

# B1 Wasserkreislauf – Verdunstung an Pflanzenblättern

Dieses sehr einfache Experiment eignet sich hervorragend als Einstieg in die Themen des Geografieunterrichts Wasserkreislauf und Klima oder in die Themen des Biologieunterrichts Wasser als Lebensgrundlage und seine Bedeutung für den Stoffwechsel der Pflanzen. Aber auch in Physik und Chemie kann mit diesem Experiment das Thema Aggregatzustände mit einem lebensnahen Beispiel eröffnet werden.

## 1 Zentrale Fragestellung

Wie kommt der Wasserkreislauf zustande? Welche Rolle spielen dabei für das lokale Klima die Pflanzen? Welche Rolle spielt die Verdunstung im Stoffwechsel von Pflanzen? Im Experiment gehen wir der Frage nach, welchen Einfluss Temperatur und spezielle Blattausformungen darauf haben. Weiterführend sollen die Auswirkungen auf die menschlichen Lebensgrundlagen und das Klima durch die Umgestaltung der Agrikultur und die Besiedelung in den letzten 50 Jahren angesprochen werden.

## 2 Einordnung des Experiments in den Unterrichtszusammenhang

### 2.1 Fachliche Grundlagen

Das Experiment spannt einen weiten Bogen zwischen naturwissenschaftlichen Grundlagen (Verdunstung als Phasenübergang, Stoffwechsel der Pflanzen) und dem Wandel in der Agrikultur und Auswirkungen auf die Umwelt. Der komplexe Zusammenhang zwischen anthropogenen Einflüssen und Änderungen der natürlichen Lebensgrundlagen kann so exemplarisch und fächerübergreifend im Schulunterricht behandelt werden.

Es wird kein spezielles Fachwissen benötigt, welches über das naturwissenschaftliche Allgemeinwissen von 14-Jährigen hinausgeht. Der Charme des Experiments besteht darin, dass es alle Vorkenntnisse zusammenbringt und Wirkmechanismen zwischen ihnen aufzeigt. Falls aber z. B. bei jüngeren Schülerinnen und Schülern keine Kenntnisse über die Nutzung von Energiepflanzen vorhanden sind, könnten sie diese selbst in einem Blumentopf aufziehen und so kennenlernen. Eine weitergehende Vertiefung (Anbauflächen, Arten der (Mono-)Kultur) kann darauf aufbauend erfolgen.

### 2.2 Lehrplanrelevanz

#### 2.2.1 Altersstufe ab 11 Jahre

Biologie: Bedeutung von Kulturpflanzen, Anpassung an klimatische Verhältnisse

Erdkunde: Veränderung der Erdoberfläche durch den Menschen (Landwirtschaft und Besiedelung), Maßnahmen zum Schutz der Erdoberfläche

#### 2.2.2 Altersstufe ab 12 Jahre

Biologie: Aufbau von Lebewesen aus Zellen, Stoffwechsel von Pflanzen

Erdkunde: Klimafaktoren und Auswirkungen auf die Pflanzenwelt

#### 2.2.3 Altersstufe ab 13 Jahre

Erdkunde: Vegetationszonen

## 2.2.4 Altersstufe ab 14 Jahre

Physik/Chemie: Aggregatzustände und ihre Übergänge

Erdkunde: Landwirtschaftliche Produktion und Weltmarkt an Fallbeispielen

**Themen und Begriffe:** Agrikultur, Cuticula, Epidermis, Gasaustausch, Klima, Kulturpflanze, Spaltöffnungen (Stomata), Stoffwechsel von Pflanzen, Temperatur, Umwelt, Verdunstung, Wasserkreislauf

## 2.3 Kompetenzen

Die Schülerinnen und Schüler ...

- erfassen die Fragestellung des Experiments (Von welchen biologischen und klimatischen Faktoren hängt die Wasserabgabe von Pflanzen ab?) und gehen ihr arbeitsteilig nach.
- arbeiten dabei Zusammenhänge (zum Verdunsten braucht es Wärme, nicht alle Pflanzen verdunsten gleich viel Wasser) heraus und halten sie im Detail fest (Versuchsprotokolle).
- beschäftigen sich ggf. mit den weiterführenden Fragen und ziehen dabei eigenständig aus ihrem Wissen über Pflanzenwachstum und Landwirtschaft aus der Biologie, Erdkunde und Alltagserfahrungen Schlussfolgerungen auf Wirkzusammenhänge und bewerten deren Auswirkungen.

Die weiterführenden Fragen eignen sich ebenfalls gut dazu, einen Wertebezug herzustellen (*Umweltbewusstsein, Nachhaltigkeit, ...*).

## 2.4 Das Experiment im Erklärungszusammenhang

Verdunstung ist für Pflanzen lebensnotwendig: Durch das Zusammenwirken von Kapillarkräften (Adhäsion), Osmose und vor allem dem Transpirationssog kommt der Transport des Wassers mit den Nährsalzen (und je nach Jahreszeit u. a. auch mit den Kohlehydraten) von den Wurzeln zu den Blättern in Gang. Die Pflanze kann die Verdunstungsrate, welche auch von Wind, Luftfeuchte und Sonneneinstrahlung beeinflusst wird, steuern:

Ihre Blätter sind von einer Hülle aus Epidermiszellen umgeben, welche durch eine Wachsschicht (Cuticula) auf der Außenseite geschützt ist und für Wasserdampf (genauso wie für Sauerstoff und  $\text{CO}_2$ ) schlecht durchdringbar ist. Durch Spaltöffnungen (Stomata) erfolgt der Gasaustausch nach außen. Diese Spaltöffnungen bestehen aus zwei bohnenförmigen Schließzellen, durch die das Blatt den Gasaustausch regulieren und somit auch die Verdunstungsrate im Bereich von zwei Größenordnungen steuern kann.

Pflanzen sind an klimatische Bedingungen angepasst. So haben Kakteen z. B. eine robuste Epidermisschicht mit sehr dicker Cuticula und nur sehr wenige Spaltöffnungen. Bei Tomatenblättern verhält es sich genau umgekehrt, sie benötigen deshalb auch sehr viel Wasser.

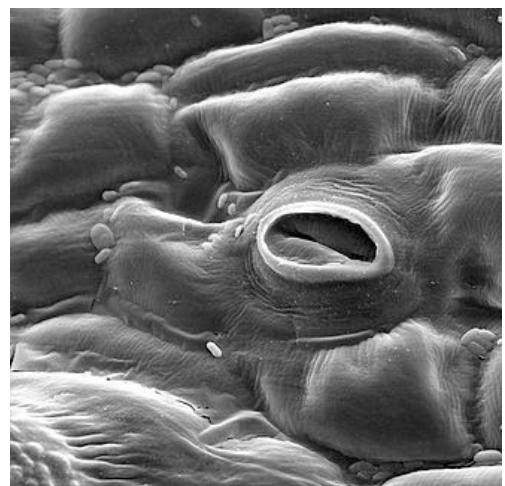


Abb. 1: Stoma am Blatt einer Tomatenpflanze. Foto: Dartmouth Electron Microscope Facility.

Werden Kulturpflanzen in großem Maßstab genutzt, so hat das vor allem Folgen für den Wasserhaushalt. Diese können z. B. im Erdkundeunterricht angesprochen werden:

- Umgestaltung großer Gebiete durch den Menschen: Rodungen und Monokulturen
- Zerstörung der ursprünglichen Lebensgemeinschaft von Pflanzen und Tieren, verursacht durch die Nutzung der Natur durch den Menschen
- Steigender Wasserbedarf, künstliche Bewässerung
- klimatische Veränderungen im lokalen und globalen Maßstab

## 2.5 Durchführungsvarianten

Das Experiment ist von allen Schülerinnen und Schülern in kurzer Zeit durchführbar; optimal arbeiten sie dabei in Zweiergruppen. Die Lehrkraft sollte darauf achten, dass den Gruppen unterschiedliche Pflanzenproben zugeteilt werden – verdeutlichen Sie Ihren Schülerinnen und Schülern dabei, dass die unterschiedlichen Beobachtungen zusammengetragen und verglichen werden sollen. Natürlich kann das Pflanzengut zuvor in einer Exkursion von den Schülerinnen und Schülern selbst gesammelt werden.

**Zum Weiterforschen:** Eventuell haben Sie das Experiment in eine Unterrichtssequenz über Energiepflanzen oder Monokulturen eingebaut – z. B. haben die Schüler aus Samen von Mais, Raps, Soja und Sonnenblumen Pflänzchen gezogen, sodass diese nun verwendet werden können.

Es bietet sich hier auch an, an einzelne Gruppen Referatsthemen zu vergeben, z. B. die Beobachtungen zu den Experimenten vorstellen oder die Behandlung der weiterführenden Fragen zu den Experimenten. So können die Schülerinnen und Schüler ihre Ergebnisse vorstellen und, differenziert nach ihren Fähigkeiten, ihr Wissen vertiefen.

## 3 Ergänzende Informationen zum Experiment

Zur Vorbereitung bzw. zur Vertiefung dieses Experiments finden Sie ergänzende Medien auf dem Medienportal der Siemens Stiftung: <https://medienportal.siemens-stiftung.org>

## 4 Hinweise zur Durchführung des Experiments

### 4.1 Räumlichkeiten

Für die Versuche ist Sonneneinstrahlung erforderlich. Sie können im Klassenzimmer oder im Freien durchgeführt werden.

### 4.2 Zeitbedarf

Man benötigt realistischerweise eine Doppelstunde. Die eigentliche Arbeit ist zwar schnell gemacht. Je nach Stärke der Sonneneinstrahlung bzw. der Lampenstärke und der Umgebungstemperatur, kann es aber eine Stunde oder mehr dauern, bis sich Kondenswasser bildet. Man sollte also die Wartezeiten für die Behandlung des zugrunde liegenden Unterrichtsthemas nutzen.

| Vorbereitung | Beobachtung   | Auswertung                                  | Besprechung  |
|--------------|---------------|---|--|
| 10 min       | Bis zu 60 min | Zusammen 15 min + häuslicher Arbeitsauftrag | Kann in der Folgestunde erfolgen, evtl. stellen einzelne Schülerinnen und Schüler ihre Ergebnisse als Referat vor. |

### 4.3 Sicherheitsaspekte

Die Versuche dürfen nur bei Anwesenheit und unter Aufsicht der Lehrkraft durchgeführt werden. Die Schülerinnen und Schüler sind darauf hinzuweisen, dass die bereitgestellten Materialien nur entsprechend den jeweiligen Anweisungen eingesetzt werden dürfen.

### 4.4 Benötigte Materialien

| Material  | Anzahl      |
|---|-------------|
| Becher, 500 ml  | 1           |
| Digitalthermometer  | 1           |
| Erde  | nach Bedarf |
| Frischhaltefolie  | nach Bedarf |
| evtl. als Ersatz für direktes Sonnenlicht eine starke Lampe   | 1           |
| evtl. Leitungswasser, zum Kühlen der Gefäße   | nach Bedarf |
| Schale aus Alu  | 1           |
| Schnittgut von verschiedenen Pflanzenblättern<br><b>Hinweis:</b> Das Schnittgut sollte äußerlich trocken sein, damit sichergestellt ist, dass das verdunstete Wasser aus der Pflanze selbst stammt. | nach Bedarf |
| evtl. aus Samen gezogene Topfpflanzen   | nach Bedarf |
| Uhr   | 1           |



Abb. 2: Materialien für eine Schülergruppe, beispielhafte Abbildung.

## 4.5 Aufräumen, Entsorgen, Recyceln

Fast alle verwendeten Geräte und Materialien sind wiederverwendbar. Daher sollten sie nach Beendigung des jeweiligen Experiments ordentlich aufgeräumt werden. So stellen Sie sicher, dass Sie bzw. Ihre Kolleginnen und Kollegen beim nächsten Einsatz alles schnell wiederfinden.

Geräte, die beim Experimentieren verschmutzt wurden, wie z. B. Becher, Schalen, Löffel, Reagenzgläser, sollten vor dem Zurücklegen erst gereinigt werden. Sinnvollerweise lässt man dies die Schülerinnen und Schüler gleich nach Beendigung des Experiments erledigen.

Stellen Sie zudem sicher, dass die Geräte wieder für den nächsten Einsatz betriebsbereit sind.

Beispielsweise sind benutzte Akkus gleich aufzuladen (Auch bei längerer Nichtbenutzung ist das Aufladen der Akkus sinnvoll.).

Materialien, die nicht wiederverwendbar sind, wie z. B. gebrauchte pH-Messstäbchen oder Filterpapier, sollten fachgerecht entsorgt werden.

Die Entsorgung der in diesem Experiment anfallenden Abfälle kann über den normalen Hausmüll bzw. den Ausguss erfolgen.