

Die Geheimnisse im Inneren

Kinder erfahren Bionik: Der Bottom-up-Prozess am Beispiel von Pflanzenhalmen

Grundlagenforschung ist die Basis für viele unserer technischen Errungenschaften. Die Kinder untersuchen die Innenstruktur verschiedener Pflanzenhalme und erfahren so exemplarisch, wie ein Bottom-up-Prozess in der Bionik funktionieren kann.



Abb. 1: Innenansichten von Staudenknöterich (oben) und Sonnenblume (unten)

Halmstrukturen: Ein spannendes Thema

Pflanzen wachsen gen Himmel – das scheint selbstverständlich. Und doch war das nicht immer so. Bevor sich vor etwa 350 Millionen Jahren das Leben an Land entwickelte, existierten nur Pflanzen, die dank des Auftriebs im Wasser oder auf der Wasseroberfläche schwebend kaum ein Stützgewebe brauchten.

An Land aber müssen Pflanzen ihr Eigengewicht tragen. Mithilfe neu entwickelter Strategien konnten die Landpflanzen im Laufe der Evolution immer größere Höhen erreichen. So ist ein stabilisierendes Stützgewebe eines der Charakteristika von Landpflanzen.

Mit der mechanischen Funktion solcher Strukturen beschäftigt sich das Forschungsgebiet der *Biomechanik*. Es beschreibt natürliche Materialien aus ingenieurtechnischer Sicht. Dies ist tatsächlich eine Herausforderung, da die wenigsten natürlichen Materialien homogen zusammengesetzt sind. Außerdem sind sie variablen Umweltbedingungen ausgesetzt, sodass sie unterschiedlich stark wachsen. Doch gerade die Anpassungsfähigkeit der Pflanzen an

verschiedene Umweltfaktoren macht ihre Erforschung so interessant. Pflanzen „kämpfen“ jeden Tag mit ihrem Eigengewicht und dem Wind – mal mehr, mal weniger. Andere stehen im Wasser und sind dessen Strömung ausgesetzt. Wie halten sie das aus, ohne zu knicken? Oder anders gefragt: Ab welcher Belastung brechen sie? Warum sieht ein Schilfhalm am Ufer anders aus als ein Schilfhalm mitten im Gewässer?

Prinzipiell sind Pflanzen bestrebt, so materialschonend wie möglich zu wachsen. Jedes zusätzliche Wachstum, jede zusätzliche Materialanlagerung muss produziert werden und kostet die Pflanze Energie. Man kann deshalb davon ausgehen, dass sich die heute bestehenden Strukturen im Laufe der Evolution als „nützlich“ erwiesen haben und einen guten Kompromiss aus Stabilität und Materialeinsatz darstellen.

In dieser Unterrichtsidee untersuchen die Kinder die Besonderheiten des pflanzlichen Stützgewebes in einem Versuch und stellen Überlegungen an, wie man dieses Wissen für die Technik nutzen könnte. Die Arbeitsblätter widmen sich der Untersuchung von Halmstrukturen und ihren Varianten, wie sie in verschiedenen

Pflanzenfamilien vorkommen. So findet man hohle Halme mit vielen eingezogenen Querwänden – zum Beispiel bei vielen Gräsern. Andere Halme sind nicht hohl, sondern mit einem schaumartigen Material gefüllt – wie beispielsweise die Sonnenblume (Abb. 1). Im Experiment sollen die Kinder klären, welchen Nutzen die Unterschiede in der Halm-Innenstruktur für die Pflanzen haben.

Thea Lautenschläger

AUF EINEN BLICK

Klassenstufe 3–4

Unterrichtsbausteine:

- ▶ Natürliche Halmstrukturen in Versuchen untersuchen
- ▶ Die Ergebnisse diskutieren und Ideen für technische Anwendungen entwickeln

Material:

- ▶ Arbeitsblätter S. 16–19
- ▶ Infokarte „Pflanzenhalme“ 
- ▶ Verschiedene Pflanzenhalme (s. Beitrag)
- ▶ Versuchsmaterialien (s. Kasten S. 15)

Baustein 1: Die Natur beobachten

Um den Arbeitsschritten des Bottom-up-Prozesses (s. **Wissen kompakt S. 4–6**) zu folgen, steht an erster Stelle die Analyse von Vorbildern aus der Natur. Hier eignen sich z. B. *Gräser*, *Bambus*, *Staudenknöterich* oder *Chinaschilf* als Beispiele für Pflanzenhalme mit Knoten sowie die *Sonnenblume*, *Stockrose* oder *Holunder* als Beispiele für markhaltige Pflanzenhalme. Die Kinder betrachten die Halme zunächst von außen und „begreifen“ sie haptisch, um ihr Gewicht abzuschätzen. Hier reicht es, wenn die Kinder feststellen, dass einige Halme schwerer sind als andere. Wichtiger Aspekt dieser Phase ist die Feststellung, dass einige Halme glatt sind, während andere über Knoten verfügen, welche in Anzahl und Position zueinander variieren.

Nun bekommt jedes Kind einen (Gras-)Halm. Bevor die Kinder ihre Halme detailliert betrachten, soll der allgemeine Aufbau einer Pflanze in Halm/Stängel, Knoten, Blätter und Wurzeln besprochen werden. Anschließend untersuchen die Kinder

ihre Halme auf vorhandene Knoten und zeichnen diese in ein Schema ein (**Material S. 16**). Dann werden die Halme mithilfe eines Messers vorsichtig längs aufgeschnitten. Dabei sollte die Lehrkraft den Kindern notfalls behilflich sein. Nun werden deutliche Unterschiede sichtbar: Einige Sprossachsen sind hohl und von Querwänden durchzogen (septiert), einige mit einem Mark gefüllt. An dieser Stelle kann die Infokarte zu verschiedenen Pflanzenhalmen (s. **Materialpaket**) zum Einsatz kommen. Die Kinder vertiefen damit einerseits ihr bisheriges Wissen zu den Unterschieden und ordnen andererseits die gerade untersuchten Halme den beiden Grundtypen zu.

Auch die Position der Knoten soll erneut betrachtet werden: An der Basis ist der Abstand zwischen den Knoten deutlich geringer, weil dort die größeren Kräfte wirken. Die Knoten nehmen von außen einwirkende Querkräfte – wie beispielsweise Wind – auf und verhindern damit das Knicken des Halmes. Die Knoten sind im Inneren des Halmes als Querwände sichtbar, ansonsten ist der Grashalm hohl. Warum? Pflanzen setzen ihr Material möglichst effizient ein – sie „verschwenden“ es nicht, sondern nutzen es nur dort, wo es benötigt wird. Grashalme, wie z. B. der Bambus, können so schnell in die Höhe wachsen.

Nun werden einzelne Abschnitte der Sprossachsen in einem Versuch getestet. Hierfür schneiden die Kinder mit einer Schere Abschnitte mit einem Knoten und gleich lange Abschnitte ohne Knoten aus dem Halm heraus. Die Kinder sollen Vermutungen darüber anstellen, welcher Halm einfacher zu knicken ist, und versuchen, dies zu begründen. Die verschiedenen Halmabschnitte werden anschließend mit den Händen

geknickt – die Kinder erkennen dabei, dass ein Halm mit Knoten eine deutlich höhere Krafteinwirkung benötigt. Hier muss beachtet werden, dass die Halme nur im trockenen Zustand für den Versuch verwendet werden sollten. Im frischen Zustand sind sie direkt über den Knoten sehr verletzlich, da dort die Wachstumszone liegt.

So lernen die Kinder in diesem Schritt die verstärkende Funktion der Knoten kennen. Aber wie kann nun das Beobachtete abstrahiert und in ein Modell überführt werden? Hier soll der im Folgenden beschriebene Versuch weiterhelfen.

Baustein 2: Das Prinzip verstehen

Im Versuch werden die Sprossachsen durch durchsichtige Cocktail-Trinkhalme aus Plastik dargestellt und mit unterschiedlichen Materialien befüllt: Watte verdeutlicht markhaltiges Gewebe, kleine Papierkugeln symbolisieren die Knoten der Gräser (**Abb. 2**). Im Versuch werden diese Halme einer Belastung ausgesetzt (**Abb. 3**) und mit einem hohlen Trinkhalm verglichen. Wie viel Gewicht können die Halme tragen, bevor sie knicken? Nicht nur die Dichte der Knoten, auch ihre genaue Position ist entscheidend für die Stabilität. Die Herstellung der Proben (s. **Materialkasten S. 15**) sowie die Vorbereitung und Durchführung des Versuchs sind im **Material S. 17** und **S. 18** detailliert beschrieben. Gestaltet sich das in der Versuchsbeschreibung vorgesehene genaue Abmessen von Wasser als zu schwierig, können die Kinder anstelle von Millilitern „Pipettenladungen“ zählen. Es empfiehlt sich, die Kinder in Gruppen zu vier gemeinsam arbeiten zu lassen. Die Dokumentation (**Material S. 19**) erfolgt pro Gruppe.

Abb. 2–3:
Trinkhalme
symbolisieren
Pflanzenhalme:
Unter welcher
Belastung knicken
sie? Ein Holzspieß
erleichtert
das Positionieren
der Papier-
„Knoten“



Fotos: T. Lautenschläger

Auswertung der Versuchsergebnisse

Die Ergebnisse der Kinder werden an der Tafel noch einmal zusammengefasst und dann diskutiert. Auch wenn die Messwerte¹ etwas schwanken können, sollten folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

1. Die hohlen Halme halten nur eine vergleichsweise geringe Belastung.
2. Die Position der Knoten ist entscheidend für die Stabilität.

3. Die Anzahl der Knoten kann eine Auswirkung haben; diese ist jedoch auch abhängig von ihrer Position.
4. Die Watte-Halme tragen eine vergleichsweise hohe Belastung. Dafür ist ihr „inneres Gewicht“ höher als das der mit Papierkügelchen gefüllten Halme.

**Baustein 3:
Die Idee anwenden**

Nach dem abschließenden Vergleich der verschieden befüllten Trinkhalme steht nun die Anwendung des Erlernten im Mittelpunkt. Hier kann und sollte den Kindern Freiraum für eigene Ideen und Entwürfe gelassen werden. Wie könnte man die neuen Erkenntnisse über die Stabilität pflanzlicher Halme nutzen? Ideen können gezeichnet oder im Klassengespräch gesammelt und diskutiert werden.

Fazit: Umfassendes Lernen am Beispiel Bionik

Die hier vorgestellte Unterrichtsidee ermöglicht einen Bezug zu verschiedenen Feldern der Naturwissenschaften, darunter Mathematik und Physik (Grundlagen von Maßeinheiten und Berechnungen), sowie natürlich Botanik (Pflanzenaufbau, Diversität und Anpassungsstrategien). Darüber hinaus werden mit der Durchführung, Dokumentation und Auswertung eines Experiments Grundlagen des naturwissenschaftlichen Lernens und Arbeitens eingeübt.

Anmerkung

1 Erfahrungsgemäß knicken die im Versuch getesteten Trinkhalme 1–7 unter einer Belastung von etwa: 52,5 g, 52,5 g, 55 g, 62,5 g, 65 g, > 100 g, 100 g.

Links

<http://www.nzz.ch/lebensart/auto-mobil/bionik-wie-die-luftfahrt-von-der-natur-lernen-kann-1.18180492> (letzter Zugriff 21.01.2014)
<http://www.lightweight-design.de/index.php?do=show/site=lwd/sid=51310170352de4caec6a2f345465201/alloc=135/id=12232> (letzter Zugriff 21.01.2014)

Danksagung

Für die Erarbeitung der vorliegenden Experimentieranleitung möchte ich für ihre wertvolle Zuarbeit und Durchsicht danken: Prof. Christoph Neinhuis, Anne Göhre, Andreas Kempe und Andreas Grajek.

Foto: T. Lautenschläger

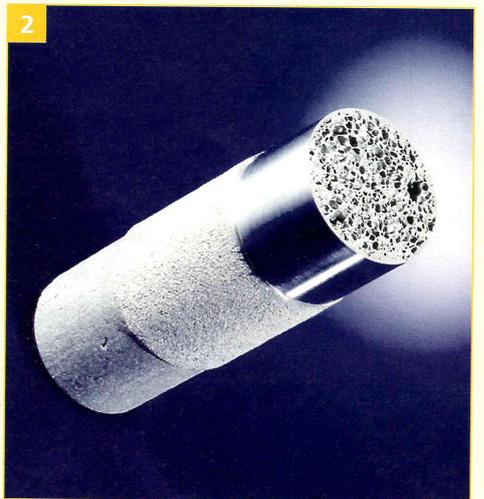
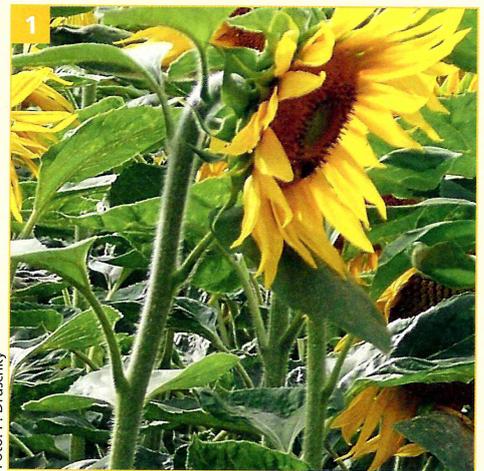
***** WISSEN KOMPAKT**

Technische Anwendungen

Grashalmkonstrukte werden in der Sachliteratur für Kinder manchmal mit Fernsehtürmen verglichen, wobei dies oft etwas an den Haaren herbeigezogen ist, weil die Skalierung zueinander nicht stimmt: Ein Grashalm muss ganz anderen Anforderungen genügen als ein Hochhaus oder ein Turm. Nichtsdestotrotz gilt vor allem die Bambuskonstruktion als ein wichtiger Schritt in Richtung Verständnis von Leichtbaukonstruktionen. Das Prinzip der Septen (Unterteilungen) in Rohren kann bei der Herstellung von Bauteilen sehr hilfreich sein. So stand der innere Aufbau des Bambus tatsächlich Pate bei neuartigen Airbus-Kabinenstrukturen: Halterungen, die Gepäckfächer fest mit dem Flugzeugrumpf verbinden, wurden bislang aus massiven Aluminiumblöcken hergestellt – nun aber imitieren sie die Bambusstruktur, sodass weniger Material verwendet werden muss und die gesamte Konstruktion nur noch die Hälfte wiegt.

Neuerdings werden auch Walkingstöcke mit innerer Bambusstruktur vertrieben. Sie werden damit noch leichter und gleichzeitig stabiler.

Als Anwendungsbeispiel für das markthaltige Gewebe der Sonnenblume gelten Aluminiumschäume (Abb. 1 und 2). Sie werden eingesetzt, um Materialien fest und gleichzeitig leicht zu gestalten. Weniger Materialeinsatz ist zudem billiger.



Versuchsmaterialien

Pro Gruppe werden benötigt:

- 7 durchsichtige Cocktail-Trinkhalme: 21 cm lang, Ø 0,8 cm
- 13 Papierquadrate 4 x 4 cm für Papierkügelchen
- Messzylinder
- Tropfpipette
- Wassereimer
- Plastikbecher 0,2 l
- Lineal
- Schere
- Holzspieß
- Klebeband
- Feinwaage
- Watte



Name: _____

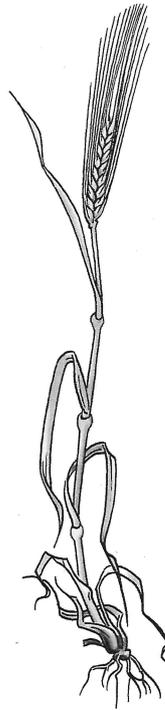
Datum: _____

Einen Halm untersuchen

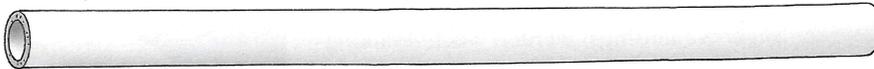
1. Welche Merkmale hat diese Pflanze von außen betrachtet?

Markiere:

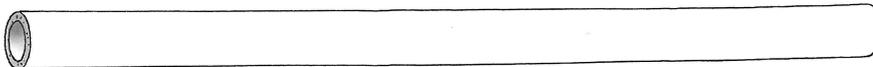
- Blatt
- Halm
- Wurzel
- Knoten



2. Du hast einen Halm bekommen. Wie viele Knoten entdeckst du an ihm?
Zeichne alle Knoten, die du siehst, in diesen Halm ein:



3. Schneide den Halm nun vorsichtig der Länge nach auf.
Was siehst du im Inneren des Halmes?
Zeichne deine Beobachtungen in diesen Halm ein:



4. Warum sind manche Halme eigentlich hohl und andere nicht?

5. Schneide aus deinem Halm einen Abschnitt mit Knoten und einen etwa gleich langen Abschnitt ohne Knoten heraus.
Vermute: Welcher Abschnitt lässt sich schwerer knicken?
Kreuze deine Vermutung an. Versuche dann, die Abschnitte zu knicken.
Kreuze deine Beobachtung an.

Vermutung Beobachtung





Namen: _____

Datum: _____

Wir testen Halme: Teil 1

Verschiedene Pflanzen können ganz unterschiedliche Halme haben.

Mit einem Versuch könnt ihr unterschiedlich aufgebaute Halme testen:

Wie viel Gewicht halten sie aus, bevor sie knicken?

Statt echter Pflanzenhalme nehmt ihr im Versuch durchsichtige Trinkhalme aus Plastik.

Als Knoten verwendet ihr Papierkügelchen und als Füllung nehmt ihr Watte.

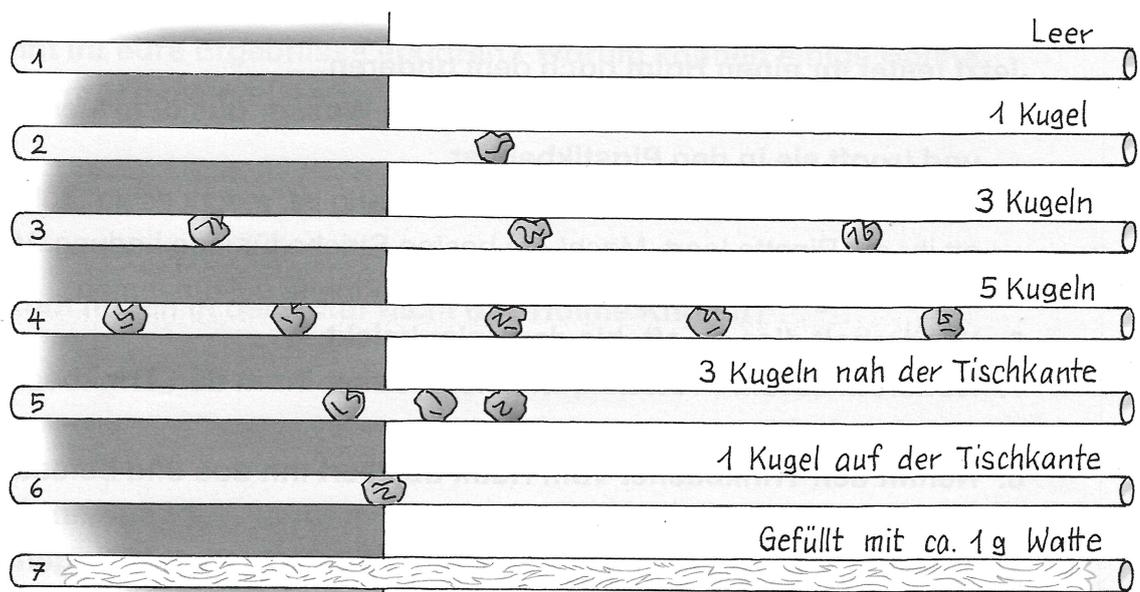
Wie genau ihr die Halme testet, ist auf dem Arbeitsblatt 3 erklärt.

Ihr braucht:

- 7 Trinkhalme
- einen wasserfesten Stift
- 13 Papierquadrate
- Watte
- einen Holzspieß
- eine Waage
- Klebeband
- ein Lineal
- einen Messzylinder
- eine Tropfpipette
- einen Plastikbecher
- einen Eimer

Arbeitet in Gruppen zu viert.

1. Nummeriert die Trinkhalme mit dem Stift von 1 bis 7.
2. Knüllt die Papierquadrate so fest wie möglich zu kleinen Papierkügelchen zusammen.
3. Drückt mithilfe des Holzspießes einzelne Papierkügelchen in die Halme. Sie sollen so angeordnet sein, wie ihr es auf dem Bild unten seht. Achtet genau auf Anzahl und Lage der einzelnen Papierkügelchen.
4. Füllt einen der Halme mithilfe des Holzspießes mit Watte.
5. Ein Halm bleibt leer.
6. Bestimmt mithilfe der Waage nacheinander das Gewicht der sieben verschieden befüllten Halme. Notiert die Gewichte im Forscherprotokoll.



Wir testen Halme: Teil 2

Ihr habt sieben verschiedene Halme vorbereitet.

Überlegt gemeinsam:

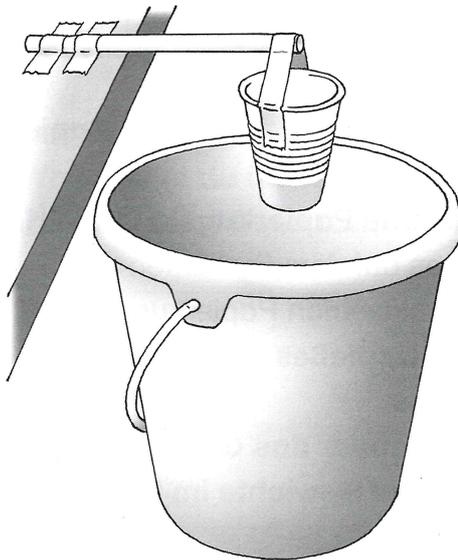
Welcher Halm kann nur wenig Gewicht tragen, bevor er knickt?

Welcher Halm kann viel Gewicht tragen, bevor er knickt?

Notiert und begründet eure Vermutungen im Forscherprotokoll auf Arbeitsblatt 4.

Um eure Halme zu testen, baut den Versuch wie im Bild auf:

- 1. Klebt eure Halme mit Klebeband nebeneinander auf dem Tisch fest.**
Achtet darauf, dass nur 7 cm jedes Halmes auf dem Tisch liegen und das längere Ende über die Tischkante ragt.
- 2. Befestigt den Plastikbecher mit Klebeband am Ende des ersten Halmes.**
- 3. Stellt den Eimer unter dem Becher auf.**
- 4. Füllt den Messzylinder mit Wasser und legt die Pipette bereit.**



Jetzt testet ihr einen Halm nach dem anderen.

- 5. Entnehmt mit der Pipette ungefähr 2 ml Wasser aus dem Messzylinder und tropft sie in den Plastikbecher.**
Tipp: Wenn das genaue Abmessen schwierig ist, macht es so: Zählt mit, wie oft ihr die Pipette leert. Macht am besten Striche für jede Ladung. Versucht, immer die gleiche Menge Wasser mit der Pipette aufzunehmen.
- 6. Wiederholt dies so oft, bis der Halm knickt.**
- 7. Notiert in eurem Protokoll, wie viel Wasser ihr in den Trinkbecher gegeben habt.**
- 8. Nehmt den Trinkbecher vom Halm ab, leert ihn aus und befestigt ihn am nächsten Halm.**
- 9. Messt für alle Halme nacheinander, wie viel Wasser sie tragen können.**



Namen: _____

Datum: _____

Wir testen Halme: Forscherprotokoll

Wir vermuten:

Halm Nr. _____ kann nur wenig Wasser tragen, weil _____

Halm Nr. _____ kann viel Wasser tragen, weil _____

Tragt hier eure Messergebnisse ein:

| Halm | Gewicht | Halm knickt bei | = Pipettenladungen |
|------|---------|-----------------|--------------------|
| 1 | g | ml | |
| 2 | g | ml | |
| 3 | g | ml | |
| 4 | g | ml | |
| 5 | g | ml | |
| 6 | g | ml | |
| 7 | g | ml | |

Wenn ihr alle Halme getestet habt, tragt ein:

Halm Nr. _____ konnte am wenigsten Wasser tragen.

Halm Nr. _____ konnte am meisten Wasser tragen.

Könnt ihr eure Ergebnisse erklären? Warum können einige Halme mehr tragen als andere?

Warum haben in der Natur nicht alle Halme Knoten?

Habt ihr eine Idee, wofür man das Wissen über stabile Halme nutzen könnte? Könnte man vielleicht etwas besonders Stabiles bauen? Schreibt oder zeichnet eure Ideen auf einem anderen Blatt auf.

Karen Weddehage/
Jan Heiko Wohltmann

Wilhelm Barthlott und seine Entdeckung des Lotus-Effekts®

Lernen an Biografien

Wie geht eigentlich eine Forscherin oder ein Forscher in seiner Forschungsarbeit vor? Um dieser und ähnlichen Fragen nachgehen zu können, bietet es sich an, sich mit einem Forscherleben zu beschäftigen. Wilhelm Barthlott gewährte uns im Rahmen eines Interviews einen tiefen Einblick in seine Berufsbiografie. In Anknüpfung an seinen Werdegang sollen die Kinder in dieser Unterrichtsidee verschiedene Versuche zum bionischen Phänomen „Lotus-Effekt®“ machen.

Ziele des Unterrichts

In dieser Unterrichtsidee soll exemplarisch am Beispiel von Wilhelm Barthlott, dem Entdecker des Lotus-Effekts®, ein didaktischer Zugang zum Lernen an fremden Biografien aufgezeigt werden. Über die Auseinandersetzung mit einer derartigen Forscherbiografie soll hierbei ein Zugang geschaffen werden, der die Auseinandersetzung mit dem Leben Wilhelm Barthlotts und einer seiner Lebensleistungen – der Entdeckung des Lotus-Effekts® – fokussiert. Sein Forschungsweg wird den Kindern offengelegt, um im Sinne einer *Scientific Literacy* Einblicke in Wissenschaft und Forschung (der Bionik) zu ermöglichen. Es soll dabei nicht nur um den Erwerb von Sachwissen zum Phänomen des Lotus-Effekts® gehen, vielmehr sollen Einsichten und Erkenntnisse in naturwissenschaftliche Methoden und Prozesse gefördert werden (vgl. dazu Grygier u. a. 2008).

Durch die Verbindung von naturwissenschaftlichem Lernen mit dem Lernen an einer fremden Biografie ergibt sich die besondere Möglichkeit, über die Natur sowie die Genese von Wissenschaft nachzudenken und einen Forschungsweg nachzuvollziehen (vgl. auch Grundschule Sachunterricht 46/2010 zum Thema „Forscherinnen und Forscher – Ler-

nen an Biografien“). Dabei soll den Kindern nahegebracht werden, wie die jeweilige Wissenschaftlerin oder der jeweilige Wissenschaftler lebte, welche (Um-)Wege sie bzw. er nahm und welche Ziele sie bzw. er verfolgte und erreichte.

In der reflexiven Auseinandersetzung mit einer Fremdbiografie richtet sich der Fokus nicht nur auf das Leben eines fremden Menschen, vielmehr rückt durch die Erweiterung des individuellen Blickfeldes auch das eigene Leben in den Mittelpunkt. Die Kinder werden dazu angeregt, das eigene Leben zu reflektieren:

- ▶ Welche Stärken und Schwächen habe ich selber?
- ▶ Wo finde ich Übereinstimmungen und Gemeinsamkeiten?
- ▶ Gibt es Unterschiede und Fremdartigkeiten? (vgl. Weddehage 2013, S. 130 ff.)

Das biografische Lernen stammt ursprünglich aus der Erwachsenenbildung (vgl. u.a. Buschmeyer/Behrens-Cobet 1990). Im Sachunterricht findet man es seit Mitte der 1990er-Jahre in verschiedenen Ausprägungen wieder, wie z. B. dem biografischen Lernen (Kiper 1997), dem autobiografischen Lernen (Daum 2004, Pech 2006), der Konzeption der Lebensentwürfe (Hempel 1997) bzw. dem Sachunterricht des eigenen Lebens (Daum 2004).

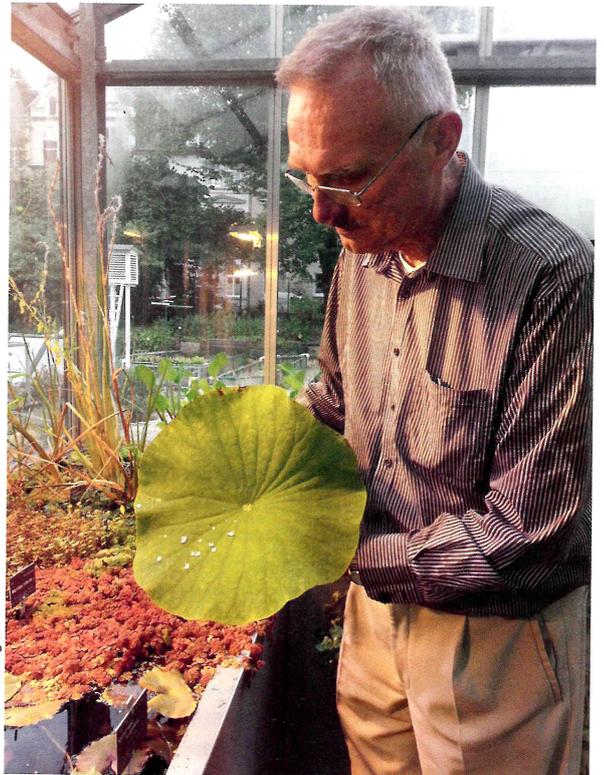


Foto: K. Weddehage

Abb. 1

AUF EINEN BLICK

Klassenstufe 3–4

Unterrichtsbausteine:

- ▶ Das subjektive Verständnis von „Forschen“ in Zeichnungen und im Gespräch reflektieren
- ▶ Den Forscher Wilhelm Barthlott und seine Erfindung kennenlernen
- ▶ In Anknüpfung an dessen Biografie einfache Versuche zum Lotus-Effekt® durchführen

Material:

- ▶ Arbeitsaufträge S. 33
- ▶ Leseheft mit Forscherprotokoll
- ▶ Versuchsmaterialien (s. Kasten S. 28)

Versuchsmaterialien

Jede Versuchsgruppe benötigt:

- frische Blätter verschiedener Pflanzenarten mit und ohne Lotus-Effekt®
- evtl. Stecketiketten
- Lehmstaub, Asche, lösungsmittelfreier Kleber oder Leim, Honig
- Pipette und Wasser (flache Schüssel)
- Lupe
- Wattestäbchen
- Papier und Wachsmalstifte
- vier Forscherprotokolle (s. Leseheft im Materialpaket)

Durch die wechselseitige Verzahnung der Thematik des Lotus-Effekts® (Abb. 2) mit ausgewählten Aspekten der Biografie Wilhelm Barthlotts (Informationen im Wissen kompakt S. 31 f.), erhalten die Kinder einen Einblick in das spannende Forschungsfeld der Bionik. Gleichzeitig können sie relevante Stationen des Forschungsprozesses aus der Perspektive des Entdeckers nachvollziehen und erkunden. In den im Folgenden beschriebenen Unterrichtsbausteinen sollen die Kinder deshalb sowohl den Sachgegenstand am Beispiel verschiedener Versuche erkunden und erforschen als auch die Arbeitsweisen und Beweggründe des realen Wissenschaftlers kennenlernen. Unter Berücksichtigung der Lernvoraussetzungen und Arbeitsgewohnheiten der jeweiligen Lerngruppe kann es zielführend sein, einzelne Bausteine über mehrere Unterrichtsstunden hinweg zu entfalten. Während die ersten zwei Unterrichtsbausteine als Einführung in die Arbeit mit der Biografie Wilhelm Barthlotts dienen, wird im Kontext der Unterrichtsbausteine 3 bis 6 der Forschungsgegenstand des Lotus-Effekts® stärker in den Fokus genommen. Hier sollen verschiedene Schülerversuche mit ausgewählten biografischen Aspekten Wilhelm Barthlotts verschränkt werden. Diese Lebensabschnitte markieren wichtige Meilensteine der Erforschung des Lotus-Effekts® und bieten einen Einblick in die Beweggründe und Handlungsweisen von Forschenden. Der zu Beginn der Bausteine 2 bis 6 aufgeführte biografische Text über Wilhelm Barthlott dient zur Information der Lehrkraft und kann

von dieser kindgerecht nacherzählt werden, um die verschiedenen Versuche einzuleiten. Zusätzlich stellt das Leseheft (s. Materialpaket) Texte und Bilder für die Kinder bereit.

An jeden Versuch anschließend (Bausteine 3 bis 6) sollten die Versuchsergebnisse im Klassengespräch miteinander verglichen und diskutiert werden. Haben die Kinder im Versuch die gleichen Erfahrungen gemacht wie Wilhelm Barthlott? Welche neuen Erkenntnisse haben sie durch ihren Versuch gewonnen?

Baustein 1: Die Tätigkeit des Forschens

Als Einstieg in die Erforschung des Lotus-Effekts® sollen die Kinder sich zunächst ihres subjektiven Verständnisses von Forschung bewusst werden und über das Tätigkeitsfeld von Forschenden nachdenken. Um ihre ganz persönliche Vorstellung einer Forscherin oder eines Forschers zu reflektieren, können sie Zeichnungen anfertigen. Im gemeinsamen Gespräch werden die individuellen Vorstellungsbilder anschließend ausgetauscht und reflektiert. Im weiteren Verlauf der Unterrichtseinheit kann immer wieder Bezug zu den hier entstandenen Zeichnungen genommen und gemeinsam überlegt werden: Was macht Forscherinnen und Forscher aus? Worin unterscheiden sich Forschende aber auch?

In einem weiteren Schritt können verschiedene Gegenstände einen Anlass dazu bieten, gemeinsam über Forschung nachzudenken. So eignen sich zum Beispiel eine Lupe, ein Mikroskop, ein Notizbuch, ein Stift, eine Waage, ein Maßband, ein Reagenzglas oder eine Pflanze, um Impulsfragen aufzuwerfen:

- ▶ Wozu braucht man diese Gegenstände?
- ▶ Was könnte man zum Forschen noch gebrauchen?
- ▶ Wie forschen Forscherinnen und Forscher?
- ▶ Habe ich auch schon einmal geforscht oder etwas ausprobiert?
- ▶ Wie bin ich dabei vorgegangen?

Diese erste Phase dient nicht nur zur Aktivierung des Vorwissens. Im Anschluss an die Unterrichtsreihe wiederholt, bieten die Impulsgegenstände

die Möglichkeit, neu gewonnene Erkenntnisse und Vorstellungen zu reflektieren (vgl. dazu Schomaker/Stockmann 2010, S. 8 f.).

Baustein 2: Wilhelm Barthlott kennenlernen

Wilhelm Barthlott ist ein Wissenschaftler und Forscher, der sich durch besonderen Fleiß auszeichnet, über ein gutes Gedächtnis verfügt, viel Energie und Durchhaltevermögen besitzt, zuverlässig ist und durch sein streng logisches Denken besticht. Für die Forschung sieht er als bedeutsam an, dass gerade im Forschungsfeld der Bionik verschiedene Wissenschaftsgebiete zusammenarbeiten, sodass jeder sein fachspezifisches Know-how einbringen kann.

Die Lehrkraft stellt den Forscher Wilhelm Barthlott in Wort und Bild vor (s. Wissen kompakt und Leseheft). Alternativ können sich die Kinder arbeitsteilig die Biografie mithilfe des Leseheftes erarbeiten. Dazu lesen die Kinder in Gruppen Teile des Heftes und stellen das Wesentliche später der Klasse vor. Folgende Anknüpfungspunkte bieten sich für ein Unterrichtsgespräch an:

- ▶ Es kann große Freude bedeuten, sich lange und intensiv mit einer Sache zu beschäftigen.
- ▶ Man benötigt ein enormes Durchhaltevermögen, denn Außenstehende haben oft Zweifel.
- ▶ Das Interesse für ein bestimmtes Forschungsfeld kann bereits in der Kindheit entstehen und bis ins Erwachsenenalter erhalten bleiben.

In diesem Zusammenhang können sich die Kinder selbst fragen, ob es Themengebiete gibt, die sie besonders interessant finden und der Klasse präsentieren möchten: Wenn ich eine Forscherin bzw. ein Forscher wäre, würde ich ...

Bei der Erarbeitung der Biografie sollte darauf geachtet werden, dass jeder Forschende sich durch einen individuellen Lebens- und Forschungsweg auszeichnet und Aussagen nicht verallgemeinert werden. Wichtig ist, die Person Wilhelm Barthlott in seinem Werdegang darzustellen und bestimmte Umstände hervorzuheben, so z.B. seine Neugier oder die

Foto: W. Barthlott/lotus-salvinia.de



Bedingungen, unter denen er seine Forschung betrieb.

Baustein 3: Versuche zum Lotus-Effekt® durchführen

Im Zuge seiner Forschung untersuchte Wilhelm Barthlott die Blattoberflächen verschiedener Pflanzenarten mit dem damals neuartigen Raster-Elektronenmikroskop, um etwas über deren Oberflächenstrukturen zu erfahren. Beim Vorbereiten seiner Proben stieß er immer wieder auf Blattoberflächen, die – obwohl gerade erst aus dem botanischen Garten ins Labor geholt – mikroskopisch sauber waren. Ursächlich dafür war ein gewisser Selbstreinigungsmechanismus, der aus der spezifischen rauen Oberflächenstruktur der jeweiligen Blätter resultierte. Das Wasser perlte von diesen ab, ohne die Oberfläche mit Feuchtigkeit zu benetzen, und spülte dabei Schmutz- und Staubpartikel weg (vgl. Forbes 2012, S. 12f.).

Die zufällige Beobachtung Wilhelm Barthlotts, dass es Pflanzen gibt, deren Blätter immer sauber sind, sollen die Kinder nun im eigenen Versuch nachvollziehen. Grundsätzlich bietet es sich an, die Kinder – über alle Versuche hinweg – in kleinen Gruppen zusammenarbeiten zu lassen. Verschiedene frische Blattstücke mit Selbstreinigungseffekt (z. B. Kohlrabi, Kapuzinerkresse, Tulpen) sowie Blätter ohne Selbstreinigungseffekt (z. B. Ahorn, Kastanie) werden von den Kindern auf Stecketiketten geklebt und in einem extrem schmutzigen Außenbereich exponiert. Die Dauer ist abhängig vom Standort sowie den Witterungsbedingungen und sollte

flexibel festgelegt werden. Wilhelm Barthlott exponierte seine Proben in einem ähnlichen Versuch mehrere Wochen. Bei der späteren Untersuchung ihres Blattmaterials werden die Kinder feststellen, dass einzelne Blätter Verschmutzungen aufweisen, die Blätter mit einer superhydrophoben – extrem Wasser abweisenden – Oberfläche jedoch nicht.

Alternativ zur Aufstellung von Pflanzenmaterial im Freien können die Kinder ihre Blätter in diesem Versuch auch gezielt mit verschiedenen Stoffen verunreinigen (s. Kasten S. 28 und Material S. 33, Versuch 1).

Im Anschluss können die Kinder untersuchen, inwiefern sich der Schmutz mit Wasser von den Blättern abspülen lässt. Dazu wird mit einer Pipette vorsichtig Wasser auf die Blätter getropft. Die Beobachtungen sollen in einem Forscherprotokoll festgehalten und später ausgetauscht werden. Mehrfach kopiert, kann dieses Protokoll die Kinder durch Vorbereitung, Durchführung und Interpretation aller Versuche führen und begleiten.

Als Versuchsergebnis sollten die Kinder erkennen, dass es Blätter gibt, die stets sauber bleiben.

Baustein 4: Erforschung der Benetzbarkeit von Oberflächen

Bei der genaueren Ursachenanalyse des Selbstreinigungseffekts fand Wilhelm Barthlott heraus, dass die Oberflächen von superhydrophoben, d. h. stark Wasser abweisenden, selbstreinigenden Pflanzen über eine mit Wackskristallen überzogene, genoppte Oberflächenstruktur verfügen und nicht glatt sind, wie Wis-

senschaftlerinnen und Wissenschaftler es damals im Allgemeinen vermuteten.

Diese spezielle Blattoberflächenstruktur und die dadurch bedingte Selbstreinigungsfähigkeit Wasser abweisender Pflanzen sollen nun auch die Kinder erforschen (s. Material S. 33, Versuch 2). Mit einer Pipette werden Wassertropfen auf Blätter mit Lotus-Effekt® getropft und mit einer Lupe Form, Größe und Bewegung dieser Tropfen beobachtet und beschrieben. Als Ergänzung zu diesem Versuch können Blätter gezielt von den Kindern verschmutzt werden, um zu erfahren, dass Wassertropfen die Schmutzpartikel von der Oberfläche spülen. Den Kindern kann die Ursache hierfür erklärt werden: Die Anhangskraft (Adhäsion) zwischen Blattoberfläche und Schmutzpartikel ist geringer als zwischen Schmutzpartikel und Wassertropfen. Zum besseren Vergleich sollten auch Verhalten und Form von Wassertropfen auf Blättern beobachtet werden, die nicht über eine Wasser abweisende Oberflächenstruktur verfügen. Ihre Beobachtungen notieren oder skizzieren die Kinder erneut in einem Forscherprotokoll.

Im anschließenden Gespräch mit den Kindern sollte deutlich gemacht werden, dass eine besondere Struktur der Blattoberfläche zu der beobachteten kugelrunden Form der Wassertropfen auf den Blättern mit Lotus-Effekt® führt. Die noppenartige Blattoberfläche kann von der Lehrkraft an der Tafel gezeichnet und auf Bildern gezeigt werden.

Baustein 5: Zerstörung der Wasser abweisenden Blattoberfläche

Vertreter aus der Wirtschaft, denen Wilhelm Barthlott den Selbstreinigungsmechanismus der Lotusblätter präsentierte, wollten lange nicht glauben, dass die mikrostrukturierte Oberfläche für den Lotus-Effekt® verantwortlich ist. Diese forschten stattdessen weiter an glatten Oberflächen wie Teflon®.

Die Kinder haben in den beiden vorherigen Bausteinen gelernt, dass verschiedene Blattoberflächen eine unterschiedliche Benetzbarkeit aufweisen und dass die Wasser abwei-

Abb. 2:
Der Selbstreinigungseffekt der Lotuspflanze: Wasser perlt von der mikrostrukturierten Oberfläche der Blätter ab und spült Schmutz mit sich

senden Eigenschaften dieser Pflanzen auf ihrer besonderen Oberfläche beruhen. In diesem Unterrichtsbaustein soll den Kindern verdeutlicht werden, welche Bedeutung die mikrostrukturierte Wachs Oberfläche für den Lotus-Effekt® hat und dass diese eine gewisse Fragilität aufweist (s. **Material S. 33, Versuch 3**).

In einem ersten Schritt zerstören die Kinder die Wachs Oberfläche eines Blattes, indem sie diese vorsichtig mit einem Wattestäbchen abreiben. Anschließend geben sie einen Tropfen Wasser auf das Blatt und beobachten diesen mit einer Lupe. Dabei werden die Kinder sehen, dass die Zerstörung der Wachs Oberfläche zu einer höheren Benetzbarkeit der Blattoberfläche geführt hat: Das Wasser perlt nicht mehr ab, sondern fließt auseinander. Dies resultiert aus der Erhöhung der Adhäsion zwischen Tropfen und Blattoberfläche. Dieser Versuch kann ergänzend mit verschiedenen Blattarten ausprobiert werden (z. B. Kapuzinerkresse oder Kohl). Beobachtungen sollen wieder in einem Forscherprotokoll festgehalten werden.

Baustein 6: Herstellung einer Wasser abweisenden Oberfläche

Wilhelm Barthlott ließ sich den Lotus-Effekt® patentieren. In Zusammenarbeit mit einer Firma entwickelte er schließlich eine Fassadenfarbe, die es ermöglicht, den Selbstreinigungseffekt der Lotusblume auf Gebäudewände zu übertragen, um diese vor Schmutz zu schützen (Abb. 3–4).

Wilhelm Barthlott war davon überzeugt, dass der Lotus-Effekt® von großem wirtschaftlichen Interesse war. Bevor die Kinder in diesem Unterrichtsbaustein selbst eine Wasser abweisende Oberfläche herstellen, sollten sie den möglichen Nutzen erkennen, der aus dem Selbstreinigungseffekt der Lotusblume resultiert. Ideen für technische Anwendungen des Lotus-Effekts® können im gemeinsamen Gespräch gesammelt werden.

Analog zu den vorherigen Bausteinen untersuchen die Kinder die Eigenschaften eines Wassertropfens auf einer künstlich behandelten Oberfläche mithilfe einer Lupe (s. **Material S. 33,**

Versuch 4). Beobachtungen aus den vorangegangenen Versuchen können vergleichend berücksichtigt werden.

Die einzige auf dem Markt erhältliche Farbe (Lotusan®), die den Lotus-Effekt® technisch umsetzt, ist lediglich in größeren Mengen erhältlich und als Baustoff nur bedingt für Grundschulkindern geeignet. So empfiehlt sich für den Unterricht die Imprägnierung einer Oberfläche (z. B. eines Blattes Papier) mit Wachsmalstiften. Zu bedenken ist allerdings, dass so nur die hydrophobe – Wasser abstoßende – Eigenschaft der imprägnierten Fläche simuliert werden kann, nicht aber die mikrostrukturierte Oberflächenstruktur einer mit Lotusan® behandelten Oberfläche. Da man diese besondere Oberfläche der Farbe aber nur mit einem Raster-Elektronenmikroskop – nicht aber mit einer Lupe – entdecken kann, sollte man es dabei belassen, die Kinder auf Unterschiede hinzuweisen.

Aufbauend auf ihren eigenen Ideen für technische Anwendungsmöglichkeiten des Lotus-Effekts®, können die Kinder nun in Sachbüchern und auf Internetseiten (s. **Magazin S. 38 ff.**) recherchieren, ob und in welcher Weise dieses Phänomen in ihrem eigenen Leben bzw. Lebensumfeld bereits genutzt wird.

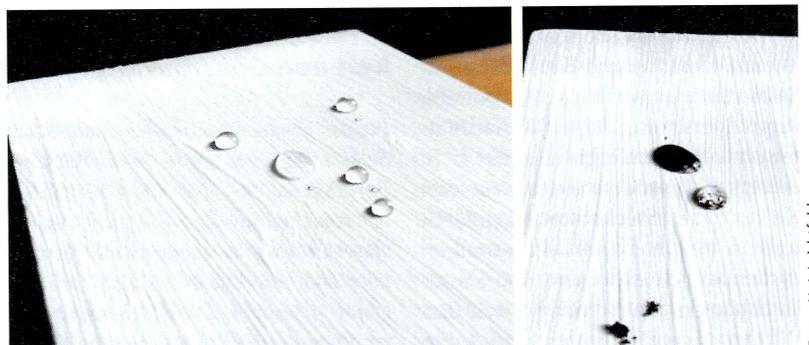
Reflexion: Was macht Forschende aus?

Abschließend bietet es sich an, erneut mit den Kindern über ihre Vorstellung von Forschenden nachzudenken. Hat sich ihr Bild im Lauf der vergangenen Stunden verändert? Falls ja, wie und warum? Erneut können die von den Kindern zu Beginn gezeichneten Bilder betrachtet werden, um einen Impuls für ein abschließendes Unterrichtsgespräch zu geben. ■

Literatur und Links

- Barthlott, Wilhelm (1992): Die Selbstreinigungsfähigkeit pflanzlicher Oberflächen durch Epicuticularwachs. In: Universität Bonn (Hg.): Klima- und Umweltforschung an der Universität Bonn, S. 117–120
- Buschmeyer, Hermann/Behrens-Cobet, Heidi (1990): Biographisches Lernen. Erfahrungen und Reflexionen. Soest: Soester Verlagskontor
- Cerman, Zdenek/Barthlott, Wilhelm/Nieder, Jürgen (2005): Erfindungen der Natur. Bionik – Was wir von Pflanzen und Tieren lernen können. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch
- Cerman, Zdenek/Stosch, Anne Kathrin/Barthlott, Wilhelm (2004): Selbstreinigende Oberflächen und ihre Übertragung in die Technik. Der Lotus-Effekt®. In: Biologie in unserer Zeit, H. 5., S. 290–296
- Daum, Egbert (2004): Der Sachunterricht des „eigenen Lebens“ – Grundkonzeption und empirische Relevanz. In: Hempel, M. (Hg.): Sich bilden im Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 139–152
- Forbes, Peter (2012): Selbstreinigende Materialien. In: Spektrum der Wissenschaft. Spezial. Physik. Mathematik. Technik: Einblicke in die Nanowelt. H. 1, S. 12–19
- Grygier, Patricia (2008): Wissenschaftsverständnis von Grundschulern im Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt
- Hempel, Marlies (1997): Lebensentwürfe von Grundschulkindern – ein Forschungsthema für den Sachunterricht. In: Marquardt-Mau, Brunhilde/Köhnelein, Walter/Lauterbach, Roland (Hg.): Forschung zum Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 169–189
- Kiper, Hanna (1997): Biographisches Lernen im Grundschulunterricht. In: Kiper, Hanna (Hg.): Sachunterricht – kindorientiert. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren, S. 19–31
- Nieder, Jürgen/Cerman, Zdenek/Barthlott, Wilhelm (2003): Der Lotus-Effekt®. Physikalische Grundlage, biologische Bedeutung und technische Möglichkeiten. In: Pädagogik der Naturwissenschaften. Biologie in der Schule, H. 5., S. 8–10
- Pech, Detlef (2006): Damit das Ich nicht verloren geht. Biografie und Autobiografie im Kontext des Sachunterrichts. Online unter: [www.widerstreit-sachunterricht.de/Ausgabe Nr. 7/Oktober 2006/Ebene I/Superworte/Subjektorientierung](http://www.widerstreit-sachunterricht.de/Ausgabe%20Nr.%207/Oktober2006/Ebene%20I/Superworte/Subjektorientierung) (letzter Zugriff 28.10.2010)
- Schomaker, Claudia/Stockmann, Ruth (2007): „Der mitgeschauter Blick“ – berühmte Entdecker und Erfinderinnen im Sachunterricht. In: diess.: Der (Sach-)Unterricht und das eigene Leben. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 244–254
- Schomaker, Claudia/Stockmann, Ruth (2010): Unterrichtsrahmen für das Lernen an Forscherbiografien. Inhaltlich-methodische Bausteine und Arbeitsweisen. In: Grundschule Sachunterricht, H. 46, S. 8–9
- Weddehage, Karen (2013): Dem (eigenen) Leben auf der Spur ... Lebensentwürfe und biographisches Lernen im Sachunterricht. In: Wittkowske, Steffen/von Maltzahn, Katharina (Hg.): Lebenswirklichkeit und Sachunterricht. Erfahrungen – Ergebnisse – Entwicklungen. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 126–134
- www.bionik-online.de

Abb. 3–4:
Die Fassadenfarbe
Lotusan® ermög-
licht es, den Lotus-
Effekt® auf Flächen
zu übertragen
und diese so
vor Schmutz
zu schützen



Fotos: H. J. Leichtfeld

*** WISSEN KOMPAKT ***

Der Lotus-Effekt®

Die Blätter der indischen Lotusblume (*Nelumbo nucifera*) (Abb. 1) weisen eine Art Selbstreinigungsmechanismus auf, der auf der spezifischen Oberflächenstruktur der Epidermis, der äußeren Zellschicht der Pflanze, beruht. Wasser, das auf die Blattoberfläche gelangt, benetzt diese nicht großflächig, sondern bildet kugelige Tropfen. Bereits bei einem sehr geringen Neigungswinkel perlen diese Tropfen von der Oberfläche ab und spülen dabei Staub- und Schmutzpartikel mit sich (Abb. 2). Ein kurzer Regenschauer reicht aus, um die Pflanze zu reinigen (vgl. Cerman/Barthlott/Nieder 2005, S. 33f.).

Als Entdecker dieses Selbstreinigungsmechanismus der Lotus-pflanze gilt der Botaniker Wilhelm Barthlott. Mittels eines Raster-Elektronenmikroskops, mit dem er die Oberflächenstruktur der Pflanze untersuchte, gelang es ihm als erstem Wissenschaftler, die grundlegende Wirkungsweise des Effekts zu erklären (vgl. u. a. Barthlott 1992).

Dieser Selbstreinigungsmechanismus kann auch bei anderen Tier- und Pflanzenarten beobachtet werden. So beispielsweise auf den Flügeln einiger Insekten sowie der *Kapuzinerkresse*, dem *Weißkohl* und dem *Frauenmantel* (vgl. Cerman/Stosch/Barthlott 2004, S. 294).

Funktionsweise des Lotus-Effekts®

Aufgrund seiner Kohäsion (Oberflächenspannung) bildet Wasser im flüssigen Aggregatzustand in der Luft eine Tropfenstruktur aus. Fällt ein Wassertropfen auf einen Gegenstand, so beeinflusst die Adhäsion (Grenzflächenspannung) zwischen Wasser- und Objekt Oberfläche seine runde Form. Auf einer stark hydrophilen, d. h. gut benetzbaren, Oberfläche breitet sich der Tropfen aus und bedeckt den Gegenstand mit einem dünnen Wasserfilm. Fällt der Wassertropfen jedoch auf eine hydrophobe, d. h. Wasser abweisende, Oberfläche, so breitet er sich auf dieser nur zu einem gewissen Grad aus: Seine halbkugelige Struktur bleibt erhalten. Die spezifische Struktur eines Tropfens auf einer Oberfläche liegt demnach im wechselseitigen Verhältnis von der Kohäsion des Wassertropfens selbst sowie der Adhäsion zwischen Objekt Oberfläche und Wassertropfen bzw. Luft und Wassertropfen begründet.

Während das Lotusblatt – mit dem bloßen Auge betrachtet – eher glatterscheint, offenbart sich erst unter dem Raster-Elektronenmikroskop seine nano-mikrostrukturierte Oberflächenstruktur. Angelagert an die Cuticula, der äußeren Schicht der Epidermis (mit Ausnahme im Wurzelbereich), die die Pflanze vor dem Austrocknen bewahrt, finden sich wenige Mikrometer große Wackskristalloide, die der Blattoberfläche eine genoppte Struktur verleihen (Abb. 3).

Die superhydrophobe Eigenschaft des Lotusblatts resultiert einerseits aus der hydrophoben Eigenschaft der Wackskristalloide auf der Cuticula und andererseits aus der noppenartigen Oberflächenstruktur. Aufgrund der geringen Adhäsion zwischen Blattoberfläche und Wassertropfen behält dieser seine Form und perlt schon bei einem geringen Neigungswinkel des Lotusblattes von dessen Oberfläche ab.

Auch Schmutzpartikel liegen nur an wenigen Stellen an der Blattoberfläche auf. Diesen Effekt könnte man mit einem Fakir auf einem Nagelbrett vergleichen (vgl. Cerman/Barthlott/Nieder 2005, S. 49f.). Aufgrund der größeren Adhäsion zwischen Wassertropfen und Schmutzpartikel als zwischen Schmutzpartikel und Blattoberfläche spült Wasser den Schmutz vom Blatt.



Abb. 1: Die Lotusblume (*Nelumbo nucifera*)

Foto: W. Barthlott/lotus-salvinia.de

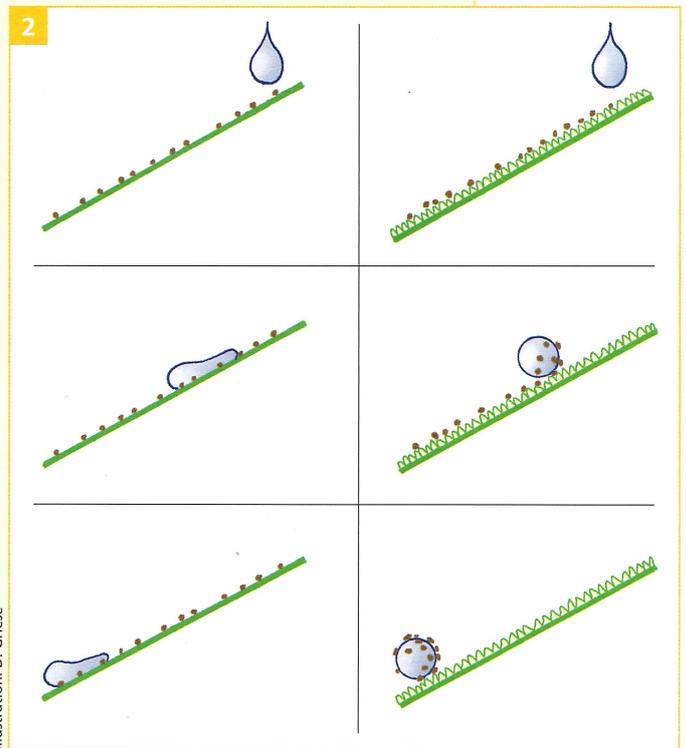


Abb. 2: Links: Oberfläche einer Pflanze ohne Lotus-Effekt®, rechts: Oberfläche einer Pflanze mit Lotus-Effekt®

Illustration: D. Grise

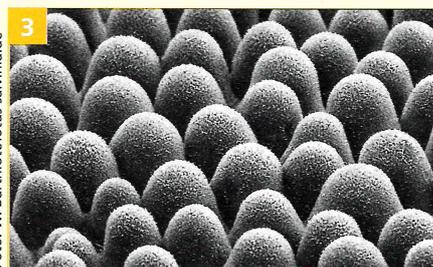


Abb. 3: Mit dem Raster-Elektronenmikroskop ist die genoppte Oberflächenstruktur des Lotusblattes gut zu erkennen

Foto: W. Barthlott/lotus-salvinia.de

*** WISSEN KOMPAKT ***

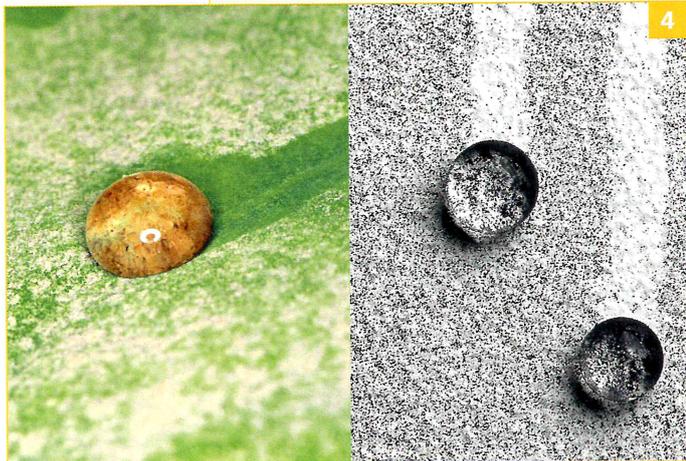
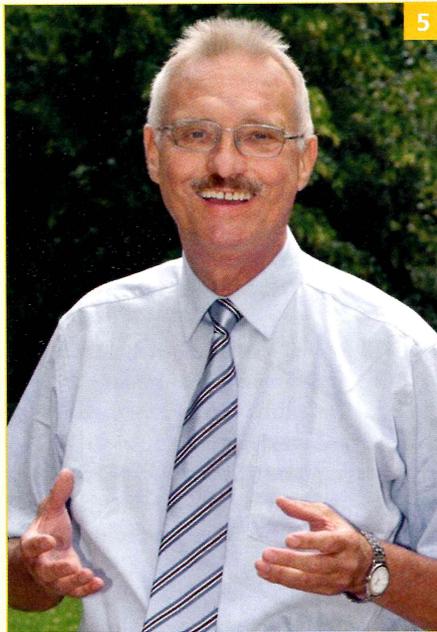


Abb. 4: Durch eine spezielle Fassadenfarbe lässt sich der selbstreinigende Effekt der Lotuspflanze (links) auf Flächen übertragen (rechts). Von der Oberfläche abperlende Wassertropfen nehmen Schmutz mit sich



Fotos: W. Barthlott/lotus-salvinia.de

Von diesem Effekt sind auch hydrophobe Verunreinigungen betroffen, da deren Adhäsion zur superhydrophoben Oberfläche des Lotusblatts geringer ist als zum Wassertropfen.

Heute kann dieser Effekt auf technische Oberflächen übertragen werden. Inzwischen wird der Lotus-Effekt® z. B. bei der Herstellung von Fassadenfarben (Abb. 4), Dachziegeln, speziellen Lacken und Folien angewandt (vgl. Forbes 2012).

Biografie Wilhelm Barthlotts¹

22. Juni 1946 Geburt in Forst bei Bruchsal (Baden-Württemberg)

1966 Abitur und Grundwehrdienst

1968 – 1973 Studium der Biologie in Heidelberg (Nebenfächer: Chemie, Physik und Geografie)

1973 Promotion zum Dr. rer. nat.

(Thema zur Systematik, Biogeographie und Oberflächenstruktur von Kakteen)

1968 Reise nach Kamerun: erste Bekanntschaft mit den Tropen und dem Kontinent Afrika

1974 – 1981 Wissenschaftliche Assistenz in Heidelberg am Institut für Systematische Botanik und Pflanzengeographie
Forschungsgebiete: Untersuchung pflanzlicher Grenzflächen (Systematik, Struktur und Funktion) mithilfe eines Raster-Elektronenmikroskops und biogeographisch-tropenökologischen Arbeiten (Aufenthalte in Ecuador, Brasilien und der Elfenbeinküste)

Seit Beginn der **1970er-Jahre**: Untersuchung des Effekts der Selbstreinigung mit dem Raster-Elektronenmikroskop; zunächst bei der Kapuzinerkresse, anschließend an Lotusblättern
1976 Publikation seiner Entdeckung Wasser abweisender Blattoberflächen mit Selbstreinigungseffekt (zu diesem Zeitpunkt nimmt niemand Kenntnis davon)

1981 Habilitation

1982 – 1985 Professur am Institut für Systematische Botanik und Pflanzengeographie der Freien Universität Berlin

1985 – 2011 Professur am Botanischen Institut und Direktorat des Botanischen Gartens der Universität Bonn, Tätigkeit in wissenschaftlichen Beiräten sowie im Vorstand mehrerer Gesellschaften
1992 Erstmalige Publikation seiner Entdeckung als Lotus-Effekt®
2003 Gründung und Leitung des Nees-Instituts für Biodiversität der Pflanzen (Universität Bonn)

Seit 2011 Emeritierung; weiterhin Tätigkeit am Institut Wilhelm Barthlott (Abb. 5) ließ sich seine Forschungsarbeiten als den Lotus-Effekt® patentieren und erhielt für seine Entdeckungen zahlreiche Auszeichnungen und Forschungspreise. Insgesamt entstanden über 400 Publikationen.

Karen Weddehage/Jan Heiko Wohltmann

Anmerkung

¹ Die Biografie wurde auf der Basis eines Interviews mit Wilhelm Barthlott am 17.10.2013 in Bonn zusammengestellt.

Literatur und Links

Barthlott, Wilhelm (1992): Die Selbstreinigungsfähigkeit pflanzlicher Oberflächen durch Epicuticularwachse. In: Universität Bonn (Hg.): Klima- und Umweltforschung an der Universität Bonn, S. 117–120
Barthlott, Wilhelm (2010): Bionik-Pionier verpasst Schiffen ein Luftpolster. Online unter <http://www.biotechnologie.de/BIO/Navigation/DE/Aktuelles/menschen,did=113130.html> (letzter Zugriff 05.12.2013)
Barthlott, Wilhelm (2011): Rede am 1.7.2011 anlässlich seiner Emeritierungsfeier (unveröffentlicht) Barthlott, Wilhelm: Vorwort zum Kapitel „Der Lotus-Effekt®“. In Funke, Michael: Nanotechnologie in der Schule. Erscheint voraussichtlich 2015
Cerman, Zdenek/Barthlott, Wilhelm/Nieder, Jürgen (2005): Erfindungen der Natur. Bionik – Was wir von Pflanzen und Tieren lernen können. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch
Cerman, Zdenek/Stosch, Anne Kathrin/Barthlott, Wilhelm (2004): Selbstreinigende Oberflächen und ihre Übertragung in die Technik. Der Lotus-Effekt®. In: Biologie in unserer Zeit, H. 5, S. 290–296
Forbes, Peter (2012): Selbstreinigende Materialien. In: Spektrum der Wissenschaft. Spezial. Physik. Mathematik. Technik: Einblicke in die Nanowelt. H. 1, S. 12–19
www.nees.uni-bonn.de/mitarbeiter/cvs/curriculum-vitae-wilhelm-barthlott
www.lotus-salvinia.de

VERSUCH 1

Verschmutze verschiedene Blätter mit unterschiedlichen Materialien. Dann tropfe Wasser auf die verschmutzten Blätter und beobachte, was passiert.

Schreibe deine Beobachtungen in dein Forscherprotokoll.

Bei seinen Forschungen beobachtete Wilhelm Barthlott immer wieder, dass es verschiedene Pflanzen gibt: Einige verschmutzen mit der Zeit und einige sind praktisch immer sauber!

VERSUCH 2

Gib mit einer Pipette Wassertropfen auf verschiedene Blätter.

Beobachte genau, wie die Wassertropfen aussehen.

Nimm eine Lupe zu Hilfe und achte auf Form, Größe und Bewegung der Tropfen.

Notiere deine Beobachtungen in deinem Forscherprotokoll oder zeichne.

Bei seinen Forschungen fand Wilhelm Barthlott heraus, dass die Oberfläche einiger Blätter Wasser abweisend ist. Er nannte seine Entdeckung „Lotus-Effekt“.

VERSUCH 3

Probiere aus, ob du den Lotus-Effekt auf einem Blatt zerstören kannst. Dann tropfe mit einer Pipette Wasser auf das Blatt. Wie verhält sich der Tropfen? Achte auf seine Form, Größe und Bewegung. Beschreibe deine Beobachtungen in deinem Forscherprotokoll oder zeichne.

Früher glaubten die Wissenschaftler, dass nur eine ganz glatte Oberfläche Wasser abweisend ist. Aber Wilhelm Barthlott hat den anderen Forschern gezeigt, dass das falsch ist. Es sind nämlich winzige Wachsnoppen auf der Blattoberfläche, die ein Blatt Wasser abweisend machen. Der Lotus-Effekt funktioniert nicht mehr, wenn man diese Wachsnoppen abwischt!

VERSUCH 4

Stelle eine Wasser abweisende Oberfläche auf einem Blatt Papier her.

Beobachte genau, wie sich ein Wassertropfen auf der von dir behandelten Oberfläche verhält. Achte wieder auf seine Form, Größe und Bewegung. Beschreibe deine Beobachtungen in deinem Forscherprotokoll oder zeichne.

Wilhelm Barthlott hat eine Möglichkeit gefunden, den Lotus-Effekt auf eine andere Fläche zu übertragen. Eine spezielle Farbe sorgt dafür, dass Wasser von dieser Fläche abperlt wie von einem Blatt mit Lotus-Effekt.