprechenden technischen Entwicklungen der Menschheit.

Ordnen Sie den genannten Beispielen ihr besonderes Merkmal wie auch die **Analogie** im technischen Bereich zu!

1. Fledermäuse
2. Vogelflug
3. Klapperschlange

Literatur/Links



Kopiervorlage: Arbeitsblatt 2, Teil 1

Der schwimmende Wüstensandfisch: Sandkink

Fragen und Aufgaben

- Durch welche leitende Intention wurden die Forschungen Prof. Dr. Rechenbergs bestimmt?
.....
.....
- Was macht ausgerechnet die Wüste zum bevorzugten Forschungsort Prof. Dr. Rechenbergs?
.....
.....
- Welchem Umstand verdankt der Sandkink das Interesse des Forschers?
.....
.....
- Prof. Dr. Rechenberg führt einige Versuche am Sandkink in der Wüste, also vor Ort, durch:
 1. Beschreiben Sie den Versuch Rechenbergs zur Ermittlung des **Verhaltens** des Sandkinks **unter Sand!** Welche Rückschlüsse kann er auf dieser Basis ziehen?
 2. Erläutern Sie den Versuch zur Ermittlung des **Reibungswiderstands** bestimmter Oberflächen (hier der Haut des Sandfisches im Vergleich zu Glas und Stahl)! Fertigen Sie eine grobe Skizze des Versuchs! Welchen Zusammenhang zwischen den Ergebnissen des ersten und des zweiten Versuchs könnte der Forscher als These formulieren?
 3. Die extrem **reibungsarme Haut** des Sandkinks weist **niemals** Verschleißspuren auf. Zum Messen des Abriebs der Sandkinkhaut führt Rechenberg eine Untersuchung durch. Welche **Schlussfolgerung** zieht Rechenberg aus den Ergebnissen dieser Untersuchung?
.....
.....

Literatur/Links



Kopiervorlage: Arbeitsblatt 2, Teil 2

Der schwimmende Wüstensandfisch: Sandkink

Fragen und Aufgaben

- Nicht nur der Status Quo eines Forschungsgegenstands ist für den Bioniker interessant. Auch die **evolutionären Entwicklungsstadien**, die diesem vorausgingen, spielen eine wichtige Rolle (evolutionäre Betrachtungsweise). Im Film werden einige Ergebnisse dieses Ansatzes bezüglich des Sandkinks erläutert. Skizzieren Sie stichwortartig die Ergebnisse!
.....
.....
- Technische Errungenschaften unterstützen die Analyseverfahren des Bionikers. Dazu gehört das **Elektronen-Rastermikroskop**. Informieren Sie sich im Internet über dieses Hilfsmittel! Welche besonderen Möglichkeiten bietet das Elektronen-Rastermikroskop?
.....
- Auch während des Projekts zum Sandkink kommt dieses Hilfsmittel zum Einsatz. Welche besonderen Erkenntnisse zur **Oberflächenstruktur** der Sandkinkhaut machen Rechenberg und sein Assistent?
.....
- Welche besonderen **Prinzipien** können aus der Forschungsarbeit am Sandkink abgeleitet werden?
.....
- Nennen Sie die während des Projekts gewonnenen Erkenntnisprinzipien, die für einen Transfer in **technische Umsetzung** nutzbar gemacht werden können!
.....
.....

Literatur/Links



Fragen und Aufgaben

- Der bionische Forschungs- und Handlungsprozess umfasst, wie im Folgenden aufgeführt, **sechs Schritte**.

Ordnen Sie dieser Struktur die einzelnen Schritte des **bionischen Handlungsprozesses** zu, die der Kurzfilm „Die Wasserjagdspinne: Tauchen, ohne nass zu werden“ erläutert!

- Problemstellung/Fragestellung aus dem Bereich der Technik
.....
- Suchen Sie nach einem Objekt in der Natur, bei dem eine analoge Lösung vorliegt!
.....
- Analyseverfahren
.....
- Ableitung der Prinzipien des analogen Phänomens
.....
- Transfer der erkannten Prinzipien auf Konstruktionen der Technik
.....
- Lösung: Fertiges, innovatives Produkt in der Technik
.....

Literatur/Links

- www.biokon.net



Fragen und Aufgaben

- Die **Analyseverfahren** und die **Ableitung der Prinzipien**, die es der Wasserjagdspinne erlaubt/ermöglicht, unter Wasser trocken zu bleiben.

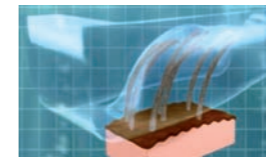
- Welche Analyseverfahren nutzen die Wissenschaftler, um das Geheimnis der Wasserjagdspinne zu ermitteln?
.....

- Fünf Strukturprinzipien** werden erkannt, die es der **Wasserjagdspinne** ermöglichen, unter Wasser in einer Hülle aus Luft zu schwimmen. Ordnen Sie im Folgenden den entsprechenden Bildern die **fünf Strukturprinzipien der Oberfläche der Spinnenhaut** zu!



2.1

.....



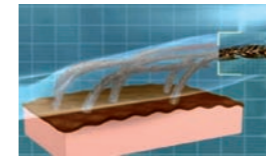
2.2

.....



2.3

.....



2.4

.....



2.5

.....

Literatur/Links



Fragen und Aufgaben

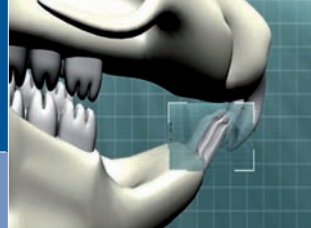
▪ **Der Transfer: Stoffe, die nicht nass werden**

1. Nachdem die Bonner Wissenschaftler die genannten Prinzipien der **Spinnenhautstruktur** ermittelt haben, beginnt der Transferprozess.
Beschreiben Sie den Fortgang des im Film „Bionik“ dargestellten Projekts!
.....
.....

2. Mit dem **Transferprozess** wird der engere Forschungsbereich der Biologen verlassen. Nun sind auch Vertreter anderer Disziplinen gefragt bzw. beteiligt. Welche Informationen erhalten Sie hierzu im Film? Welche besondere Fähigkeit setzt bionisches Forschen bei allen Beteiligten voraus?
.....
.....

3. Der Transferprozess in bionischen Projekten läuft nicht immer ohne Probleme ab, wie im Film deutlich wird. Die 1:1-Kopie „natürlicher“ Lösungen auf technische Probleme kann nicht gelingen, wie alle Bioniker beteuern. Überlegen Sie mögliche Begründungen!
.....
.....

Literatur/Links



Fragen und Aufgaben

- Welches technische Problem stellt sich den Wissenschaftlern zu Beginn des Projekts? Beschreiben Sie die **Problematik** und die wirtschaftlichen Folgen des Problems!
.....
.....

- Welcher Fachrichtung gehören diese Wissenschaftler an? Wie kommen diese dazu, in der Natur nach **analogen Vorbildern** zu suchen?
.....
.....

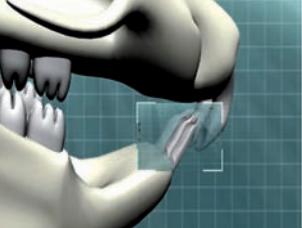
- Welchem Umstand verdanken die Nagetiere das Interesse der Forscher?
.....
.....

- Welche **Untersuchungsmethoden** werden angewandt, um dem Geheimnis der nie stumpf werdenden Zähne auf die Spur zu kommen? Beschreiben Sie die Verfahren!
.....
.....

- Beschreiben Sie mit eigenen Worten das Ergebnis der Untersuchungen! Worin liegt das Geheimnis der Nagetierzähne begründet?
.....
.....

- Warum bricht die stehen bleibende vordere, harte Schicht des Nagetierzahns nicht?
.....
.....

Literatur/Links



Fragen und Aufgaben

- Fertigen Sie eine grobe Skizze der **Oberflächenstruktur der Nagetierzähne** an!
Welche Aufgabenstellung ergibt sich daraus für den Transferprozess Ihrer Meinung nach?
.....
- Lösungen der Natur können nicht als bloße Kopie übertragen werden.
Begründen Sie diese These am vorliegenden Beispiel!
.....
- Fassen Sie die Prinzipien kurz zusammen, die beim Transfer der Erkenntnisse in den technischen Bereich eine Rolle spielen!
.....
- Welche Fragen/Problematiken ergeben sich beim **Transfer** der gefundenen Prinzipien in den **technischen Bereich** – welche spezifischen Untersuchungen sind während dieser Projektphase durchzuführen (Transfer), bevor die neuartigen Schneidmesser entwickelt werden können (bezüglich Materialien, Zielobjekte ...)?
Ziehen Sie weitere Informationen hinzu, die Sie auf den Internetseiten unter <http://bionik.fbsm.hs-bremen.de/downloads/Kongress/AbstractRechberger.pdf> finden!
.....
- Während des gesamten Projekts sind **Vertreter** verschiedener Forschungs- und Fachrichtungen einbezogen.
Nennen Sie alle Fach- und Forschungsrichtungen und ziehen Sie daraus Rückschlüsse für **bionisches Forschen** und **Entwickeln** generell!
Verarbeiten Sie die Informationen über das Projekt in einer PowerPoint-Präsentation.
Ergänzen Sie die Inhalte des Films „Bionik“ mit zusätzlichen Informationen aus dem Internet, z. B. www.umsicht.fraunhofer.de!
.....

Literatur/Links

- <http://bionik.fbsm.hs-bremen.de/downloads/Kongress/AbstractRechberger.pdf>
- www.umsicht.fraunhofer.de/links/





