

Selbstreinigende Oberflächen - der Lotus-Effekt

bearbeitet von: _____

Die Lotus-Pflanze (*Nelumbo nucifera*) gilt im Buddhismus schon seit Tausenden von Jahren als Symbol absoluter Reinheit. Der Grund dafür ist der besondere Effekt, der auf den Blättern dieser Pflanze zu beobachten ist: der so genannte **Lotus-Effekt**.



*Lotus-Pflanze im Botanischen
Garten der Universität Konstanz.*

Aufgabe 1: Den Lotus-Effekt erleben

Finde selbst heraus, was sich hinter dem Lotus-Effekt verbirgt. Gib dazu verschiedene Flüssigkeiten auf ein Blatt der Lotus-Pflanze, die du im Botanischen Garten der Universität findest, z. B.:

- normales Wasser
- Schmutzwasser
- Sirup
- Honig
- lösungsmittelfreien Flüssigkleber

Beschreibe genau, was du beobachten kannst!

Alle diese Flüssigkeiten perlen restlos ab, ohne Rückstände zurück zu lassen. Den Effekt kann man, wie unten beschrieben, auch mit Blättern anderer Arten demonstrieren. Das können Sie auch im Unterricht nutzen, wenn Sie nicht an Lotus-Blätter heran kommen. Allerdings funktioniert der Effekt nicht auf allen diesen Blattsorten gleichermaßen gut. Reines Wasser und Schmutzwasser perlen überall gut ab. Mit Honig,

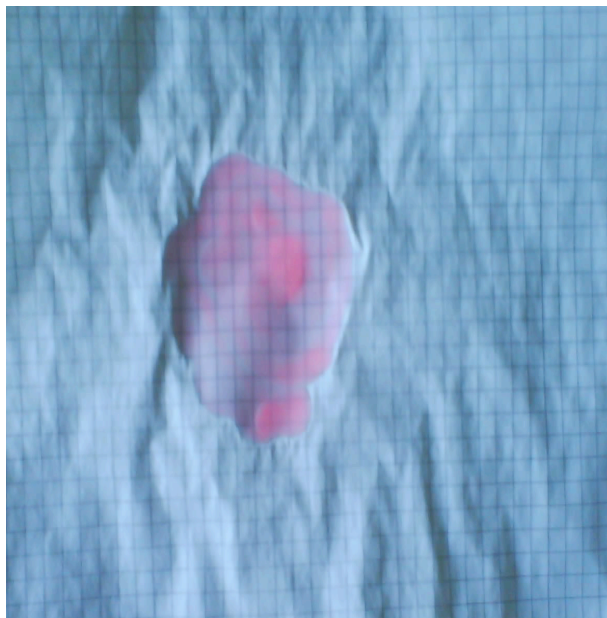
Kleber und Sirup funktioniert das zumindest auf dem Kohlrabi-Blatt jedoch nicht.

*Tipp: Den Effekt kannst du (zumindest mit Wasser und Schmutzwasser!) zu Hause auch deinen Eltern zeigen. Dazu kannst du z. B. die **Blätter von Kapuzinerkresse, Blumenkohl oder Kohlrabi** verwenden.*

Aufgabe 2:

Um zu verstehen, was die Ursache dieses erstaunlichen Effekts ist, müssen wir zunächst zwei Begriffe klären. Einige von euch kennen diese Begriffe vielleicht schon aus dem Chemie-Unterricht.

Nimm dazu ein DIN A4 Blatt und falte es quer, so dass du etwa DIN A5 Format erhältst. Zünde dann eine der Kerzen an und tropfe das geschmolzene Wachs flächig auf das Papier, so dass etwa ein faustgroßer Wachsfilm entsteht! Betrachte dazu auch die untere Abbildung!



Papierfläche mit einem Wachsleck in der Mitte

Lasse das Wachs dann erkalten und besprühe das Papier anschließend großflächig mit Wasser aus der bereitgestellten Sprühflasche!

Vergleiche, was du auf beiden Flächen (Papier, Wachs) beobachten kannst! Kannst du deine Beobachtungen auch schon begründen?

Während die Papierfläche großflächig mit Wasser benetzt wird, perlt das Wasser vom Wachsleck sehr effizient ab, so dass die Schicht nach dem Besprühen **fast sofort wieder trocken** ist.

Erfahrungsgemäß wissen viele Schüler, dass Wachs Wasser abweist. Sollten Schüler diese Begründung anbringen, so können Sie bereits an dieser Stelle darauf eingehen, dass es sowohl wasserabweisende als auch wasseranziehende Stoffe/Substanzen gibt, die der Chemiker als **hydrophob** und **hydrophil** bezeichnet. Entscheidend für diese

Einteilung ist im einfachsten Fall z. B. die Benetzungsfähigkeit der Oberfläche mit Wasser.

Kippe etwas Wasser von der Papierfläche ab, indem du sie etwa 30 Sekunden lang senkrecht hältst! Streiche dann mit je einem Finger über die Papierfläche und über den Wachsfilm! Was stellst du fest bzw. was spürst du? Erkläre es!

s. o.

Lasse das Papier dann senkrecht stehen, damit es etwas abtrocknen kann. Wir benötigen es später noch einmal.

Die Wachsfläche ist im Gegensatz zur Papierfläche nicht gut mit Wasser benetzbar. Wachs ist wasserabweisend. Der Chemiker sagt auch, es ist **hydrophob** („hydro“ = Wasser; „phob“ = abstoßend). Papier ist im Vergleich dazu gut mit Wasser benetzbar, weil es wasseranziehender als Wachs ist. Man sagt, es ist **hydrophil** („phil“ = liebend). Auf wasserabstoßenden Flächen neigt das Wasser eher zur Bildung von Tropfen als auf wasseranziehenden Flächen. Durch die verstärkte Tropfenbildung auf hydrophoben Flächen kann es dort durch die kugelartige Tropfenform auch etwas leichter abfließen, weshalb du auch gespürt hast, dass die Wachsschicht fast trocken war.

Aufgabe 3: Einschätzung von Materialeigenschaften

Kreuze an, welche der folgenden Materialien du als **wasserabstoßend** bezeichnen würdest!

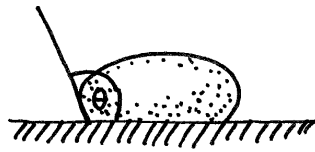
- | | | |
|------------------------|---------------------|-------------------------|
| a) Pappe | b) Plaste | c) Alufolie |
| d) Tapete | e) Frischhaltefolie | f) Glas/Fensterscheiben |
| g) Gips | h) Baumwollkleidung | i) Gummi |
| j) (unlackiertes) Holz | k) Watte | l) Porzellan/Keramik |
| m) Lacke | | |

Richtig sollten die Antworten b), c), e), f), i), l), und m) sein.

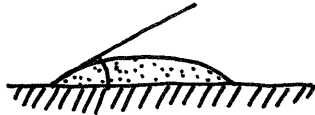
Aufgabe 4: Messung des Kontaktwinkels

Nutze für diese Aufgabe noch einmal das vorbereitete Papier aus Aufgabe 2! Es sollte jetzt allerdings wieder weitgehend trocken sein.

Um zu beurteilen, ob eine Oberfläche hydrophob oder hydrophil ist, bestimmt man den so genannten **Kontaktwinkel zwischen der Oberfläche und dem direkt darauf liegenden Wasserrand**. Das ist auch in folgender Abbildung dargestellt:



Schlechte Benetzbarkeit:
Winkel größer 90°



Gute Benetzbarkeit:
Winkel kleiner 90°

Ist der Kontaktwinkel größer als 90° , ist die Oberfläche **hydrophob**. Ist er kleiner als 90° , so ist die Oberfläche **hydrophil**.

Fülle die 10-ml-Plastikspritze aus dem Bionik-Koffer mit einigen Millilitern Wasser! Gib dann vorsichtig je ca. 1 ml (ggf. etwas mehr) auf die Papier- und die Wachfläche. Das Wasser darf nicht verlaufen, sondern es muss jeweils ein deutlicher, großer Tropfen sichtbar sein!

Betrachte nun die beiden Wasserflecken von der Seite und beschreibe die Größe des jeweiligen Kontaktwinkels mit folgenden Begriffen: *spitzer Winkel*, *rechter Winkel*, *stumpfer Winkel*.

Achten Sie darauf, dass die Schüler wirklich zwei deutliche Tropfen produzieren. Mit den Spritzen lässt sich dies gut dosieren. Im Falle der Wachsschicht schließt der Tropfenrand zusammen mit der Oberfläche einen stumpfen Winkel ein. Auf dem Papier ist der entsprechende Kontaktwinkel ein spitzer Winkel.

Beurteile nun, ob die beiden Oberflächen jeweils **hydrophil** oder **hydrophob** sind!

Die Wachsschicht ist also **hydrophob**, die Papierschicht **hydrophil**.

Teste, wenn du magst, mit Hilfe dieser Methode, ob du bei **Aufgabe 3** immer die richtige Entscheidung getroffen hast! Dokumentiere alles hier!

Diese Aufgabe können Sie entweder im Unterricht durchführen, um die Thematik noch einmal aufzugreifen. Oder aber die Versuche können – so genügend Zeit zur Verfügung steht – direkt vor Ort durchgeführt werden. Wenn die Zeit nach Ihrer Einschätzung zu knapp ist, kann diese Aufgabenstellung auch weggelassen oder aufgeschoben werden.

Hinweis: Nicht alle in Aufgabe 3 genannten Materialien eignen sich gut für die Bestimmung des Kontaktwinkels!

Aufgabe 5: Nachweis der Kohäsionskräfte zwischen Wasserteilchen

Wenn eine Flüssigkeit eine Oberfläche benetzt, spielen zwei entgegengewirkende Kräfte eine entscheidende Rolle:

- Die **Kohäsionskräfte** wirken zwischen den Teilchen eines Stoffes, also auch zwischen den Wasserteilchen im Wasser, das sich auf einer Oberfläche befindet.
- Die **Adhäsionskräfte** wirken zwischen den Teilchen der benetzenden Flüssigkeit und den Teilchen der benetzten Oberfläche.

Dir stehen nun zwei Eimer zur Verfügung. Fülle einen der Eimer zu Dreivierteln mit Wasser und stelle ihn auf einen Tisch! Den anderen Eimer stellst du auf den Boden.

Eure Aufgabe besteht nun darin, das Wasser nur mit Hilfe eines Wasserschlauches aus dem oberen in den unteren Eimer zu befördern. Überlegt euch gemeinsam, wie ihr das anstellen könnt! Folgende Regeln gelten:

- Keiner der beiden Eimer darf seinen Platz verlassen.
- Keiner der beiden Eimer darf gekippt werden.
- In keinen der Eimer darf ein Loch gebohrt werden. Es stehen euch als Werkzeuge überhaupt nur die beiden Eimer und der Schlauch zur Verfügung.

Dokumentiert euer Vorgehen hier und erklärt genau, warum der Versuch so funktioniert!

Der Versuch gelingt den Schülern nur dann, wenn der Schlauch vorher komplett mit Wasser gefüllt und dann mit einem Ende in den Eimer mit Wasser gehalten wird. Das andere Ende muss in den leeren, unten stehenden Eimer gehalten werden. Durch den Höhenunterschied und die starken Kohäsionskräfte zwischen den kleinen Wasserteilchen reißt der Wasserstrahl nicht ab und fließt auch „über einen Berg hinweg“ in den tiefer stehenden Eimer.

Lenken Sie die Aufmerksamkeit der Schüler auf die Tatsache, dass das Wasser auf den ersten Zentimetern der Strecke wirklich spontan „bergauf“ fließt, was es unter normalen Umständen nie tun würde. Der Grund dafür sind die zwischen Wasserteilchen wirkenden Anziehungskräfte (Kohäsionskräfte), die ein Abreisen des Wasserstrahls verhindern, weil sie der Gewichtskraft des fließenden Wassers entgegen wirken!

Aufgabe 6: Wechselbeziehungen zwischen Adhäsions- und Kohäsionskräften

Die in Aufgabe 5 nachgewiesenen Kohäsionskräfte zwischen den Teilchen eines Stoffes sorgen im Falle des Wassers z. B. für die extrem hohe Oberflächenspannung. So können Wasserläufer z. B. über das Wasser laufen, wie auf einer dünnen Haut, ohne dabei einzusinken.

Nimm eine Petrischale und fülle sie bis kurz unter den Rand mit Wasser! Gib dann mit Hilfe der Tropfpipette **sehr vorsichtig (!)** tropfenweise Wasser zu, bis die Schale überzulaufen beginnt!

Was stellst du fest? Begründe!

Man kann die Petrischale bis über den Rand füllen, ohne dass sie überläuft, wenn man es geschickt und mit ruhiger Hand tut. Es bildet sich dann eine Art „Wasserberg“, der rein durch die hohe Oberflächenspannung, verursacht durch die starken Kohäsionskräfte zwischen den kleinen Wasserteilchen, hält.

Leere die Petrischale komplett aus und fülle sie dann erneut zu etwa Dreivierteln mit Wasser! Lege nun vorsichtig eine Büroklammer auf die Wasseroberfläche! Schaffst du es, sie so zu platzieren, dass sie nicht untergeht?

Deute deine Beobachtungen kurz!

Die Büroklammer schwimmt auf der „Oberflächenhaut“ des Wassers, genau wie der Wasserläufer. Ihre Gewichtskraft reicht **in dieser Lage** nicht aus, um die Kohäsionskräfte zwischen den kleinen Wasserteilchen zu durchbrechen. Weisen Sie ihre Schüler darauf hin, dass das Experiment nicht funktionieren würde, wenn man die Büroklammer hochkant auf die Wasseroberfläche setzt. Entscheidend ist, auf welcher Fläche die Gewichtskraft verteilt wird. Der auf die Wasseroberfläche ausgeübte Druck ist im ersten Falle so klein, dass die Oberflächenspannung des Wassers der durch die Büroklammer einwirkenden Kraft standhalten kann. Im zweiten Fall ist der Druck auf die Wasseroberfläche ungemein größer, weil die Auflagefläche wesentlich kleiner ist. Dieser Krafteinwirkung kann die Oberflächenspannung des Wassers nicht standhalten. Die Büroklammer durchdringt die Wasseroberfläche und taucht in das Wasser ein.

Die Oberflächenspannung des Wassers wird auch in folgendem Versuch gut sichtbar:

Nimm das entsprechend gekennzeichnete Schnappdeckelglas und fülle es zur Hälfte mit Wasser! Lasse es dann ruhig auf dem Tisch stehen und betrachte es von der Seite!

Beschreibe und/oder zeichne auf, wie die Wasseroberfläche im Glas „liegt“ und versuche, deine Beobachtungen zu begründen!

Die Wasseroberfläche zeigt eine Wölbung nach unten, den so genannten Meniskus. Die Begründung könnte man wie folgt formulieren: die Kohäsionskräfte zwischen den kleinen Wasserteilchen (und damit die Oberflächenspannung des Wassers im Gläschen) sind größer als die Adhäsionskräfte zwischen den kleinen Teilchen des Wassers und denen in der Glaswand. Im „Inneren“ der Wasserportion im Glas, (also dort, wo kein Wasserteilchen die Glaswand berührt) wirken auf die Teilchen nur die Kohäsionskräfte der anderen Teilchen in der Umgebung. Auf die Teilchen nahe an der Gefäßwand wirken zusätzlich Adhäsionskräfte den Kohäsionskräften entgegen. Die auf diese Teilchen wirkenden Netto-Kohäsionskräfte sind also kleiner als die im „Innern“ der Wasserportion auf die Teilchen wirkenden Kohäsionskräfte. Das führt dazu, dass die „inneren“ Wasserteilchen stärker „nach unten“ gezogen werden als die äußeren, wodurch die genannte Wölbung entsteht.

Zusatzaufgabe:

Wiederhole alle unter Aufgabe 6 durchgeführten Experimente mit „Spüli-Wasser“, das du unter Anleitung deines Lehrers anfertigst!

Beschreibe jeweils deine Beobachtungen und vergleiche diese mit den Beobachtungen aus den Experimenten mit reinem Wasser!

Kannst du daraus schließen, welche Wirkung das Spülmittel im Wasser hat? Dein Lehrer kann dir dabei helfen.

Die kleinen Teilchen des Spülmittels drängen sich zwischen die kleinen Teilchen des Wassers und unterbrechen oder schwächen die Kohäsionskräfte zwischen den kleinen Wasserteilchen. Dadurch funktionieren alle diese Experimente aus Aufgabe 6 nicht mehr. Das Wasser im Glas zeigt keinen Meniskus mehr, sondern nur eine völlig horizontale, ungewölbte Wasseroberfläche.

Aufgabe 7:

Kreuze mit Hilfe deines bisherigen Wissens im Folgenden an, welche der Aussagen zutrifft:

- a) Je größer die Kohäsionskräfte zwischen den Teilchen einer benetzenden Flüssigkeit bei gleichbleibender benetzter Oberfläche sind, desto kleiner ist der gemessene Kontaktwinkel.
- b) Sind die Kohäsionskräfte zwischen den Teilchen der benetzenden Flüssigkeit kleiner als die Adhäsionskräfte zwischen den Teilchen der benetzenden Flüssigkeit und den Teilchen der benetzten Oberfläche, so bezeichnet man die Oberfläche als hydrophil.
- c) Bei hydrophoben Oberflächen sind die Adhäsionskräfte zwischen benetzender Flüssigkeit und benetzter Oberfläche kleiner als die Kohäsionskräfte zwischen den Teilchen der benetzenden Oberfläche.
- d) Je größer die Adhäsionskräfte zwischen den Teilchen einer benetzenden Flüssigkeit und der benetzten Oberfläche bei gleicher Flüssigkeit sind, desto kleiner ist der Kontaktwinkel.

Richtig sind die Antworten a), b) und c).

Aufgabe 8: Eine kleine Zusammenfassung

Zeit für eine kleine Zwischenbilanz! Der folgende Text fasst all das zusammen, was du nach Bearbeitung der voran gegangenen Pflichtaufgaben jetzt wissen solltest.

Fülle den Text mit Hilfe deiner Erkenntnisse aus allen bisherigen Aufgaben zum Lotus-Effekt aus! Nutze dazu die unten stehenden Begriffe!

Lösung:

Die **Oberfläche** der **Blätter** vieler Pflanzen ist mit einer dünnen **Wachsschicht** überzogen, die **wasserabweisend**, also **hydrophob** ist. Sie sorgt dafür, dass die **Blattoberfläche** nicht besonders gut mit **Wasser** benetzt werden kann. Die **Anziehungskräfte** zwischen den kleinen Teilchen im **Wachs** und den kleinen **Wasserteilchen** sind in diesem Falle kleiner als die **Anziehungskräfte** zwischen den kleinen **Wasserteilchen**. Deshalb überwiegt die **Oberflächenspannung** des Wassers und sorgt dafür, dass sich das Wasser zu **Tropfen** einkugelt, die leichter von der Blattoberfläche abrollen.

Kannst du dir vorstellen, welche Funktion(en) die Wachsschicht auf den Blättern von Pflanzen noch erfüllt?

Sie schützt vor Verdunstung. Außerdem sorgt sie dafür, dass die Oberfläche immer keimfrei bleibt und sich Verschmutzungen nicht dauerhaft einnisten können. Lassen Sie die Schüler einige Ideen dazu sammeln und bewerten Sie diese entsprechend.

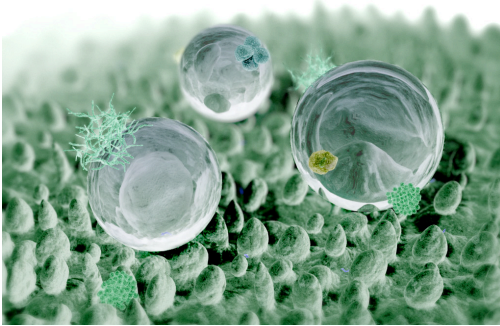
Aufgabe 9: Lotus-Spezial

Wir machen nun den Test! Ist die Wachsschicht auch für das Abperlen von Honig, Flüssigkleber und Sirup verantwortlich?

Überlege dir ein Experiment, mit dem du dies überprüfen kannst! Nutze dazu Materialien (und Ideen?), die bereits in den Aufgaben 1 bis 8 verwendet wurden!

Dokumentiert euer Experiment und wertet die Ergebnisse entsprechend aus!

Für dieses Experiment kann man wieder eine Wachsfläche nutzen, die man wie in Aufgabe 2 durch Auftropfen von Wachs auf eine Papierfläche erzeugt. Wasser und auch Schmutzwasser wird fast restlos abperlen. Aber Honig, Kleber und auch Sirup bleiben größtenteils kleben. Das heißt, dass die Wachsschicht alleine nicht dafür verantwortlich sein kann, dass so gut wie alle Flüssigkeiten von der Oberfläche des Lotus-Blattes abperlen.



Dies ist eine computeranimierte Lotusblatt-Oberfläche. Man sieht feine Wachsnoopen. Das Blatt ist also mikroskopisch rau.

(Quelle: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lotus3.jpg>)

Wie so aber perlt dann Wasser hier besser ab? Hast Du eine Idee?

Der Wassertropfen sitzt nur auf den Spitzen der Noppen auf, Hat also wenig Kontakt mit der Unterlage.

Aufgabe 10:

Man sollte meinen, dass Flüssigkeiten auf glatten Oberflächen weniger gut haften bleiben als auf rauen Oberflächen. Du hast in den Aufgaben 1 und 9 sicherlich festgestellt, dass das genaue Gegenteil der Fall ist. Wie kann man das verstehen? Dazu machen wir folgenden Versuch:

Im Bionik-Koffer findest du:

- einen Holzblock mit einer Drahtöse
- einen Newtonschen Kraftmesser
- zwei verschiedene Holzoberflächen

Beschreibe kurz, wie sich beide Holzoberflächen unterscheiden!

Eine der Oberflächen wirkt durch die Querrillen rau. Die andere ist wesentlich glatter.

Hake den Kraftmesser in die Drahtöse des Holzblocks ein und ziehe den Holzblock dann je ein Stück über beide Holzoberflächen!

- i) Schreibe jeweils deine Beobachtungen auf! Notiere dir jeweils, welche Kraft nötig war, um den Holzblock über die jeweilige Holzoberfläche zu ziehen!
- ii) Überlege dir nun gemeinsam mit deinem Lehrer, was die am Kraftmesser gemessene Kraft aussagt!
- iii) Interpretiert eure Versuchsergebnisse im Hinblick auf das zu Beginn der Aufgabe geschilderte Problem!

Die zum Bewegen des Holzblocks benötigte Kraft ist auf der rauen Oberfläche geringer als auf der glatteren Oberfläche. Das liegt daran, dass die auftretende Reibungskraft hier geringer ist, da die Kontaktfläche zwischen Holzblock und Holzoberfläche kleiner ist. Die Reibungskraft hängt also proportional mit der Kontaktfläche zwischen beiden Körpern /Oberflächen zusammen. Dadurch ist selbstverständlich auch die Haftung auf der rauen Oberfläche geringer.

Die genoppte, raue Oberfläche der Lotus-Blätter in Verbindung mit der wachsartigen, wasser-/flüssigkeitsabweisenden Beschichtung bietet so gut wie keinem Stoff eine gute Haftungsgrundlage. Selbst winzigste und feinste Verschmutzungen finden auf den Lotus-Blättern keinen dauerhaften Halt und werden vom Regenwasser rückstandslos weggewaschen.

Hierzu gibt es auf www.wikipedia.de auch zwei sehr anschauliche Computeranimationen!

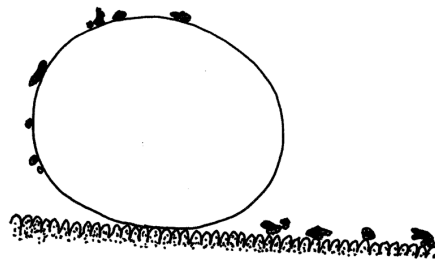
Aufgabe 11: Der Selbstreinigungseffekt

Teste den geschilderten „Selbstreinigungseffekt“ selbst aus. Gib dazu verschiedene Materialien auf die Oberfläche eines Lotus-Blattes und träufle mit der Tropfpipette anschließend etwas Wasser darüber! Als Materialien kannst du z. B. nehmen:

- feinen Graphitstaub
- feinen Lehmstaub
- feinen Kalkstaub

Beschreibe jeweils, was du beobachten kannst und erkläre dies mit all dem, was du im Verlauf dieser Station über den Lotus-Effekt gelernt hast!

Alle diese Stoffe werden vom Wasser mitgerissen. Die Blattoberfläche verbleibt rückstandsfrei. Hydrophile, die in der Regel auch gut wasserlöslich sind, werden schon aus diesem Grund recht gut durch das über die Blattoberfläche laufende Wasser mitgerissen. Aber selbst Graphitstaub, der sich überhaupt nicht in Wasser löst, wird problemlos entfernt, obwohl die Blattoberfläche hydrophob und deshalb für den hydrophoben Graphitstaub eine wesentlich „angenehmere“ Umgebung ist. Das liegt an der sehr geringen Kontaktfläche zwischen den Graphit-Partikeln und dem Lotus-Blatt, die die auftretenden Haftreibungskräfte minimiert.



Beim Abrollen nimmt Wasser Schmutzpartikel auf.

Welche(n) Vorteil(e) hat dieser Selbstreinigungseffekt für die Lotus-Pflanze?

Die Blattoberfläche wird bei jedem Regenguss selbst von kleinsten Verunreinigungen befreit (selbst hydrophobe Verunreinigungen werden weggewaschen, obwohl sie schlecht wasserlöslich sind; denn sie haften nur sehr, sehr schlecht auf der Oberfläche der Lotus-Blätter). So können sich keine Keime oder Krankheitserreger und Pilze einnisten. Außerdem werden die Spaltöffnungen, die für den Gasaustausch der Pflanze von großer Bedeutung sind, nicht verstopft.

Der Lotus-Effekt hat die moderne Bionik mittlerweile fest im Griff.

Überlege dir, inwiefern der Lotus-Effekt in verschiedenen Bereichen des Alltags und der Technik zum Einsatz kommen könnte und welche Vorteile das hätte!

Sammeln Sie gemeinsam mit den Schülern einige Ideen! Besonders gut würde sich der Effekt z. B. bei Materialien eignen, die ständiger Verschmutzung und dadurch auch der Gefahr frühzeitiger Verwitterung ausgesetzt sind.

Der Lotus-Effekt wurde schon in vielen Bereichen des Alltags und der Technik erfolgreich erprobt und wird auch vielerorts bereits alltäglich eingesetzt.

- So gibt es beispielsweise Wandanstriche, von denen jeglicher Schmutz entweder durch Regenwasser abperlert oder durch einfaches Abwischen mit einem nassen Tuch entfernt werden kann.
- Es werden bereits Dachziegel produziert, deren Oberfläche ähnlich gestaltet ist wie die des Lotus-Blattes. So wird nicht nur verhindert, dass sich Wasser/Feuchtigkeit längere Zeit auf den Ziegeln hält und diese dadurch allmählich korrodieren. Sondern es werden durch auftreffenden Regen auch jegliche Schmutzpartikel restlos abgewaschen. Auch dadurch wird eine Korrosion verhindert und das gedeckte Dach sieht zudem länger schön aus.
- Einige Hersteller von Autoscheibenreinigungsmitteln verwenden bereits Reinigungsmittel mit dem Lotus-Effekt. Auf Autoscheiben, die mit diesen Mitteln behandelt wurden, bleiben weder Regen oder Schnee, noch Insekten oder andere Verschmutzungen langfristig haften.
- Flugzeuge werden mit speziellen Lacken und Versiegelungen überzogen, die den Lotus-Effekt ebenfalls imitieren.

Genutzte Quellen:

Webseiten:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Lotuseffekt>

<http://www.lotus-effekt.de/funktion/ober.php>

<http://www.natur-lexikon.com/Texte/MZ/001/00067-Wasserlaeufer/MZ00067-Wasserlaeufer.html>

<http://www.physik.uni-kassel.de/did/gs/Eisen%20schwimmt.htm>

<http://www.putz-dekor.org/index.php?L=&id=21&type=0&uid=1305>

<http://www.putthoff.eu/page6.html>

<http://www.lotustech.de/lotuseffekt.html>

http://maler-niehof.de/18128.html?*session*id*key*=*session*id*val*

(Stand der Internetquellen: 26.08.2009, 14.44 Uhr)

Für Abb. in Aufgabe 9: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lotus3.jpg>, 05.06.2010, 17.17 Uhr

Fachbücher:

Belzer, S.: Die genialsten Erfindungen der Natur. Bionik für Kinder. S. Fischer Verlag GmbH, Frankfurt am Main, 2010, S. 28 – 30 und S. 204 – 215

Hill, Prof. Dr. Bernd: Bionik, Lernen von der Natur; DUDEN PAETEC Schulbuchverlag, Berlin, Frankfurt a. M.; 1. Auflage, 2006