

## 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**.

### 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!**

---

---

---

---

---

---

---

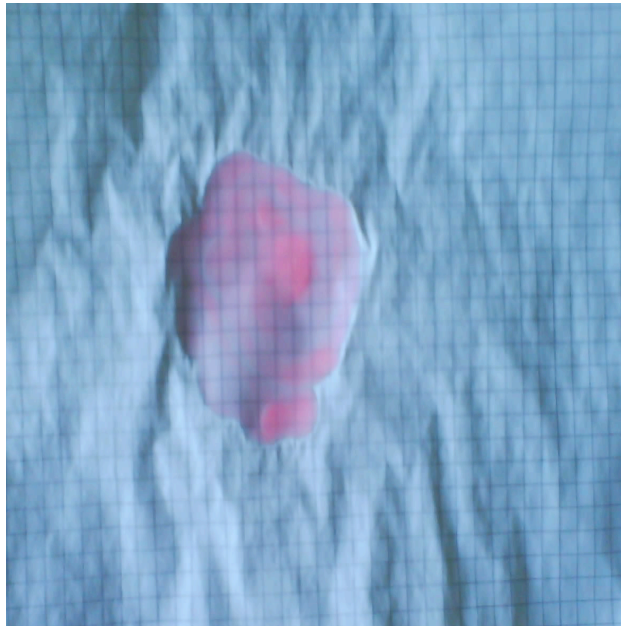
---

*Tip:* 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 Wachsfilmm 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?

---

---

---

---

---

---

---

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!

---

---

---

---

---

---

---

---

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

Die Wachfläche 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

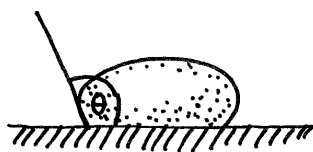
Kreuze an, welche der folgenden Materialien du als **wasserabstoßend** bezeichnen würdest!

- |                        |                     |                         |
|------------------------|---------------------|-------------------------|
| 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               |                     |                         |

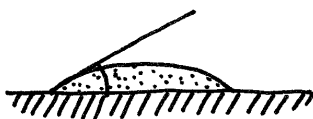
### Aufgabe 4: Kontaktwinkel bestimmen

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  $90^\circ$



Gute Benetzbarkeit:  
Winkel kleiner  $90^\circ$

Ist der Kontaktwinkel größer als  $90^\circ$ , ist die Oberfläche **hydrophob**. Ist er kleiner als  $90^\circ$ , 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*.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

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

---

---

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

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### 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!

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### 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 aus dem Bionik-Koffer 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!

---

---

---

---

---

---

---

---

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 Oberflächenspannung des Wassers wird auch in folgendem Versuch gut sichtbar:

Nimm das entsprechend gekennzeichnete Schnappdeckelglas aus dem Bionik-Koffer 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!

---

---

---

---

---

---

---

---

**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.

---

---

---

---

---

---



### 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.

### 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!

Die \_\_\_\_\_ der \_\_\_\_\_ vieler Pflanzen ist mit einer dünnen \_\_\_\_\_ überzogen, die \_\_\_\_\_, also \_\_\_\_\_ ist. Sie sorgt dafür, dass die \_\_\_\_\_ nicht besonders gut mit \_\_\_\_\_ benetzt werden kann. Die \_\_\_\_\_ zwischen den kleinen Teilchen im \_\_\_\_\_ und den kleinen \_\_\_\_\_ sind in diesem Falle kleiner als die \_\_\_\_\_ zwischen den kleinen \_\_\_\_\_. Deshalb überwiegt die \_\_\_\_\_ des Wassers und sorgt dafür, dass sich das Wasser zu \_\_\_\_\_ einkugelt, die leichter von der Blattoberfläche abrollen.

#### Fehlende Begriffe:

*Wasserteilchen (2x), hydrophob, Wachs, Wasser, Anziehungskräfte (2x), Oberfläche, wasserabweisend, Wachsschicht, Oberflächenspannung, Blätter, Tropfen, Blattoberfläche*

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

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## 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!

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

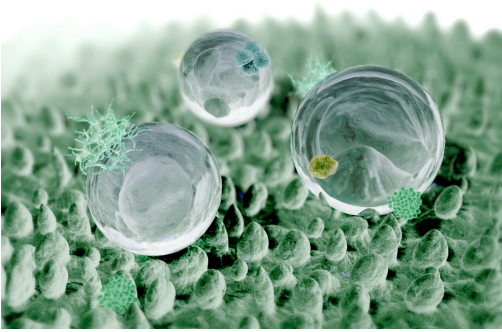
---

---

---

---

---



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

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

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

---

---

---

---

---

---

---

---

### 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!

---

---

---

---

---

---

---

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 „hügelige“, 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 gewegewaschen.

### **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!

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

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

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

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

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## 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\\*](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