

# Fotosynthese bei der Wasserpest – Messung der Sauerstoffproduktion

## Vorbemerkung

*Hans-Ulrich Lampe*

Digitale Medien in Form von Taschenrechnern oder entsprechender Apps sind für die Schülerinnen und Schüler ein selbstverständliches Mittel zum Lernen geworden. Da liegt es nahe, deren Potenzial auch für das Fach Biologie zu nutzen. Darstellungen in Form von Tabellen und Graphen prägen die wissenschaftliche Auswertung von Experimenten. Mit Hilfe von GTR oder CAS können die Schülerinnen und Schüler diese Darstellungen selbst erstellen. In Kombination mit Sensoren werden Messungen zu biologischen Experimenten erfasst und können dann in Form von Tabellen oder Graphiken ausgewertet werden. Für die Umsetzung dieser Idee möchte die Arbeitsgruppe Biologie innerhalb des Lehrerfortbildungsnetzwerks T3 Deutschland Hilfestellungen geben. Neben dem Angebot von Vorträgen und Fortbildungen werden auch Experimente aus der Unterrichtspraxis erstellt und publiziert ([www.ti-unterrichtsmaterialien.net](http://www.ti-unterrichtsmaterialien.net)).



## Zu dem vorliegenden Experiment

In der Diskussion zum Klimawandel ist die Rolle von Pflanzen ein wichtiger Aspekt. Bei der Fotosynthese nehmen Pflanzen Kohlenstoffdioxid auf und verstoffwechseln diesen. Dabei entsteht als „Abfallprodukt“ u.a. Sauerstoff. Dieser Sauerstoff ist wiederum für die tierischen Lebewesen von großer Bedeutung. Gerade durch die Abholzung der Regenwälder wird neben vielen anderen Folgen dieser Produktionsprozess mit globaler Auswirkung gestört. Nicht vergessen werden darf dabei das marine Phytoplankton. Je nach Datenquelle kann man davon ausgehen, dass ca. 75 % der Sauerstoffproduktion der Erde in den Ozeanen gebildet wird. Und hierfür natürlich Kohlenstoffdioxid aus der Atmosphäre verbraucht wird. Das hier vorgestellte Experiment möchte dazu beitragen, die Diskussion zum Klimawandel mit Daten zu versorgen. Bei der Konzeption stand den Autoren *Florian Brodhun* und *Sonja Rösel* ein klassisches Experiment Pate: Stängel der Wasserpest werden mit der Schnittfläche nach oben unter einem Trichter in ein Wasserbecken platziert und belichtet. Dabei kann man aufsteigende Gasblasen beobachten und zählen. Mit einem über den Trichter gestülpten Reagenzglas können die Bläschen aufgefangen werden. Die Glimmspanprobe mit dem gesammelten Gas in dem Reagenzglas weist die Sauerstoffproduktion nach. Jeder der dieses Experiment durchgeführt hat weiß, dass es nur mehr oder weniger gut klappt.

In der Variation dieses Experiments kommt die Messwernerfassung ins Spiel. Anstatt den produzierten Sauerstoff nur qualitativ zu messen, wird mit einem Sensor für gelösten Sauerstoff eine quantitative Auswertung möglich. Zum Einsatz kommt hier der Sensor für gelösten Sauerstoff der Firma Vernier (ODO-BTA). Als System zur Erfassung der Messwerte werden der Taschenrechner TI-Nspire™ mit der Applikation Vernier DataQuest™ und als Interface das TI-Nspire™ LabCradle verwendet.

## Fotosynthese bei der Wasserpest – Messung der Sauerstoffproduktion

- Lehrermaterial -

Die Fotosynthese ist im Biologieunterricht unter verschiedenen Fragestellungen bedeutend: Diskussion zum Klimawandel, Ernährung bei Pflanzen, Stoffwechselphysiologie. Um den bei der Fotosynthese entstehenden Sauerstoff nachzuweisen, bietet sich dieses Experiment an. Hiermit kann u.a. der Einfluss des Lichts gezeigt und eine quantitative Messung der Sauerstoffproduktion durchgeführt werden. Dieses Experiment kann als Demonstration oder in einem Stationenbetrieb eingesetzt werden. Die reine Versuchszeit beträgt 10 bis 15 Minuten.

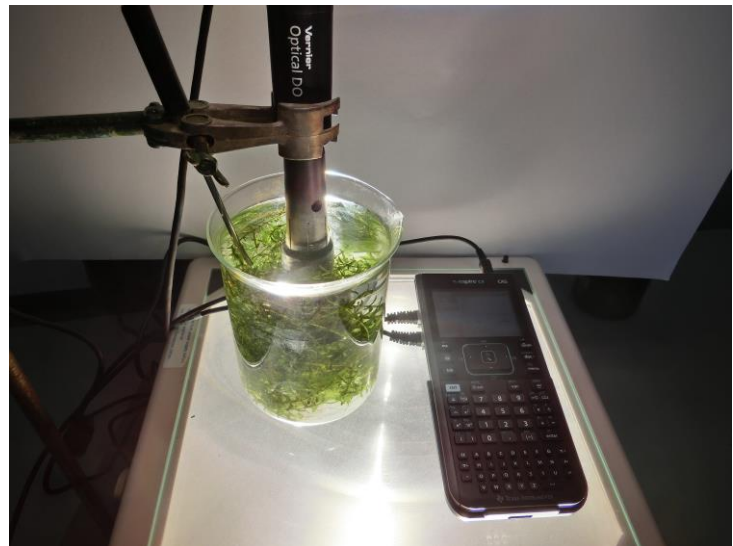
### Geräte

- TI-Nspire
- O<sub>2</sub>-Sensor für gelösten Sauerstoff
- Thermometer (optional)
- Labcradle
- Overhead-Projektor oder starke Lichtquelle

### Materialien

- Becherglas (1000 ml)
- Stativ mit Muffe und Universal-klemme
- frische Wasserpest
- Kaliumhydrogencarbonat-Lösung (1%)

### Versuchsaufbau



### Versuchsdurchführung

- Am Tag vor dem Experiment wird die Kaliumhydrogencarbonat-Lösung (1%) hergestellt und die gelösten Gase werden durch längeres Sieden entfernt. Anschließend wird die Lösung auf Raumtemperatur abgekühlt.
- Für das Experiment wird der O<sub>2</sub>-Sensor am Stativ in der Lösung platziert und kurz gewartet bis sich die Messwerte stabilisieren (ca. 6 mg/L). Dann wird die Wasserpest dazu gegeben und mithilfe des OHPs belichtet. Die Messung wird gestartet.
- **Versuchsvariation:** Während der Messung, ca. 4 bis 5 Minuten nach Start, kann der OHP für eine Minute abgeschaltet werden, um den Effekt der Belichtung auf die Sauerstoffbildung zu verdeutlichen.

### Einstellungen in DataQuest

CH1: O<sub>2</sub> GAS (mg/L), auch am Sensor mg/L einstellen

CH2: Temperatur-Sensor (optional)

Empfohlene Sensoreinstellungen verwenden:

Modus: Zeitbasiert

Geschw. (Stichprobe/Sek): 1

Dauer: 500 s

Anzahl der Punkte: 501

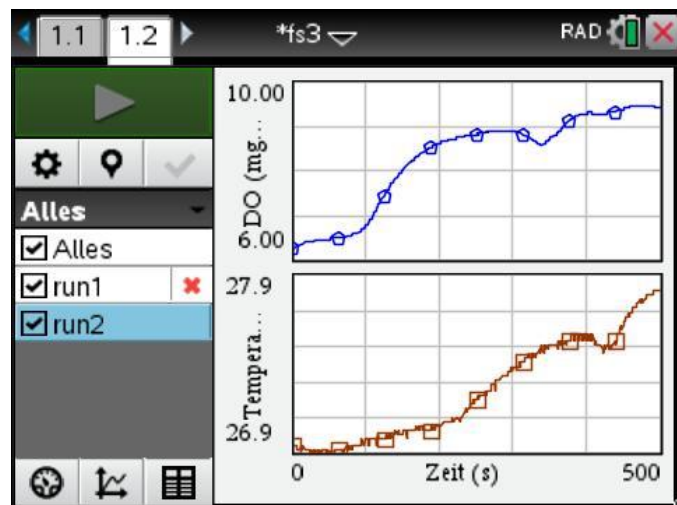
**Hinweise zur Auswertung**

Trotz Entfernung der Gase durch längeres Sieden bleibt eine Restsauerstoffkonzentration von etwa 6 mg/L vorhanden. Diese ist allerdings nicht störend, da bei der verwendeten Temperatur von 20 °C die Sauerstoffsättigung bei etwa 9 mg/L liegt.

Die Temperaturerhöhung während des Experiments beträgt ca. 1 °C und kann als Einfluss auf den Stoffwechsel vernachlässigt werden.

**Tipps und Tricks**

- Die Kaliumhydrogencarbonat-Lösung vorsichtig umfüllen, sodass möglichst kein Sauerstoff eingetragen wird.
- Die Wasserpest vor dem Versuch dunkel lagern. Die Erfahrung zeigt, dass manchmal die Initiierung der Fotosynthese erst drei Minuten nach Belichtungsbeginn einsetzt.
- Ist die Sauerstoffsättigung in der Lösung erreicht, ist das Experiment beendet (nach ca. 9 Minuten). Weitere Variationen (Licht, Temperatur) haben keinen messbaren Effekt mehr.
- Dieser Sensor muss nicht kalibriert werden und hat eine eingebaute Temperaturkompensation.

**Graphen****Lösungen zum Schülerarbeitsblatt**

(zentrale Lösungsideen)

1. Mit zunehmender Beleuchtungsdauer steigt die Sauerstoffkonzentration in der Lösung kontinuierlich an bis die Sauerstoffsättigung erreicht ist. Es ergibt sich eine Sättigungskurve. Dabei kann es zu einer Schwankung der Messwerte kommen. (Die Temperatur steigt konstant um 1 °C an.)

Die Fotosynthese setzt mit einer zeitlichen Verzögerung ein, der Stoffwechselprozess muss erst initiiert werden. Nach ca. 300 Sekunden nach Start des Experiments wurde das Licht ausgeschaltet, die Sauerstoffproduktion stoppt. (Die Temperatur nimmt während der Dunkelphase nicht zu. Die Temperaturzunahme ist auf den OHP zurückzuführen.)

2. Die Photosyntheserate ist ein lichtabhängiger Prozess. Für die Ermittlung der maximalen Photosyntheserate wird die Steigung im steilsten Kurvenbereich ermittelt (hier: 0.003 mg/(L\*sec)).
3. Fehlerquellen: Reäquilibrierung durch Luftsauerstoff, schwankende Licht- und Temperaturverhältnisse, nicht gesunde Wasserpest, ungünstige Positionierung des Sensors.

**Fotosynthese bei der Wasserpest – Messung der Sauerstoffproduktion**

- Arbeitsblatt -

**Geräte****Geräte**

- TI-Nspire
- O<sub>2</sub>-Sensor für gelösten Sauerstoff
- Thermometer (optional)
- Labcradle
- Overhead-Projektor oder starke Lichtquelle
- 

**Materialien**

- Becherglas (1000 ml)
- Stativ mit Muffe und Universal-  
klemme
- frische Wasserpest
- Kaliumhydrogencarbonat-  
Lösung (1%)

**Versuchsaufbau****Einstellungen in DataQuest**CH1: O<sub>2</sub> GAS (mg/L) , auch am Sensor mg/L einstellen

CH2: Temperatur-Sensor (optional)

Empfohlene Sensoreinstellungen verwenden:

Modus: Zeitbasiert

Geschw. (Stichprobe/Sek): 1

Dauer: 500 s

Anzahl der Punkte: 501

**Versuchsdurchführung**

1. Baue den Versuch entsprechend der Abbildung auf, aber zunächst ohne Wasserpest. Achte darauf, dass die Kaliumhydrogencarbonat-Lösung nicht stark geschüttelt wird. Schalte den Overhead-Projektor ein.
2. Führe die Sauerstoff-Sonde in die Lösung ein und warte bis sich die Messwerte nicht mehr ändern.
3. Gib nun die Wasserpest vorsichtig in das Gefäß. Starte die Messung.

**Auswertungsblatt / Protokoll**

1. Werte die graphische Darstellung aus.
2. Bestimme die maximale Fotosyntheserate.
3. Erläutere mögliche Fehlerquellen.