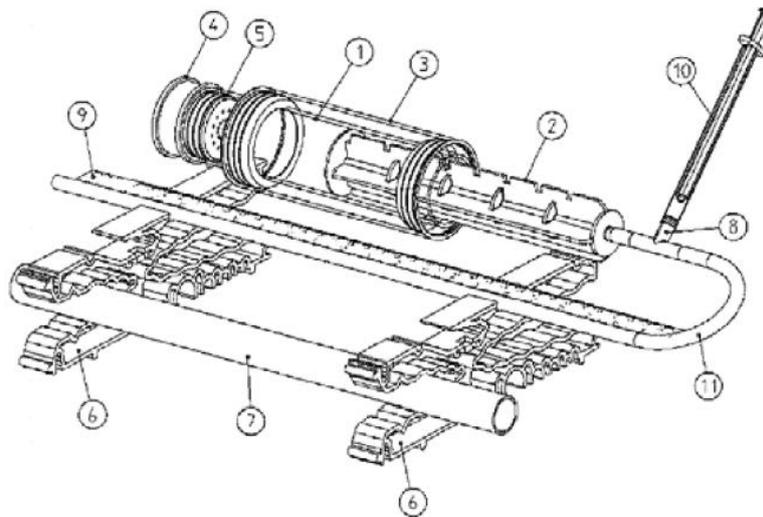


## Potometer

### 1. Einleitung

Sehr einfaches, jedoch effizientes Gerät zur Messung der Verdunstungsgeschwindigkeit bei Pflanzen.



- \* Physiologische Kammer (1)
- \* Kolben (2)
- \* Thermostatische Kammer (2)
- \* Verschlussstopfen der Kammer (4)
- \* Kaliumhydroxidkammer (5)
- \* Halteklammern (6)
- \* Stabilisierungsröhre (7)
- \* Flexible Plastiknadeln
- \* T-Verbinder (8)
- \* Lineal (9)
- \* Spritze 1ml (10)
- \* Schlauch (11)

### 2. Die Problemstellungen

#### a. Allgemeines

Die Atmung bei den Pflanzen setzt sich aus 4 Haupt-Funktionen zusammen:

- Osmose und Wurzelabsorption
- Wassertransport und Metabolite
- Photosynthese
- Regelmäßige Abkühlung des Gewebes

Die Pflanze nimmt von außen Wasser auf. Dieses Wasser wird von der Pflanze z.B. für Stoffwechselfunktionen benötigt; ein großer Teil verdunstet jedoch durch die Blätter. Zahlreiche physiologische und klimatische Faktoren beschleunigen oder verzögern die Verdunstungsgeschwindigkeit.

**b. Problematik aus der Sicht der Schüler**

Was passiert mit dem Wasser, welches die Pflanze aufnimmt?

Wie groß ist die transportierte Wassermenge bei den Pflanzen?

"Schwitzt" die Pflanze über ihre gesamte Oberfläche? Kann man den "Motor" des Wassertransportes in der Pflanze lokalisieren?

Welche Rolle spielen klimatische Faktoren?

**3. Arbeitsblatt für den Schüler**

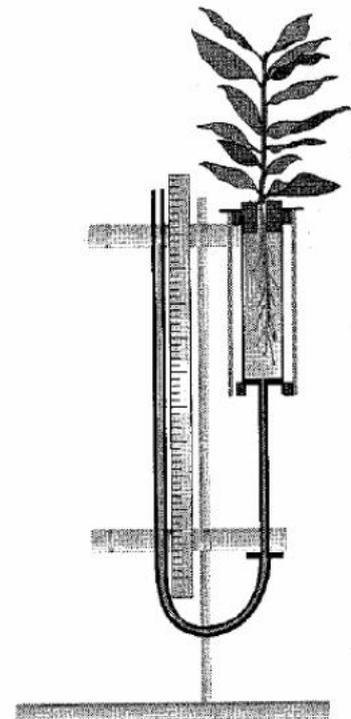
Ziele: Die hier dargestellten und vorgeschlagenen Versuche sind ein Mittel, die Probleme, die den Wasserstrom in einer Pflanze betreffen, anzugehen: die Stärke des Wasserstroms, die Hauptantriebskräfte für den Wasserstrom (Motor) sowie die Faktoren, die die Menge des Wasserstroms beeinflussen.

**a. Vorbereitung des Materials**

1. Plexiglasrohr + destilliertes Wasser
2. Durchgeschnittener Stopfen, der es ermöglicht, den Stil der Pflanze aufzunehmen
3. Stopfen mit 2 Löchern
4. Spritze (Volumen: 1-10 cm<sup>3</sup>), zu 3/4 mit Wasser gefüllt
5. Kapillarrohr
6. Pflanze
7. Verbindungsrohre bzw. Schläuche
8. Glasrohr 90°
9. Lineal, Ständer, Waage, Chronometer

**Versuchsanleitung:**

- Abwiegen der Pflanze.
- Befestigen Sie den Stil der Pflanze im Stopfen.
- Drücken Sie den Stopfen in das Reaktionsrohr.
- Stecken Sie den Kolben auf das Plexiglasrohr, verriegeln Sie ihn etwa mittig und befestigen Sie den PVC-Schlauch am Kolben und die Apparatur an den beiden Klammern.
- Befüllen Sie das System mit Wasser und setzen Sie die Pflanze ein.
- Sie können jetzt mit den Messungen beginnen

**b. Versuchsprotokoll**

- Warten Sie zuerst circa 5 Minuten bis sich das System stabilisiert hat.
- Beginnen Sie mit dem Vergleichsversuch: führen Sie nun das Anheben des Niveaus im Kapillarrohr im Bezug auf die Anfangshöhe alle 3-5 Minuten während einem Zeitraum von 20 Minuten durch.
- Nun beginnen Sie mit der eigentlichen Experimentalphase.

## c. Versuchsbedingungen

| Stand | 1 Vergleichsversuch (V) |                      | 2 Experimentalphase (E)    |   |
|-------|-------------------------|----------------------|----------------------------|---|
|       | <i>c. biotisch</i>      | <i>c. a-biotisch</i> | <i>c. biotisch</i>         | <i>c. a-biotisch</i>                                |
| 1     | ganze Pflanze           | normale Bedingungen  | ganze Pflanze              | + Licht   |
| 2     | ganze Pflanze           | normale Bedingungen  | ganze Pflanze              | + Dunkelheit  |
| 3     | ganze Pflanze           | normale Bedingungen  | ganze Pflanze              | + Licht / Wärme                                     |
| 4     | ganze Pflanze           | normale Bedingungen  | ganze Pflanze              | + Hitze   |
| 5     | ganze Pflanze           | normale Bedingungen  | ganze Pflanze              | + Wind  |
| 6     | ganze Pflanze           | normale Bedingungen  | ganze Pflanze              | + Vaseline auf der Oberseite d. Blätter             |
| 7     | ganze Pflanze           | normale Bedingungen  | ganze Pflanze              | + Vaseline auf der Unterseite d. Blätter            |
| 8     | ganze Pflanze           | normale Bedingungen  | ganze Pflanze              | + Vaseline auf der Ober- und Unterseite der Blätter |
| 9     | ganze Pflanze           | normale Bedingungen  | ohne Wurzeln               | normale Bedingungen                                 |
| 10    | ganze Pflanze           | normale Bedingungen  | ohne Blätter und ohne Stil | normale Bedingungen                                 |
| 11    | ganze Pflanze           | normale Bedingungen  | ohne Blätter               | normale Bedingungen                                 |

## d. Protokoll

- Präsentieren Sie die Gesamtheit ihrer Ergebnisse.
- Berechnen Sie das Volumen des Wassers ( in  $\text{mm}^3/\text{g}/\text{min}$ ), welches die Pflanze während der Vergleichsphase und während der Experimentalphase durchquert hat.
- Es sei V = Vergleichsphase und E = Experimentalphase: Bestimmen Sie die Beziehung E/V, die dann die biotischen oder a-biotischen Bedingungen des Wasserflusses angeben.
- Notieren Sie die Gesamtheit der Ergebnisse aller Gruppen.
- Ziehen Sie eine Bilanz der Aktionen der verschiedenen a-biotischen Faktoren auf den Wasserfluss.
- Was kann man über die Funktion der Wurzeln und der Blätter im Zusammenhang mit dem Wasserfluss sagen?

## 4. Kommentare

### a. Versuchsaufbau

- Der Erfolgsschlüssel bei diesen Versuchen liegt in der Bearbeitung der Stopfen, die den Stielen der verwendeten Pflanze angepasst werden müssen: man sollte sich vor Versuchsbeginn eine Vielzahl von verschiedenen Stopfen (mit unterschiedlicher Lochgröße) bereitlegen.
- Achten Sie unbedingt darauf, dass das Plexiglasrohr vor dem Beginn des Versuchs bis zum Rand mit Wasser gefüllt wurde. Danach wird es mit dem Stopfen (3) verschlossen. Außerdem sollten keine Luftblasen mehr im Plexiglasrohr vorhanden

sein. Wenn Sie das Gerät vorsichtig umdrehen, können Sie durch Betätigung des Kolbens der Spritze (4) eventuelle Luftblasen durch die Kapillare evakuieren.

- Eventuelle Lecks beim Aufbau kann man durch die Verwendung eines Fettes (Silikonvaseline) beseitigen.
- Das verwendete Material und auch das Wasser sollte die Temperatur haben, die auch die Umgebung zur Zeit des Versuchs hat.
- Um nur einen Faktor auf einmal zu variieren, sollten Sie einige Vorkehrungen treffen:
  - Einsatz eines Hitzeschirms zwischen der Pflanze und der Lichtquelle.
  - Einsatz eines Ventilators (ohne Wärmezufuhr !) als Windquelle.

#### b. Vorgehensweise

- Man sollte unbedingt versuchen, das gesamte Experiment während einer Zeitdauer von 3 Stunden durchzuführen.
- Der Schüler kann so unter besten Bedingungen die Ergebnisse auswerten.
- Man kann selbstverständlich auch die unterschiedlichen Versuchsbedingungen für eine Pflanze variieren, indem man z.B. die Lichtstärke variiert.

#### c. Blind- oder Vergleichsprobe

- Prinzip: jede Pflanze stellt eine Besonderheit an und für sich dar. Aus diesem Grund ist es eigentlich fast unmöglich, den Einfluss bestimmter Parameter mit Sicherheit zu bestimmen.
- Technik: führen Sie die Messungen in regelmäßigen Zeitintervallen durch und stellen Sie gleichzeitig die Kurve der Meniskusverschiebung im Kapillarrohr in Funktion der Zeit ein. Wenn sich die Neigung der Kurve stabilisiert, kann man davon ausgehen, dass der Kontrollpunkt erreicht wurde. Dies kann bei einigen Pflanzen sehr schnell gehen (3-20 Min.)
- Es könnte - in der 2. Experimentalphase - interessant sein, die Apparatur in den Kontrollbedingungen zu belassen, um zu überprüfen, ob die klimatischen Veränderungen keinen signifikanten Einfluss auf die experimentellen Messungen haben.

## 5. Ergebnisse

#### a. Vorgehende Bemerkungen

In der Auswertung geht man davon aus, dass die Verdunstungsintensität gleich der Intensität der Wasserabsorption durch die Pflanzen ist.

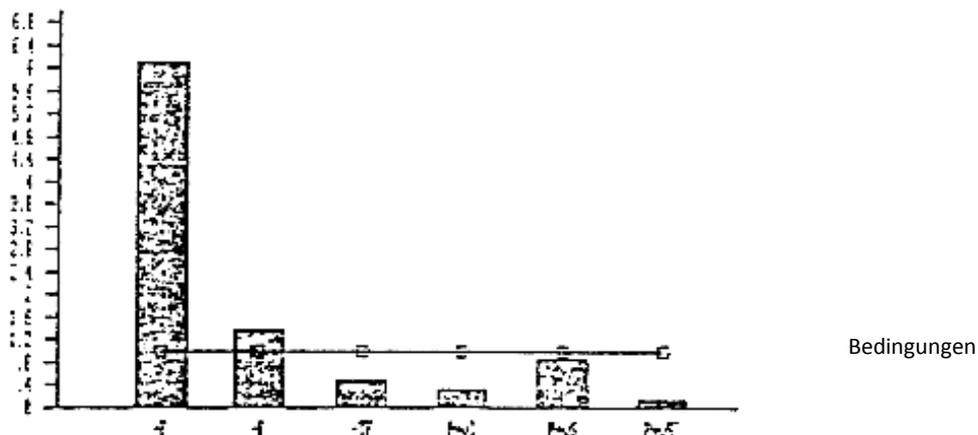
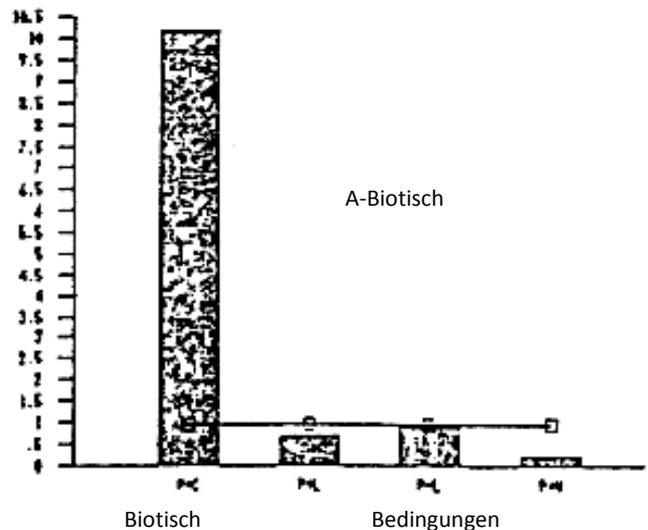
b. Ergebnisse in der Tabelle

| Stand        | Versuchsbedingungen                                     | Vergleich<br>mm <sup>3</sup> /g/min | Versuch<br>mm <sup>3</sup> /g/min | E/V   |
|--------------|---|-------------------------------------|-----------------------------------|-------|
| 1 : P + L    | Ganze Pflanze + Licht 35 W/m <sup>2</sup>               | 0,21                                | 0,14                              | 0,66  |
| 2 : P - L    | Ganze Pflanze + Dunkelheit                              | 0,17                                | 0,15                              | 0,86  |
| 3 : P + LW   | Ganze Pflanze + Licht + Wärme                           | 0,56                                | 0,50                              | 0,89  |
| 4 : P + W    | Ganze Pflanze + Wärme 35° C                             | 0,42                                | 4,29                              | 10,21 |
| 5 : P + Wd   | Ganze Pflanze + Wind                                    | 2,76                                | 0,56                              | 0,20  |
| 6 : P + VoS  | Ganze Pflanze + Vaseline obere Seite der Blätter        | 0,56                                | 0,49                              | 0,87  |
| 7 : P + VuS  | Ganze Pflanze + Vaseline untere Seite der Blätter       | 1,01                                | 0,31                              | 0,31  |
| 8 : P + VouS | Ganze Pflanze + Vaseline Ober- u. Unterseite d. Blätter | 0,98                                | 0,12                              | 0,12  |
| 9 : - Wz     | Pflanze ohne Wurzeln                                    | 0,27                                | 0,37                              | 1,35  |
| 10 : - StB   | Pflanze ohne Stiel und ohne Blätter                     | 0,27                                | 0,13                              | 0,47  |
| 11 : - B     | Pflanze ohne Blätter                                    | 0,45                                | 2,75                              | 6,11  |

c. Auswertung

Graphische Darstellung

Beziehen Sie sich auf die vorhergehende Tabelle wegen der benutzten Abkürzungen. Die Referenzgrößen auf dieser Graphik beziehen sich auf die Beziehung E/V von 1; dies ermöglicht darzustellen, ob die Verdunstung unter den Versuchsbedingungen gestiegen oder gesunken ist.



**Kommentare**  
**A-biotische Faktoren**

Die Ergebnisse zeigen, dass es für die Pflanze unmöglich ist, den Wasserfluss bei einer hohen Temperatur von 35° C zu meistern. Die Ergebnisse bei Licht und vor allem bei Wind zeigen uns, dass die Pflanze ihre Verdunstung vermindert. Die Pflanze reguliert ihre Verdunstung über die Stomata und passt sich den Bedingungen an.

**Biotische Faktoren**

Im Versuch (11) konnte eine relativ große Menge an Pflanzensaft erkannt werden, den die Pflanze am Blattansatz abgegeben haben. Die Versuche (9, 10, 11) ermöglichen einen Nachweis des Mechanismus der Zirkulation des Pflanzensaftes. Insbesondere das Wurzelwachstum und die Blattatmung können jeweils aufeinander im Zusammenhang der Gesamtbedingungen der Versuche abgeschätzt werden.

Die Experimente (9 : - Wz) und (10 : - StB) zeigen, dass lediglich die Wurzeln einen Wasserfluss, der unterhalb des Normalen liegt, hervorrufen; das genaue Gegenteil ist dies für die Stiele und die Blätter.

Die Versuche mit der Vaselineschicht (6, 7, 8) ermöglichen die Funktion jeder Blattseite im Rahmen der Verdunstung zu bestimmen. Das Vaseline blockiert die Verdunstung da, wo es auch angewendet wurde. Der Vergleich der Versuche (6 und 7) ermöglicht darüber hinaus zu bestätigen, dass bei der verwendeten Pflanze (in unserem Fall Bohnen), das untere Blatt eine größere Bedeutung/Rolle hat als das obere Blatt.

Dies erklärt sich u.a. durch die größere Menge an Stomata, die sich auf der unteren Blattseite befinden.

Versuch 8 zeigt uns, dass der Wasserverlust nicht ausschließlich auf die Blätter (Stiele, Knospen) zurückzuführen ist.