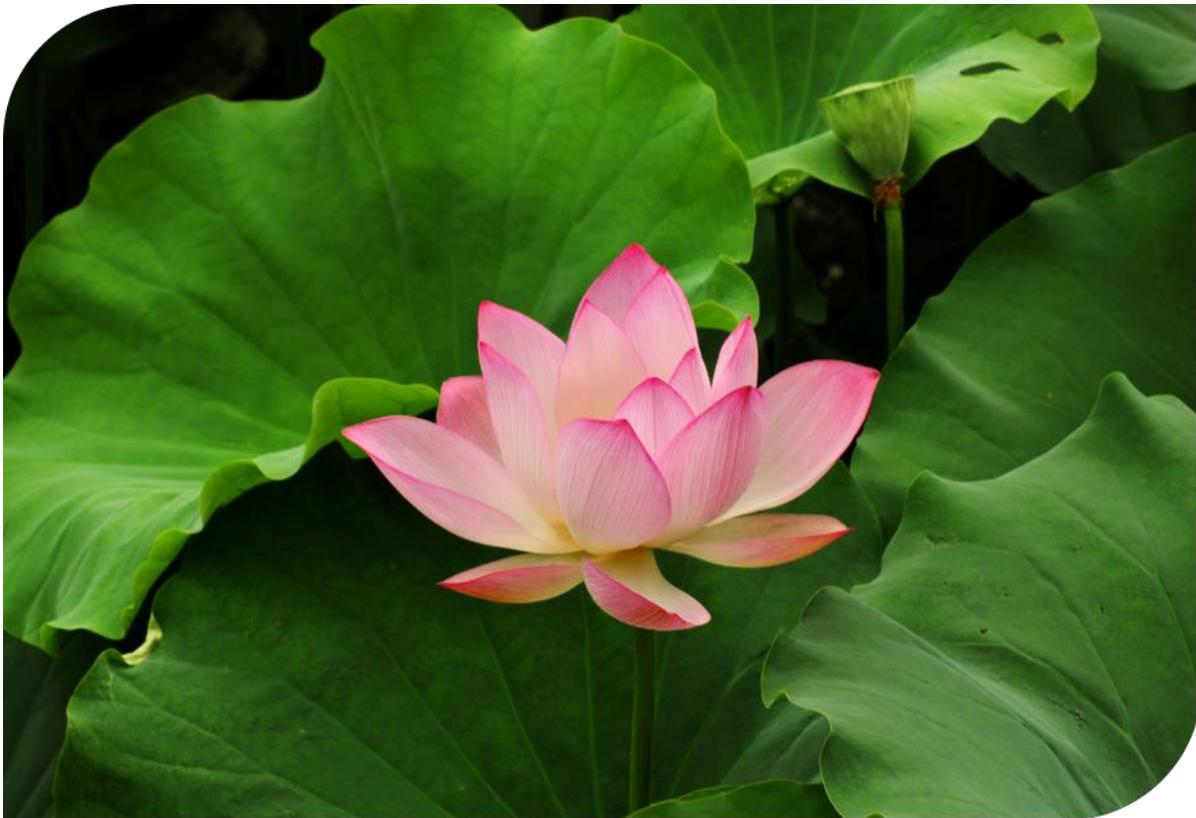


# BIONIK – Der Lotuseffekt

Arbeitsmaterial



**Moritz Krause**  
Version: 08.01.15



Der Hausbesitzer und Hobbygärtner Max ist handwerklich sehr begabt und kümmert sich mit Leidenschaft um sein Einfamilienhaus und seinen angrenzenden Garten. Vor einem Jahr hat er die Außenwände seines Hauses neu gestrichen. Seit einiger Zeit fällt ihm auf, dass die Hauswände immer dreckiger werden und nicht mehr wie frisch gestrichen aussehen. Darüber ärgert er sich, weil ihn das Streichen des Hauses viel Zeit gekostet hat.

Am Abend möchte Max mit seiner Familie grillen und geht in seinen Gemüsegarten, um Zutaten für einen Salat zu sammeln. Während er durch seinen Garten geht, fällt ihm auf, dass einige Pflanzenblätter dreckiger sind als andere. Er stellt sich die Frage, ob das ein Zufall ist oder Schmutz auf den verschiedenen Pflanzenblätter unterschiedlich haftet.

Dieses Phänomen möchte Max näher untersuchen und sammelt verschiedene Blätter ein.



Max hat in seinem Korb verschiedene Pflanzenblätter und Materialien gesammelt. Er möchte herausfinden, wie Blätter auf Schmutz unterschiedlich reagieren.

Deine Aufgabe ist es, Max bei seinem Versuch zu unterstützen.



Efeublatt



Kohlrabiblatt

**Plane zu den folgenden Fragestellungen einen Versuch:**

Wie verhalten sich die Wassertropfen auf den Blättern?

Welche Form nimmt ein Wassertropfen auf den Blättern ein?

Wie gut oder schlecht lässt sich der Schmutz entfernen?

Gibt es Unterschiede beim Reinigen zwischen den Schmutzsorten?

Wie verhalten sich die Wassertropfen in Abhängigkeit vom Neigungswinkel des Blattes?

**Max hat in seinem Korb folgende Materialien:**

Efeublätter

Asche

Pipette

Erde

Lehmstaub

Wasser

Petrischale

Frische Kohlrabiblätter

**Formuliere Vermutungen (Hypothesen) zu den Ergebnissen des Versuchs:**

---

---

---

---

---

---

---

**Erstelle eine Tabelle mit den Beobachtungen und ordnet diese den verschiedenen Blättern zu:**

**Formuliert die Ergebnisse:**

---

---

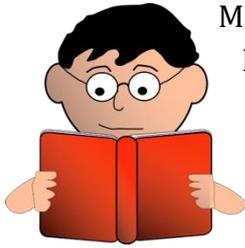
---

---

---

---

---



Max hat in seinem Korb verschiedene Materialien eingepackt, die er zum Experimentieren benötigt. Folge seiner Anleitung und notiere die Beobachtungen.

**Ihr benötigt folgende Geräte:**

- Pipette
- Lupe
- Petrischale

**Ihr benötigt folgende Materialien:**

- Efeublätter
- Frische Kohlrabiblätter
- Wasser
- Asche, Sand, Erde
- Lehmstaub



Efeublatt



Kohlrabiblatt

**Formuliere Vermutungen (Hypothesen) zu den Ergebnissen des Versuchs:**

---

---

---

---

---

**Führt den Versuch wie folgt durch:**

Wählt ein Pflanzenblatt aus, mit dem ihr beginnen wollt, und notiert nach jedem Versuch eure Beobachtungen in der Tabelle.

1. Tropft mit einer Pipette einzelne Wassertropfen auf die Blattoberfläche.
2. Streut etwas Asche auf ein Blatt und tropft anschließend Wasser darauf. Lass anschließend die Tropfen über die Verschmutzung in die Petrischale abfließen.
3. Wiederholt den Versuch mit Lehmstaub.

Wiederholt die Schritte mit dem anderen Blatt.

**Notiert die Beobachtungen:**

|                                  | Efeublatt | Kohlrabiblatt |
|----------------------------------|-----------|---------------|
| Form des Wassertropfens          |           |               |
| Entfernen von Asche durch Wasser |           |               |

**Formuliert die Ergebnisse:**

---

---

---

---

---

---

---

---

Max hat unterschiedliche Beobachtungen gemacht. Er hat aber noch nicht für alle Beobachtungen eine Erklärung. Zunächst hat Max auf ein Efeublatt und Kohlrabiblatt kleine Tropfen Wasser pipettiert und die Entfernung der Asche auf dem jeweiligen Blatt beobachtet.



1. Er konnte beobachten, dass die Wassertropfen auf dem Efeublatt \_\_\_\_\_ sind.
2. Bei dem Kohlrabiblatt konnte er eine andere Beobachtung machen. Die Wassertropfen waren \_\_\_\_\_ und konnten sich auf dem Blatt \_\_\_\_\_.
3. Der Dreck ließ sich auf dem \_\_\_\_\_ leichter und mit weniger Wasser entfernen, als es auf dem \_\_\_\_\_ der Fall gewesen ist. Begünstigt wurde dieser Effekt durch die kugelrunde Form des Wassers, die den Dreck herunterspülte.

**Löse den Lückentext mit den folgenden Wörtern:**

Efeublatt

kugelrund

hin- und her bewegen

abgeflacht

zerlaufen

Kohlrabiblatt

Max findet die unterschiedlichen Formen der Wassertropfen auf dem Efeublatt und Kohlrabiblatt interessant. Er stellt sich die Frage, wieso die Wassertropfen auf dem Kohlrabiblatt kugelrund sind und auf dem Efeublatt nicht. Er recherchiert in Büchern und findet heraus, dass die Kugelform etwas mit der Oberflächenspannung des Wassers zu tun hat.

Aber was hat es mit der Oberflächenspannung des Wassers auf sich? Was ist das überhaupt? Dazu macht Max einen weiteren Versuch!

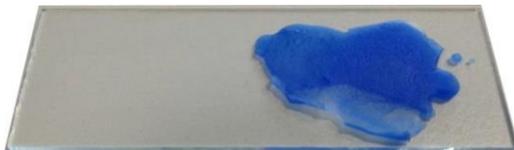
Ihr habt jetzt die Möglichkeit ein paar Versuche zur Oberflächenspannung durchzuführen.

**Versuch 1:**

Befüllt ein Glas bis kurz vor dem Rand mit Wasser. Anschließend tropft ihr mit einer Pipette weiteres Wasser dazu.

**Versuch 2:**

1. Befüllt ein Glas nicht komplett mit Wasser.
2. Legt anschließend vorsichtig eine Büroklammer auf die Wasseroberfläche.
3. Beantwortet die erste Frage auf dem Ergebnisbogen.
4. Gebt vorsichtig ein paar Tropfen Spülmittel hinzu. Was könnt ihr beobachten?

**Versuch 3:**

1. Tropft mit einer Pipette Wasser auf einen Objektträger.
2. Erhitze etwas Wachs und kippe dieses auf einen Objektträger. Verstreiche das Wachs glatt. Tropfe anschließend mit einer Pipette Wasser auf das Wachs.

**Versuch 4:**

1. Befestigt einen Draht- oder Aluminiumring an einen Kraftmesser.
2. Taucht diesen Ring in eine mit Wasser gefüllte Petrischale und zieht den Ring langsam nach oben.
3. Kurz bevor sich der Ring von der Wasseroberfläche löst, kannst du die Abreißkraft ablesen.
4. Wiederhole den Versuch, in dem du in die Petrischale ein paar Tropfen Spülmittel dazu gibst.



**Versuch 1:****Was konntest du beobachten? :**

A) Das Wasser läuft sofort nach dem Erreichen des Randes über den Glasrand.

B) Die Wasseroberfläche wölbt sich am Glasrand und läuft nicht sofort über.

**Versuch 2:****Was konntest du beobachten? :**

A) Die Büroklammer schwimmt auf der Wasseroberfläche.

B) Die Büroklammer geht unter.

**Kennst du ein Tier, das sich diesen Effekt zu nutzen macht?**

**Was konntest du beobachten, nachdem du das Spülmittel hinzugegeben hast? :**

A) Die Büroklammer schwimmt auf der Wasseroberfläche.

B) Die Büroklammer geht unter.

**Versuch 3:****Welche Form nimmt der Wassertropfen auf einer Glasscheibe bzw. Wachsschicht ein?**

Glasscheibe:

Wachsschicht:

**Versuch 4:****Welche Abreißkräfte konntest du messen?**

| Flüssigkeit | Wasser | Wasser + Spülmittel |
|-------------|--------|---------------------|
| Abreißkraft |        |                     |

**Die Oberflächenspannung von Wasser:****Beschreibe in deinen eigenen Worten, was für dich die Oberflächenspannung von Wasser ist. Berücksichtige dabei die Ergebnisse aus den einzelnen Versuchen.**


---



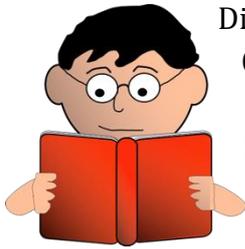
---



---

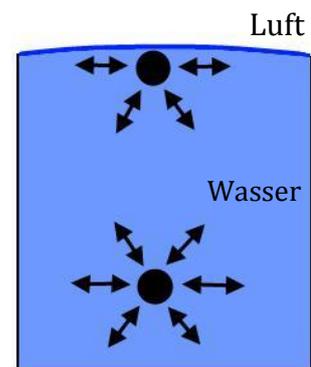


---



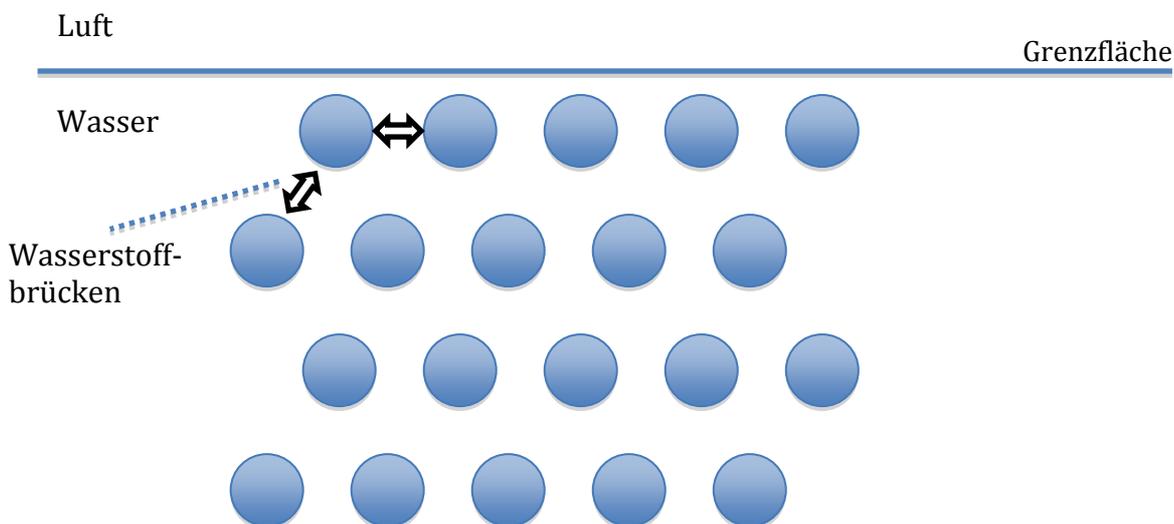
Die einzelnen Versuche haben gezeigt, dass Wasser an seiner Grenzfläche eine relativ stabile Schicht ausbilden kann. So kann zum Beispiel der Wasserläufer auf der Wasseroberfläche laufen. Bloß wie lässt sich dieses Phänomen erklären?

Wasser besteht aus einzelnen Wassermolekülen. Zwischen diesen Molekülen besteht eine Anziehungskraft, die als Wasserstoffbrückenbindung bezeichnet wird. Die Abbildung 1 zeigt ein Glaswasser, in dem schematisch zwei Wassermoleküle hervorgehoben worden. Das Wassermolekül in der Mitte des Glases wird von allen Seiten gleichermaßen angezogen. Dieses wird durch die Pfeile verdeutlicht. Ein Wassermolekül an der Grenzfläche des Glases kann nur von seinen unteren Nachbarn angezogen werden, da sich auf der oberen Seite Luft befindet. Aus diesem Grund wird die obere Schicht nach innen gezogen und bildet eine relativ stabile Schicht.



### Aufgabe:

1. Vervollständige die folgende Abbildung in dem du die Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den einzelnen Wassermolekülen einzeichnest.
2. Markiere ein Wassermolekül (I), das nach innen gezogen wird.
3. Markiere ein Wassermolekül (II), bei dem sich die Anziehungskräfte aufheben.



Max hat nun einige Informationen zur Oberflächenspannung von Wasser sammeln können:

1. Das Wasser in einem voll gefülltem Glas läuft nicht sofort beim Erreichen des Randes über. Es bildet sich eine Kuppel über dem Glasrand.
2. Die Oberflächenspannung des Wassers kann eine Büroklammer tragen. Durch die Zugabe von Spülmittel wird die Oberflächenspannung zerstört und die Büroklammer sinkt auf den Boden.
3. Wassertropfen bilden auf einer wasserabweisenden (Fachbegriff: hydrophob) Oberfläche bevorzugt eine kugelige Form, auf einer wasserliebenden (Fachbegriff: hydrophil) Oberfläche zerläuft der Tropfen.

Fasst in euren eigenen Worten zusammen, welche beiden Voraussetzung gut für eine Reinigung sind:



Max hat in einem Buch gelesen, dass noch eine dritte Voraussetzung wichtig für den Selbstreinigungseffekt der Blätter ist. Allerdings lässt sich diese nicht mit bloßem Auge erkennen. Dafür wird ein spezielles Mikroskop benötigt, mit dem man die Oberfläche eines Blattes erkennen kann.



Die Oberfläche eines Blattes spielt eine wichtige Rolle für den Selbstreinigungsprozess von Pflanzen. Allerdings lässt sich die Oberfläche nur mit einem speziellen Mikroskop erkennen. Um weitere Informationen zu erhalten, hat sich Max in einem Internetforum informiert:

|   |   |
|---|---|
| <p><b>Max</b><br/>Registriert seit: 25. Nov<br/>2010</p>    | <p>Hallo,<br/>ich interessiere mich für den Lotuseffekt und versuche herauszufinden, welchen Einfluss die Oberfläche eines Blattes auf den Selbstreinigungsprozess hat.</p>   |
| <p><b>Dennis</b><br/>Registriert seit: 03. Jan<br/>2008</p> | <p>Hi Max,<br/>ich habe mal gelesen, dass nicht alle Blätter gleich sind. Einige haben eine sehr raue genoppte Struktur und andere sind eher glatt. Allerdings weiß ich nicht mehr, welche Struktur für den Lotuseffekt besser geeignet ist.</p>  |
| <p><b>Julia</b><br/>Registriert seit: 17. Apr<br/>2009</p>  | <p>Hey Max,<br/>genau ich kann Dennis Aussage nur bestätigen. Wenn ich mich richtig erinnere, dann ist eine raue genoppte Struktur für den Selbstreinigungsprozess vorteilhaft. Das liegt daran, dass der Wassertropfen oder auch der Schmutz nur wenig Kontakt zur Oberfläche des Blattes haben und somit leicht vom Blatt ablaufen können. Auf einer glatten Oberfläche besteht viel Kontakt zum Wassertropfen.</p> |

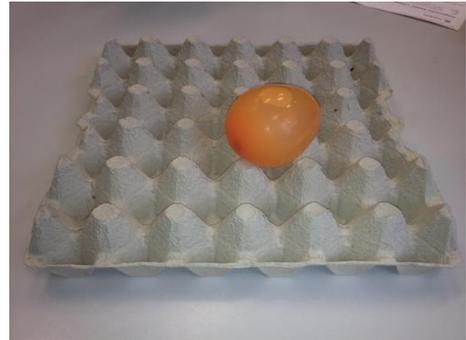
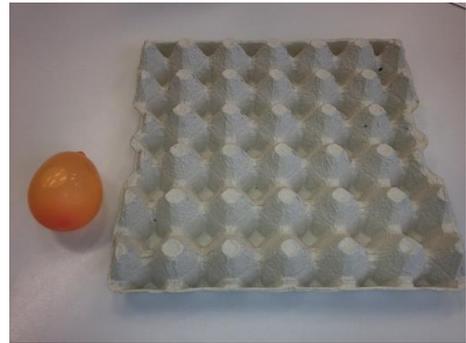
Max findet die Antworten interessant und möchte sich zur Erkenntnisgewinnung ein Modell basteln. Helft ihm dabei!

### **Aufgabe:**

Ihr sollt zwei Modell-Blattoberflächen miteinander vergleichen. Die eine hat eine glatte Oberfläche und die andere eine raue, genoppte Struktur. Versucht herauszufinden wie viel Kontakt der Wassertropfen (Luftballon mit Wasser) mit der Oberfläche hat.

**Ihr benötigt folgende Materialien:**

- Eine Eierpalette, etwas weiße Farbe, Pinsel, Luftballon, Wasser, eine glatte Oberfläche (z.B. weißes Papier und feste Pappe)



**Wozu dient die Farbe in diesem Versuch?**

---

---

---

---

---

---

---

**Zeichne eine Skizze der beiden Modelle und beschrifte diese:**

**Erkläre wie viel Kontakt die raue genoppte Oberfläche bzw. die glatte Oberfläche zum Wassertropfen hat. Welchen Einfluss hat die Oberfläche beim Abfließen des Wassertropfes vom Blatt?**

---

---

---

---

---

---

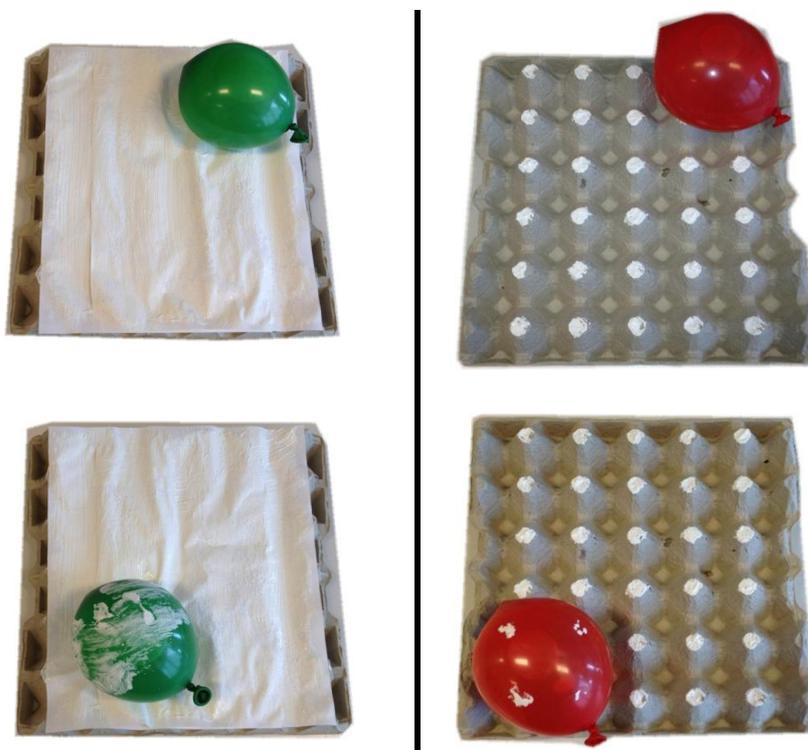
---



**Bestreichen der beiden Oberflächen:**



**„Wassertropfen“ über die Oberfläche rollen:**



**Beide „Wassertropfen“ miteinander vergleichen:**



Die Oberfläche des Kohlrabiblattes zeigt eine sehr \_\_\_\_\_ wohingegen die Oberfläche des Efeublatt sehr \_\_\_\_\_ ist. Die raue Oberfläche eines Blattes ist die dritte wichtige Voraussetzung für eine gute Reinigung. Ein Wassertropfen auf einer rauhen Oberfläche berührt diese nur an \_\_\_\_\_. Außerdem sorgen kleine \_\_\_\_\_ dafür, dass die Oberfläche des Blattes \_\_\_\_\_ ist und der Wassertropfen eine kugelige Form einnimmt. Schmutzteilchen und Wassertropfen können sich somit nicht auf der Oberfläche eines Blattes halten und fließen vom Blatt.

Beim Efeublatt ist die Oberfläche des Blattes glatt und ein Wassertropfen oder ein Schmutzteilchen liegen mit ihrer \_\_\_\_\_ auf der Oberfläche des Blattes. Aus diesem Grund \_\_\_\_\_ sie eher am Blatt und fließen nicht so leicht vom Blatt.

**Löse den Lückentext mit den folgenden Wörtern:**

- wasserabweisend
- glatt
- haften
- raue Struktur
- vielen Punkten
- wenigen Punkten
- gesamten Fläche
- Wachskristalle

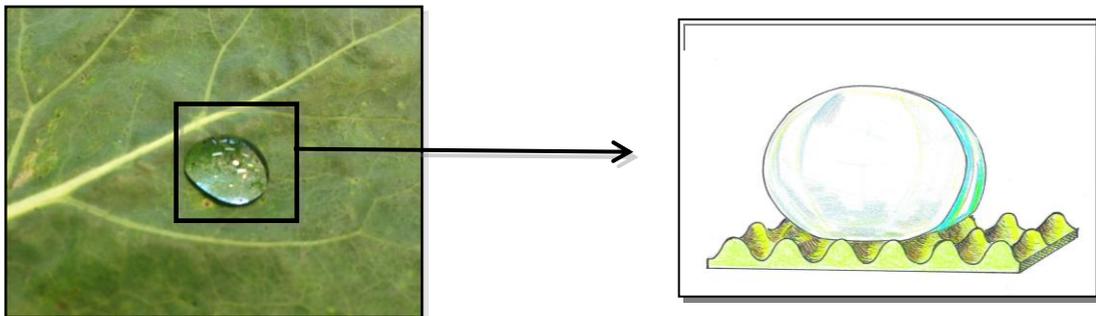


Abbildung 1: Oberfläche eines Kohlrabiblattes.

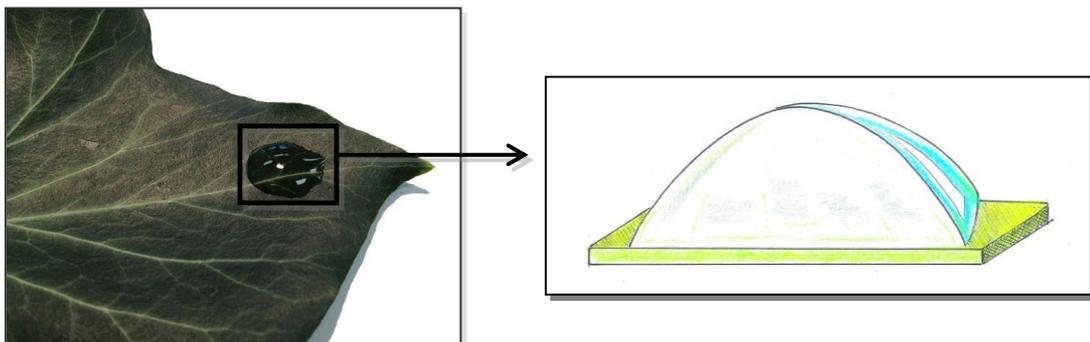


Abbildung 2: Oberfläche eines Buchenblattes.

Die Erkenntnisse, die Max in den letzten Stunden gesammelt hat, gehen auf eine indische Wasserpflanze zurück. Die Blätter der Lotusblume stehen aufrecht im Wasser und sind praktisch immer sauber. Vermutlich gilt der Lotus deshalb als heilige Pflanze Indiens und auch für die Buddhisten ist die Pflanze ein Symbol der Reinheit.



Im Laufe der Zeit haben Wissenschaftler damit begonnen, die Natur näher zu beobachten und zu untersuchen. Es wurden Überlegungen angestellt, ob sich nützliche Eigenschaften aus der Natur auf technische Weise nutzen lassen würden. Aus dieser Idee entwickelt sich die Bionik. Bei diesem Begriff handelt es sich um ein Kunstwort, das sich aus den Begriffen Biologie und Technik zusammensetzt.

Überlege dir, in welchen Bereichen oder Anwendungen sich der Lotuseffekt einsetzen lassen würde:

---

---

---

---

---

---

---

---

Max ist von dem Vorbild der Natur fasziniert und möchte den Selbstreinigungseffekt auf seine Hauswand übertragen.

Er hat im Internet recherchiert und herausgefunden, dass es Fassadenfarbe mit Selbstreinigungseffekt zu kaufen gibt. Er ist von der Idee begeistert und möchte überprüfen, ob die Farbe hält, was sie verspricht.

**Ihr benötigt folgende Materialien:**

- Farbe mit Selbstreinigungseffekt
- Farbe ohne Selbstreinigungseffekt
- Pinsel
- Spanplatte, Fliesen oder MDF-Platten
- Verschiedene Flüssigkeiten (Wasser, Spiritus, Öl, ...)
- Asche, Pfeffer, Staub

**Führt den Versuch wie folgt durch:**

1. Schneidet euch zwei gleich große Spanplatten zurecht.
2. Bestreicht eine Spanplatte gründlich mit herkömmlicher Farbe.
3. Bestreicht die zweite Spanplatte gründlich mit Farbe mit Selbstreinigungseffekt.
4. Lasst die beiden Spanplatten trocknen.
5. Vergleicht die beiden Spanplatten, in dem ihr beide z.B. an einen Stuhl stellt und verschiedene Testsubstanzen und Testflüssigkeiten auf ihre Haftung testet.

**Beschreibe deine Beobachtungen:**

---

---

---

---

---

---

---

Max ist von dem Vorbild der Natur fasziniert und möchte den Selbstreinigungseffekt auf seine Hauswand übertragen.

Er hat im Internet recherchiert und herausgefunden, dass es Fassadenfarbe mit Selbstreinigungseffekt zu kaufen gibt. Er ist von der Idee begeistert und möchte überprüfen, ob die Farbe hält, was sie verspricht.

**Führt den Versuch wie folgt durch:**

1. Nehmt euch aus der vorbereiteten Kiste eine Fliese mit herkömmlicher Farbe und eine Fliese mit Farbe mit Selbstreinigungseffekt.
2. Vergleicht die beiden Fliesen, in dem ihr beide z.B. an einen Stuhl stellt und verschiedene Testsubstanzen und Testflüssigkeiten auf ihre Haftung testet.

**Beschreibe deine Beobachtungen:**

---

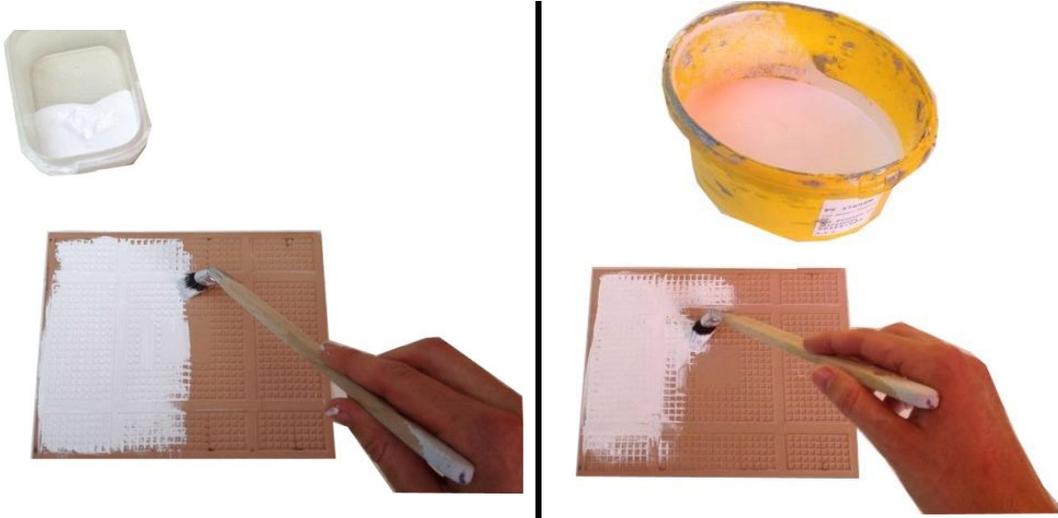
---

---

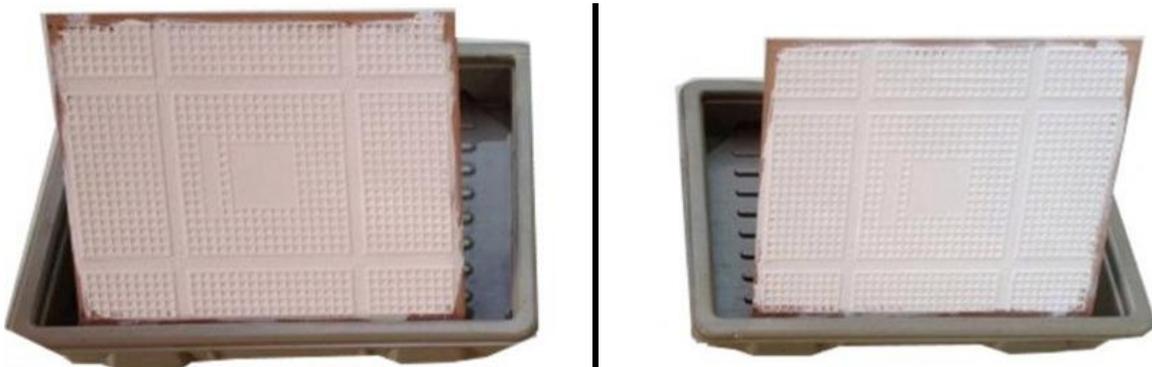
---

---

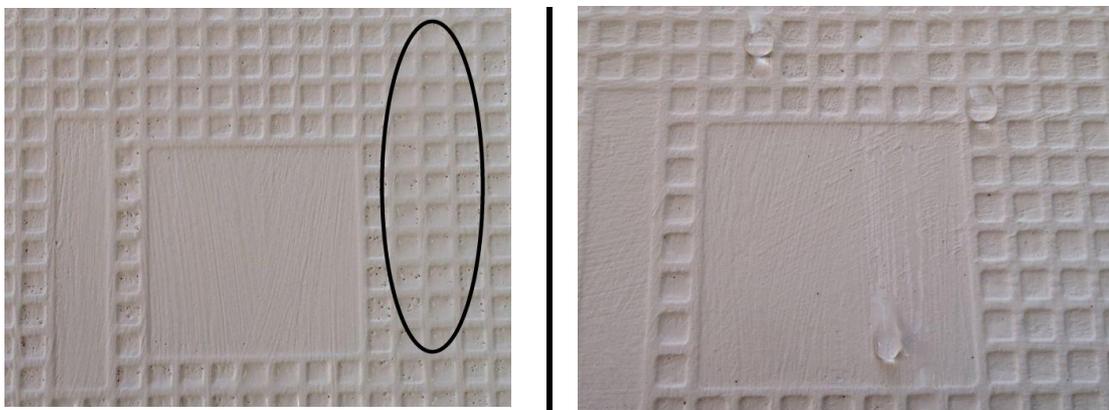
**Bestreichen der Fliesen mit den beiden Fassadenfarben:**

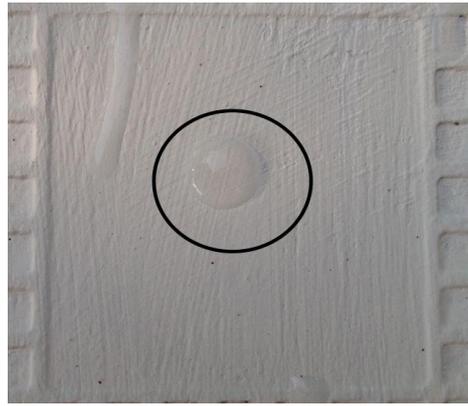
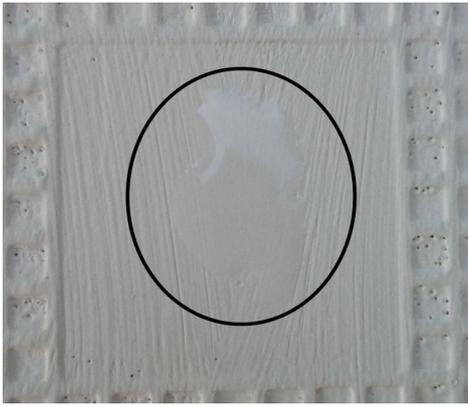


**Nach dem trocknen die beiden Fliesen an eine Wand oder in eine Box stellen:**



**Vergleichen von zwei Wassertropfen auf den unterschiedlichen Fliesen:**





**Schmutz (Asche) auf die einzelnen Kacheln geben:**



**Ergebnis nach dem Abspülen mit 50 mL Wasser pro Fliese:**

