

Bionik

BIONIK UND LEICHTBAU



Abb. 119 | Papierwaben bilden den Kern von Haustüren und vielen Möbeln.

Aufgabenstellung

Nehmt einen Schnürsenkel und knetet die Enden zusammen. Legt damit einen Kreis, in den ihr möglichst viele 20-Rappen-Stücke platziert. Legt ein Drei-, ein Vier- und ein Sechseck und füllt es mit den Münzen. In welche Form passen am meisten Münzen? Begründet.

BIENENWABEN – LEICHT UND PLATZSPAREND

Bienenwaben sind sechseckig – oder doch nicht? Die Bienen bauen runde Röhrchen aus Wachs. Erst durch die Temperatur im Bienenstock (40° C) wird das Wachs weich und verformt sich zum Sechseck. Die Form des Sechsecks hat den Vorteil, dass sich die einzelnen Zellen ohne Lücken aneinanderreihen lassen. Es wird kein Platz verschwendet.

Menschen nutzen Wabenstrukturen überall dort, wo mit wenig Material stabile Konstruktionen gebaut werden. So sind beispielsweise Haustüren selten komplett aus Holz gefertigt. Im Innern haben sie meist einen Kern aus Wabenkarton. Die Tür wird dadurch um einiges leichter und bleibt dennoch stabil. Auch im Flugzeugbau wird diese Technik angewendet. Es gibt mittlerweile sogar Ziegelsteine mit Wabenstrukturen.

EIN HAUS AUS PAPIER

In Zusammenarbeit mit Architekten der Universität Weimar hat ein deutscher Ingenieur einen Bungalow-Prototypen entwickelt. Er bietet auf 34 m² alles, was man zum Leben benötigt: ein Wohnzimmer, ein Schlafzimmer, eine Küche und eine Toilette mit Dusche. Dies ist an sich nichts Besonderes. Spannend ist erst die Tatsache, dass das Haus komplett aus Papier besteht.

Damit das nur 0,4 mm dicke Papier stabil ist, wird es in eine Wabenstruktur gepresst und mit flüssigem Kunststoff getränkt. So behandelt hält 1 m² Papier einem Druck von über 200 t stand. Das Papierhaus ist also sehr stabil und zudem kostengünstig und umweltschonend. Es ist sogar wasserdicht.



Abb. 120 | Die Tensairity-Brücke besteht zu einem Grossteil aus Luft und hält dennoch einem Gewicht von zwei Kleinwagen stand.

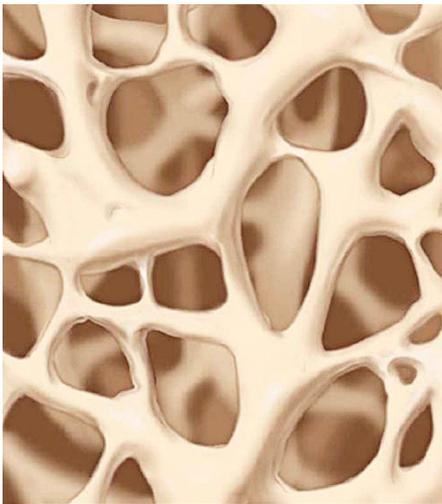


Abb. 121 | Das Prinzip der Knochenstruktur lässt sich auf die Technik übertragen. Stark belastete Stellen werden verstärkt, an weniger belasteten Stellen wird Material entfernt.

Aufgabenstellung

Auf der Homepage www.tivi.de findet ihr eine «Löwenzahn»-Sendung zum Thema Bionik (Suche/Bionik/ZDFtivi Löwenzahn Bionik). Schaut sie an und löst das Quiz.

EINE BRÜCKE AUS LUFT

Der Begriff «Pneu» stammt aus dem Griechischen und bedeutet «Luft», «Wind» oder «Atem». Vereinfacht gesagt ist ein Pneu eine Hülle, die etwas zusammenhält. In der Natur kommen unzählige Pneus vor (z. B. die Schwimmblase eines Fisches). Dadurch, dass im Innern der Pneus oftmals ein Überdruck herrscht, sind sie relativ stabil, obwohl sie nur eine sehr dünne Wand haben. Der Druck im Innern sorgt dafür, dass der Pneu nicht in sich zusammenfällt.

Pneus können so stabil sein, dass sogar Autos darüberfahren können. Die Tensairity-Brücke besteht beispielsweise aus langen reissfesten Ballons in einem Gerüst aus Stäben und Stahlseilen. Da sich das Gewicht der darüberfahrenden Autos gleichmässig auf der Oberfläche der Ballons verteilt, hält die Brücke einem Gewicht von bis zu 2,5 t stand. Die Vorteile von solchen Brücken liegen auf der Hand: Sie sind sehr leicht, können rasch auf- und abgebaut und platzsparend transportiert werden.

KNOCHEN – LEICHT UND DENNOCH STABIL

Knochen und Bäume wachsen nach folgendem Prinzip: «Baue dort viel Material an, wo hohe Spannungen herrschen, und wenig Material, wo die Spannungen gering sind.» So haben grosse Äste beispielsweise selten eine kreisrunde Form, sie sind meist oval oder besitzen sogar die Form einer Acht. Grosse Äste haben ein hohes Eigengewicht und werden dadurch oben und unten stärker belastet als auf den Seiten. Damit der Ast diese höhere Spannung aushält, bildet er an den stark belasteten Stellen mehr Holz.

Knochen sind auf der Aussenseite glatt, schaut man jedoch ins Innere, so sieht man ein schwammartiges Gebilde. An den stark belasteten Stellen sind die Löcher im Schwamm klein, an weniger belasteten Stellen sind sie gross.

Ingenieure nutzen dieses Prinzip, um Bauteile leichter zu machen. Am Computer berechnen sie die Kräfte, die auf das Bauteil wirken. Wo das Bauteil stark belastet wird, wird es verstärkt, an wenig beanspruchten Stellen wird Material entfernt.

BAKTERIENMOTOR

BAKTERIEN TREIBEN ZAHNRÄDER AN

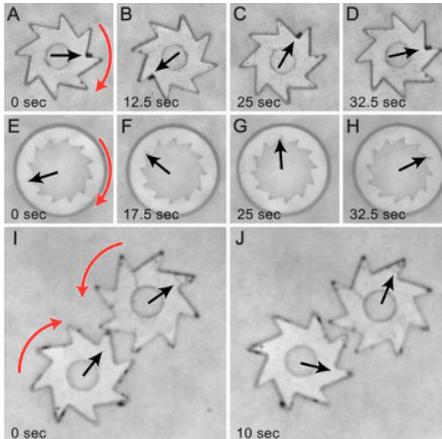


Abb. 122 | Bakterien drehen winzig kleine Zahnräder.

Aufgabenstellung

Stellt aus Karton verschiedene Zahnradformen her (mindestens zwei Stück von jeder Art). Treibt die Zahnräder an. Welche Formen eignen sich gut? Was sind die Vor- und Nachteile der verschiedenen Formen?

Winzig kleine Zahnräder drehen sich ruckelnd ohne erkennbaren Antrieb. Ein Blick durch das Mikroskop verrät: Es sind Bakterien, die die Rädchen anschieben.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des amerikanischen Argonne National Laboratory (ANL) haben dieses Experiment entwickelt. Sie hatten die Idee, die kleinen Lebewesen könnten als Motor arbeiten und so beispielsweise kleine Zahnräder antreiben.

Die Zahnräder schwimmen in einer Nährlösung und haben einen Durchmesser von gerade einmal $380\ \mu\text{m}$ (Mikrometer). Dies entspricht etwa der dreifachen Breite eines Haars. «Bakterien sind Schwimmer – sie bewegen sich zwar scheinbar zufällig, schwimmen aber doch in bestimmte Richtungen, und wenn sie mit dem Zahnrad zusammenstossen, schwimmen sie einfach weiter», so Igor Aronson vom ANL. Die Bakterien schieben das Zahnrad an, obwohl dieses ein Millionenfaches schwerer ist als jedes einzelne der Kleinstlebewesen.

Damit das Experiment funktioniert, müssen die Zahnräder eine spezielle Form haben: Die Zähne müssen abgeschrägt sein (wie beim Blatt einer Kreissäge). Ein normal geformtes Zahnrad könnte nicht gedreht werden, da die Bakterien in alle Richtungen schwimmen und sich deren Kraft aufhebt. Die Schräge führt dazu, dass eine Seite des Zahns länger ist als die andere. Somit schieben auf dieser Seite mehr Bakterien das Zahnrad an und es bewegt sich.

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler gingen noch einen Schritt weiter: Sie fanden heraus, dass sich die Geschwindigkeit der Bakterien steuern lässt. «Pumpen wir Sauerstoff (in die Nährlösung) hinein, schwimmen die Bakterien und drehen das Zahnrad, geben wir Stickstoff hinein, stoppen sie, sie schlafen sozusagen», erklärt Igor Aronson.

Bisher läuft der Bakterienmotor nur im Labor und eignet sich nicht zur Stromerzeugung. Die Wissenschaftler sehen jedoch einen anderen Verwendungszweck: «Chemikalien in winzigen Mengen zusammenzumischen ist schwierig, Bakterien könnten sich hier als nützlich erweisen: Die Zahnräder fungieren dann als Schaufeln und mischen die Chemikalien in winzigen Dosen zusammen.» – Der Bakterienmotor als Minimixer.

NATÜRLICHE RÄDER

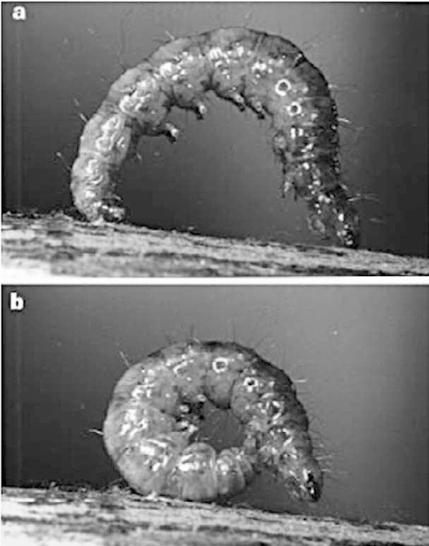


Abb. 123 | Sturzrad: Die Raupe des Nesselzünslers-Schmetterlings rollt sich bei drohender Gefahr zusammen und schnellt davon.

Aufgabenstellung

Informiert euch im Internet (z. B. auf www.spiegel.de) über weitere Roboter, die ein Tier als Vorbild haben. Beispiele: Heuschreckenroboter, Pinguinroboter, Roboterechse usw. Was sind die Vor- und Nachteile des Roboters? Wozu wurde der Roboter entwickelt?

WER HAT DAS RAD ERFUNDEN?

Das Rad gilt als eine der wichtigsten Erfindungen der Menschheit. In über 5000 Jahre alten Aufzeichnungen taucht das Rad erstmals auf. Die Natur kam der Menschheit zuvor.

DER MOUNT-LYELL-SALAMANDER

Im Yosemite National Park in Kalifornien (USA) lebt eine besondere Salamanderart: der *Hydromantes platycephalus* oder Mount-Lyell-Salamander.

Um die steilen Hänge des Mount Lyell zu erklimmen, nutzt der Salamander seinen Schwanz als fünftes Bein. Doch er kennt noch eine erstaunlichere Fortbewegungsart: Droht dem Salamander Gefahr, so rollt er sich blitzschnell zu einem Rad zusammen und stürzt sich Berghänge hinunter, seien sie noch so steil. Die Körperspannung verhindert, dass sich der Salamander bei seinen waghalsigen Stürzen verletzt.

DIE NESSELZÜSLERRAUPE

Die Raupe des Schmetterlings Nesselzünslers kennt die Fluchtstrategie des Mount-Lyell-Salamanders ebenfalls – auch sie rollt sich bei Gefahr zusammen und schießt davon. Sie erreicht dabei eine Geschwindigkeit von über 30 cm/s und gilt damit als schnellste Raupe der Welt.

GOQBOT – EINE MECHANISCHE RAUPE

Forschende der Tufts University in Massachusetts (USA) liessen sich von der Fluchtstrategie der Nesselzünslerraupe inspirieren und entwickelten einen Roboter mit derselben Fähigkeit. Der GoQBot ist 10 cm lang und besteht überwiegend aus Silikon und Metallspulen. Er kann sich wie die Raupe zusammenrollen und davon schnellen.

Ursprünglich wurde der GoQBot entwickelt, um mehr über die Fortbewegung der Raupen zu erfahren. Doch seine Erfinderinnen und Erfinder denken weiter: Mit dieser speziellen Fortbewegungsart ausgerüstete Roboter könnten beispielsweise nach einem Tsunami eingesetzt werden. Da die Roboter sowohl rollen wie auch kriechen können, könnten sie bisher unzugängliche Orte erreichen und auskundschaften. Die Gefahren für die Retter werden so minimiert.

NATÜRLICHE ZAHNRÄDER

JUNGE ZIKADEN SPRINGEN MIT ZAHNRÄDERN

Die Menschen nutzen Zahnräder bereits seit vielen Hundert Jahren. Belegt ist die Anwendung von Zahnrädern um das Jahr 330 v. Chr. in Alexandria. Nun entdeckten zwei britische Biologen, dass sich auch die Natur der Zahnradtechnik bedient: Sie haben an den Hinterbeinen von jungen Zikaden Strukturen gefunden, die mechanischen Zahnrädern ähneln.

Damit eine Zikade vorwärtsspringen kann, muss sie ihre Hinterbeine koordinieren und sich mit beiden Beinen exakt zur selben Zeit abstossen. Würden die Hinterbeine nicht synchron arbeiten, würde die Zikade nach rechts oder links springen – ein Sprung nach vorn wäre unmöglich. Die Verzahnung der Hinterbeine ermöglicht es den Zikaden, diese praktisch synchron zu bewegen. Beide Beine bewegen sich mit einem Unterschied von etwa $30\ \mu\text{s}$ (Mikrosekunden). «Diese präzise Synchronisation wäre unmöglich über das Nervensystem zu erreichen, weil Nervenimpulse viel zu lange bräuchten, um die notwendige, aussergewöhnlich enge Koordination zu erreichen», so Malcolm Burrows von der University of Cambridge.

Das Funktionsprinzip der Zahnräder ist simpel, aber stör anfällig. Bricht ein Zahn ab, beeinflusst dies die Effizienz des gesamten Systems. Für junge Zikaden ist das kein allzu grosses Problem, da sie im Verlauf ihres Wachstums mehrmals ihre Haut und somit auch die Zahnräder erneuern. Erwachsene Zikaden sind dazu nicht in der Lage. Deshalb findet man nur bei jungen Zikaden Zahnradstrukturen. Die erwachsenen Tiere nutzen einen anderen Mechanismus zum Springen.

Burrows und Sutton mussten somit beweisen, dass die jungen Zikaden tatsächlich die Zahnräder zum Springen nutzen. Dazu bedienten sie sich eines Tricks: Sie brachten tote junge Zikaden von Hand in eine Sprungposition und stimulierten den Sprungmuskel eines Hinterbeins elektrisch. Das stimulierte Bein streckte sich und das mit Zahnrädern verbundene andere Hinterbein ebenfalls.

In der Natur hat man bereits früher zahnradähnliche Strukturen gefunden. Doch all diese Strukturen erfüllen keinen mechanischen Zweck – sie sind reine Dekoration. Die jungen Zikaden scheinen bis heute die einzige (bereits entdeckte) Ausnahme zu sein.



Abb. 124 | Käferzikade mit natürlichen Zahnrädern

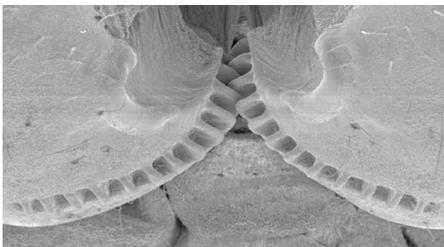


Abb. 125 | Die Zahnräder befinden sich im oberen Bereich der Hinterbeine der Zikaden.

Aufgabenstellung

Denkt über die Bedeutung von Zahnrädern nach: Wo findet ihr zu Hause, in der Werkstatt oder in der Freizeit Zahnräder? Welche Funktionen haben sie? Was wäre, wenn das Zahnrad nicht erfunden worden wäre? Präsentiert eure Ergebnisse.

VON DER NATUR ABGESCHAUT



Abb. 126 | Ähnlich wie Katzenpfoten verbreitern sich die Autoreifen beim Abbremsen. Die Bremsfläche wird dadurch vergrößert und der Bremsweg verkürzt.

KATZENPFOTE UND AUTOREIFEN

Autoreifen müssen gut rollen und sich rasch abbremsen lassen. Ingenieure der Firma Continental suchten nach Verbesserungsmöglichkeiten für ihre Reifen. Sie hielten Ausschau nach einem Lebewesen, das ihnen als Vorbild dienen könnte. Dabei wurden sie auf die Katze aufmerksam, die einerseits schnell und wendig ist und andererseits rasch abbremsen kann. Einer der Gründe dafür sind ihre Pfoten. Rennt die Katze, sind sie schmal. Stoppt die Katze, so verbreitern sie sich, und die Bremsfläche wird grösser. Dieses Prinzip haben die Ingenieure auf die Autoreifen übertragen. Bremsst das Auto ab, verbreitern sich die Reifen, und der Bremsweg verkürzt sich.



Abb. 127 | Der Kofferfisch inspirierte Ingenieure von Mercedes-Benz zum Bionic Car.

KOFFERFISCH UND AUTO

Der Kofferfisch hat eine kantige Form, die trotzdem strömungsgünstig ist. Dies bemerkten auch die Ingenieure von Mercedes-Benz. Entstanden ist auf dieser Basis der Mercedes-Benz Bionic Car. Die Form des Autos ähnelt der des Kofferfisches. Die Ingenieure gingen noch weiter: Knochenstrukturen dienten als Vorlage für die Karosserie, die dadurch besonders leicht und dennoch stabil gebaut werden konnte. Türgriffe wurden versenkt, Radkappen verkleidet und Aussenspiegel durch Kameras ersetzt, damit das Auto noch weniger Luftwiderstand erzeugt. Zu kaufen gibt es den Bionic Car nicht, er besteht nur als Modell.

TINTENFISCH UND RAKETE

Raketen funktionieren mit dem sogenannten Rückstossprinzip. Bei der Zündung entsteht am unteren Teil der Rakete ein hoher Druck in Richtung Erde. Dieser bewirkt, dass die Rakete in die entgegengesetzte Richtung geschossen wird. Das Rückstossprinzip kennt die Natur bereits seit Millionen von Jahren. Schon urzeitliche Tintenfische nutzten diese Fortbewegungsart. Sie sogen Wasser ein und stiessen es ruckartig wieder aus. Durch den Wasserausstoss wurden die Tiere in die entgegengesetzte Richtung getrieben.

Aufgabenstellung

Auf der Website www.bionik-fuer-kinder.de findet ihr einige Bionikexperimente (z. B. die Luftballonrakete). Wählt ein Experiment aus und führt es durch. Stellt eure Erkenntnisse der Klasse vor.