

Photosynthese und Primärproduktivität



Bildquelle: PASCO

| Klassenstufe | Thema | Niveau | Vorbereitungszeit |
|--------------|---------------------------------------|--------|-------------------|
| Sek II | Photosynthese und Primärproduktivität | • • | • |

Aufgabenstellung

Alles Leben auf der Erde ist direkt oder indirekt abhängig von der primären Produktivität der Autotrophen, auch bekannt als Primärproduzenten. Die Schüler lernen die Primärproduktivität einer Pflanze zu bestimmen und wieso die Primärproduktivität so wichtig für uns ist.

Einleitung

Was ist Primärproduktivität?

Die Primärproduktivität beschreibt die Rate der Produktion von Kohlenhydraten durch den Prozess der Photosynthese aus Kohlenstoffdioxid, elektromagnetischer Strahlung der Sonne und Wasser. Alles Leben auf der Erde ist direkt oder indirekt von der Primärproduktivität abhängig. Die für die Primärproduktivität verantwortlichen Organismen werden als Primärproduzenten oder Autotrophen bezeichnet. Sie sind Organismen, die ihre eigene Nahrung herstellen können, meist durch den Prozess der Photosynthese. Diese Primärproduzenten bilden die Grundlage der Nahrungskette und fungieren als erste trophische Ebene.

In terrestrischen Ökosystemen sind Autotrophen in erster Linie Gefäßpflanzen. Zu den Primärproduzenten in aquatischen Ökosystemen gehören Photosynthese betreibende Bakterien, Phytoplankton (einzellige Photosynthese betreibende Wasserorganismen), multizelluläre Algen und Gefäßpflanzen wie *Elodea sp.* Die meisten Photosynthese betreibende Organismen enthalten Chloroplasten, chlorophyllhaltige Organellen, in denen Photosynthese stattfindet.

Die Primärproduktivität kann als Brutto-Primärproduktivität (BPP) oder Netto-Primärproduktivität (NPP) ausgedrückt werden. Die Nettoprimärproduktivität ist die Gesamtmenge der im Ökosystem (BPP) produzierten Kohlenhydrate abzüglich der Kohlenhydrate, die von den Produzenten für ihre eigene aerobe Zellatmung (R (=Respiration)) verbraucht werden. Die Nettoproduktivität ist die überschüssige Nahrung, die von Autotrophen produziert wird und für den Verzehr durch andere Organismen in der Nahrungskette verfügbar ist. Sie spiegelt also die Kohlenhydrate wider, die anderen Organismen im Ökosystem zur Verfügung stehen. Die Gleichung für die Berechnung der NPP lautet: $NPP = BPP - R$.

Material & Methoden

Für jeden Schüler oder jede Gruppe werden folgende Materialien benötigt:

- Datenerfassungssystem
- Smart O₂-Sensor für gelösten Sauerstoff
- Magnetrührer und Rührstäbchen
- PASCO Photosynthese Tank
- Gummistopfen, Größe #3 (im Lieferumfang des Photosynthesetanks enthalten)
- Schwarzes Tuch, lichtundurchlässig, 50 cm x 50 cm
- Lampe, mit 100 W gleichwertiger LED- oder CFL-Lampe
- Wasserpflanze, hier: *Elodea sp.* (mehrere Zweige)
- Leitungswasser, 1l
- Eis (empfohlen bei Verwendung von Glühlampen)

Sicherheit

Beachten Sie Ihre gewohnten Sicherheitsvorkehrungen.

Durchführung

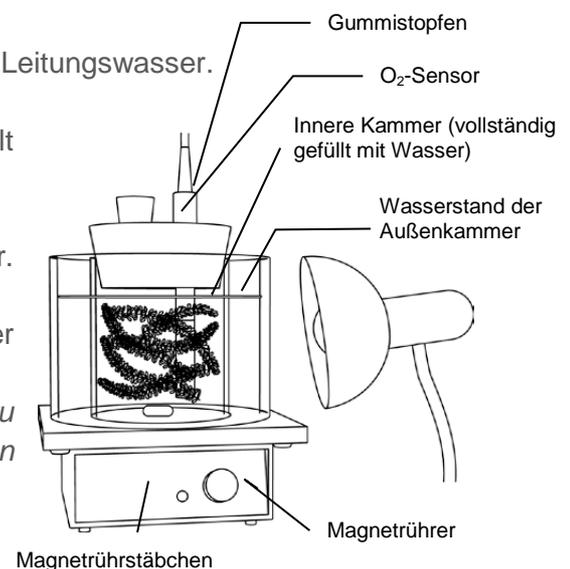
Führen Sie die folgende Untersuchung durch, bevor Sie Ihr eigenes Experiment konzipieren und durchführen. Notieren Sie alle Beobachtungen, Daten, Erklärungen und Antworten.

1. Starten Sie ein neues Experiment auf dem Datenerfassungssystem und schließen Sie einen O₂-Sensor für gelösten Sauerstoff (oder den Wasserqualitätssensor) an das System an.
2. Stellen Sie das Datenerfassungssystem so ein, dass die Konzentration an gelöstem Sauerstoff (mg/l) gegen die gemessene Zeit dargestellt wird.
3. Passen Sie die Skalierung der Darstellung so an, dass alle Daten gezeigt werden.
4. Legen Sie den Magnetrührstäbchen in den Photosynthesetank.
5. Legen Sie mehrere Zweige der *Elodea*-Pflanze in den inneren Tank, so dass er lose mit der Pflanze gefüllt ist und füllen Sie den Tank bis obenhin mit Leitungswasser.
6. Platzieren Sie den Gummistopfen mit zwei Sensoranschlüssen (Größe #14) in die Öffnung des Tanks.

HINWEIS: Dabei läuft Wasser in die Außenkammer über.

7. Füllen Sie den Außentank bis auf ca. 2 cm Luftraum mit Leitungswasser.
8. Wieso sollte die äußere Kammer mit Wasser gefüllt werden?
9. Stellen Sie den Photosynthesetank auf den Magnetrührer.
10. Entfernen Sie den Sensor für gelösten Sauerstoff aus der Vorratsflasche.

Achten Sie darauf, die weiße Kappe vom Sensor zu entfernen und achten Sie darauf, dass Sie die Membran am Ende des Sensors nicht berühren.



11. Stecken Sie das Ende der Sauerstoffsonde vorsichtig durch die größere Öffnung des Gummistopfens mit zwei Sensoranschlüssen. Drücken Sie die Sonde nach unten, so dass das Ende des Sensors knapp über dem Magnetrührstäbchen positioniert ist (im Umkreis von 1 cm des Magnetrührstäbchens) und das Ende die Pflanze nicht berührt.

HINWEIS: Die Positionierung des Endes der Sonde ist wichtig, damit die starke Bewegung des Wassers alle Luftblasen vom Ende der Sonde stoßen kann.

HINWEIS: Wenn die Pflanze das Ende der Sonde blockiert, nehmen Sie den Stopfen aus dem Tank und richten Sie die Pflanze neu aus. Möglicherweise müssen Sie mehr Wasser hinzufügen, um sicherzustellen, dass der Tank vollständig gefüllt bleibt und alle Lufteinschlüsse beseitigt werden.

12. Platzieren Sie einen #2 oder #3 Gummistopfen in das andere Loch des Gummistopfens mit zwei Sensoranschlüssen (Größe #14).
13. Platzieren Sie die Lampe sehr nahe am Photosynthesetank, damit das Licht auf die *Elodea*-Pflanze scheint.

Datenerhebung

14. Schalten Sie den Magnetrührer auf hoher Geschwindigkeit ein, damit das Wasser im Tank zirkuliert.
15. Schalten Sie das Licht auf die hellste Einstellung ein.
16. Wieso sollte ein Magnetrührer verwendet werden?

HINWEIS: Beachten Sie die Bedienungsanleitung des Sensors für gelösten Sauerstoff.

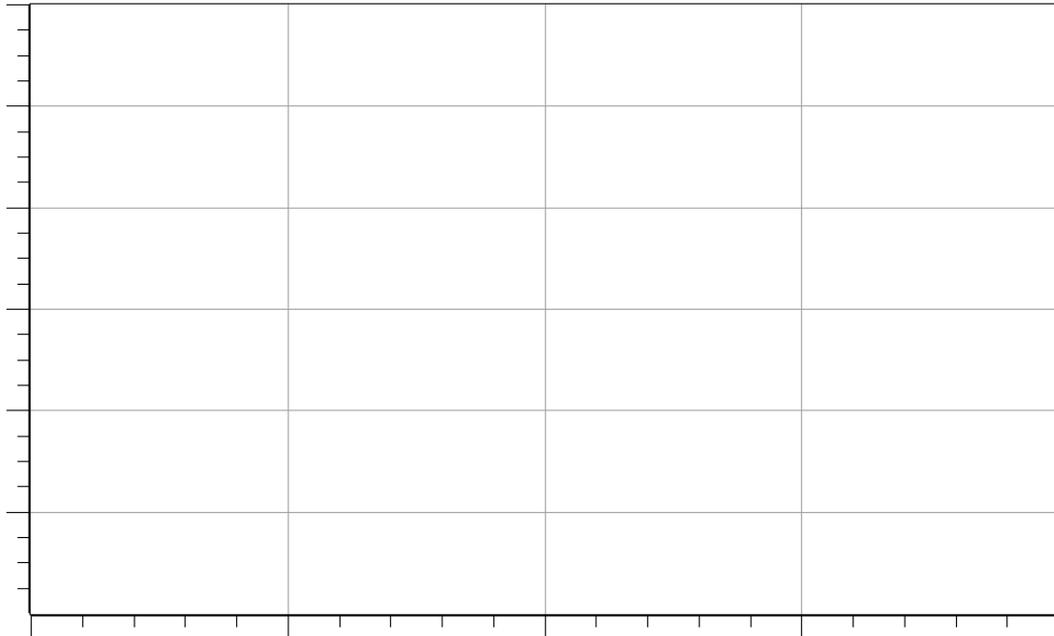
17. Starten Sie die Datenaufzeichnung.
18. Passen Sie die Skala des Diagramms so an, dass die Daten das Diagramm vertikal ausfüllen und Sie die Änderungen der Konzentration des gelösten Sauerstoffs während der Aufzeichnung besser nachvollziehen können.

HINWEIS: Die anfängliche Konzentration des gelösten Sauerstoffs sollte zwischen 4 - 8 mg/l liegen; liegt sie nicht in diesem Bereich, überprüfen Sie den Sensor für gelösten Sauerstoff um sicherzustellen, dass er ordnungsgemäß funktioniert.

19. Fahren Sie mit der Datenaufzeichnung bei eingeschaltetem Licht für 15 Minuten fort.
Die Datenaufzeichnung darf nicht gestoppt werden!
20. Schalten Sie die Lampe aus und decken Sie den Versuchsaufbau vorsichtig mit einem schwarzen, lichtundurchlässigen Tuch ab, so dass sich die Pflanze im Dunkeln befindet.
21. Zeichnen Sie die Daten mit der Pflanze bei Dunkelheit für 15 Minuten auf und stoppen Sie anschließend die Datenaufzeichnung.
22. Speichern Sie Ihr Experiment.

Datenanalyse

1. Skizzieren Sie den Graphen der Konzentration an gelöstem Sauerstoff gegen die Zeit. Beschriften Sie die x-Achse und y-Achse, einschließlich Parametern und Einheiten sowie den Punkt, an dem Sie das Licht ausgeschaltet und den Versuchsaufbau mit dem schwarzen, lichtundurchlässigen Tuch abgedeckt haben.



2. Verwenden Sie Ihre aufgezeichneten Daten, um die Änderungsrate der Konzentration an gelöstem Sauerstoff unter Licht zu ermitteln und die Änderungsrate der Konzentration an gelöstem Sauerstoff unter Dunkelheit.

Verwenden Sie 2 Methoden:

- 1) die Steigung einer linearen Anpassungslinie
- 2) die 2-Punkt-Methode.

3. Tragen Sie diese Werte in Tabelle 1 ein.

HINWEIS: Die Änderungsrate der Konzentration an gelöstem Sauerstoff unter Dunkelheit korreliert mit dem Verbrauch von Kohlenhydraten durch die Zellatmung. Eine negative Steigung, die eine Abnahme der Konzentration an gelöstem Sauerstoff anzeigt, bezieht sich auf einen positiven Wert der Zellatmung (R). Wenn beispielsweise die Änderungsrate der Konzentration an gelöstem Sauerstoff unter Dunkelheit $-1,0 \times 10^{-3} \text{ mg}/(\text{l}\cdot\text{s})$ beträgt, dann ist R $1,0 \times 10^{-3} \text{ mg}/(\text{l}\cdot\text{s})$.

Tabelle 1: Änderungsrate des Vergleichs der Konzentration an gelöstem Sauerstoff

| Lichteinstellung | Initiale Konzentration an gelöstem Sauerstoff (mg/l) | Finale Konzentration an gelöstem Sauerstoff (mg/l) | Gesamtveränderung der Konzentration an gelöstem Sauerstoff (mg/l) | Änderungsrate der Konzentration an gelöstem Sauerstoff mg/(l*s) (Linear Fit) | Änderungsrate der Konzentration an gelöstem Sauerstoff mg/(l*s) (2-Punkt-Methode) |
|------------------|--|--|---|--|---|
| Licht | | | | | |
| Dunkelheit | | | | | |

Auswertung und Fragen

1. Beschreiben Sie, wie Sie die BPP-Rate herausfinden würden und führen Sie dann die entsprechende Berechnung durch.

2. Berechnen Sie die Nettomenge an Glukose (in mg), die von der Pflanze in 24 Stunden produziert werden würde, wenn die derzeitigen Bedingungen aufrechterhalten würden und die Pflanze 12 Stunden der Zeit im Dunkeln wäre.

3. Wie verhält sich die mit der Zwei-Punkte-Methode berechnete Änderungsrate im Vergleich zur Änderungsrate, die durch die Steigung in einem linearen Bereich der aufgetragenen Daten bestimmt wurde?

4. Auf was deutet ein negativer Steigungswert (der Änderungsrate)?

5. Welche Prozesse verursachen die Veränderung der Konzentration an gelöstem Sauerstoff unter den Bedingungen von Licht?

6. Welcher Prozess verursacht die Veränderung der Konzentration an gelöstem Sauerstoff unter den Bedingungen der Dunkelheit?

7. Stellt der gelöste Sauerstoff, den Sie unter beleuchteten Bedingungen gemessen haben, die Brutto-Primärproduktivität (BPP) oder die Netto-Primärproduktivität (NPP) dar? Erklären Sie Ihre Überlegungen.

8. Welche ist in diesem Experiment die unabhängige Variable, welche die abhängige Variable und welche Faktoren sind kontrolliert?

Zusammenfassende Fragen

Nutzen Sie die verfügbaren Ressourcen, um die folgenden Fragen zu beantworten.

1. Was würde Ihrer Meinung nach mit diesem geschlossenen System passieren, wenn es unter gleichen Bedingungen zwei Wochen lang aufrechterhalten würde?

2. Welche Methoden werden derzeit von Wissenschaftlern verwendet, um das Primärproduktionsniveau regional und global zu bestimmen?

3. Welche Einschränkungen gibt es bei diesen Methoden zur Bestimmung der Primärproduktion?

Multiple-Choice-Fragen

Wählen Sie die beste Antwort zu jeder der folgenden Fragen bzw. die beste Ergänzung zu den folgenden unvollständigen Aussagen.

1. Die erste trophische Ebene in einem Ökosystem bezieht sich auf
 - A. Fleischfresser
 - B. Verbraucher
 - C. Pflanzenfresser
 - D. Alle Autotrophen
 - E. B und D

2. Autotrophen, die für die Primärproduktivität in den Ozeanen verantwortlich sind, sind unter anderem
 - A. Kelp
 - B. Zooplankton
 - C. Photosynthese betreibende Bakterien
 - D. Phytoplankton
 - E. A, C und D
 - F. Alle der oben genannten Punkte

3. Der größte Teil der Primärproduktion in den Ozeanen findet in den folgenden Gebieten statt
 - A. Euphotische Zone
 - B. Dysphotische Zone
 - C. Aphtische Zone
 - D. Abyssalzone
 - E. Dämmerungszone

4. Die Brutto-Primärproduktivität entspricht der Netto-Primärproduktivität plus
 - A. Die Menge an abgestorbenem organischem Material, die auf den Boden eines Gewässers sinkt oder als Sediment auf den Boden fällt.
 - B. Die Menge an organischem Material, die bei der Zellatmung verbraucht wird.
 - C. Die Wassermenge, die von Pflanzen abgegeben wird.
 - D. Nichts davon stimmt.

5. In diesem Experiment wurde die Brutto-Primärproduktivität gemessen durch
- A. Bestimmung der Masse der Pflanze
 - B. Bestimmung der Rate des Sauerstoffgasverbrauchs während der Zellatmung
 - C. Bestimmung der Rate der Sauerstoffgasproduktion während der Photosynthese
 - D. B und C
 - E. Alle der oben genannten Punkte

Thematisch passende Artikel aus unserem Shop auf einen Blick:

| Gerät / Material | Bestellnummer |
|---|--------------------------|
| • Smart O ₂ -Sensor für gelösten Sauerstoff | 71194002 |
| • Magnetrührer LSCI | 71186320 |
| • Magnetrührstäbchen PTFE zylindrisch 20xø6mm | 020754 |
| • PASCO Photosynthese Tank | 71041066 |
| • Beleuchtungseinrichtung zum Geräteset "Photosynthese" | 777514 |

Literaturverzeichnis:

[PASCO Digital Library](#)

Bilderverzeichnis:

<https://gsep.pasco.com>

Diese Versuchsanleitung wurde im April 2019 erstellt.

Bitte beachten Sie, dass die Versuchsanleitung lediglich als Orientierung dient. Sie wurde nach bestem Wissen und Gewissen angefertigt. Dennoch können wir keine Haftung für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität übernehmen und bitten Sie, die jeweiligen Aussagen und Quellen vor Verbreitung zu überprüfen.