

**Gemeinsame Aufgabenpools der Länder**

**Pool für das Jahr 2025**

**Aufgaben für das Fach Biologie**

**Kurzbeschreibung**

Aufgabentitel	Kultivierung von Algen
Anforderungsniveau	grundlegend
Inhaltsbereiche	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Lebewesen in ihrer Umwelt               <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Strukturen und Zusammenhänge in Ökosystemen                   <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ abiotische Faktoren</li> <li>◆ Einfluss abiotischer Faktoren auf Organismen</li> </ul> </li> <li>◆ Einfluss des Menschen auf Ökosysteme                   <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Folgen des anthropogen bedingten Treibhauseffekts</li> <li>◆ Ökosystemmanagement: Ursache-Wirkungszusammenhänge, nachhaltige Nutzung</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>◆ Leben und Energie               <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Aufbauender Stoffwechsel                   <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Abhängigkeit der Fotosyntheserate von abiotischen Faktoren</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
Materialien	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ M 1 Kultivierung von Algen</li> <li>◆ M 2 Modellrechnung mit Algenkulturen</li> <li>◆ M 3 Einfluss von CO<sub>2</sub> und Rauchgas auf die Biomasseproduktion</li> </ul>
Quellenangaben	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Teaser: Pluta, W. (2022). Algen sollen Kohlendioxid aus der Atmosphäre abscheiden. Brilliant Planet. <a href="https://www.go-lem.de/news/brilliant-planet-algen-sollen-kohlendioxid-aus-der-atmosphaere-abscheiden-2204-164876.html">https://www.go-lem.de/news/brilliant-planet-algen-sollen-kohlendioxid-aus-der-atmosphaere-abscheiden-2204-164876.html</a> (Zugriff am: 30.05.2022).</li> <li>◆ M 1               <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Kuhn, G. (2018). Warum Mikroalgen das Superfood der Zukunft sind. <a href="https://kurier.at/wissen/rohstoff-des-21-jahrhunderts-warum-mikroalgen-das-superfood-der-zukunft-sind/313.785.031">https://kurier.at/wissen/rohstoff-des-21-jahrhunderts-warum-mikroalgen-das-superfood-der-zukunft-sind/313.785.031</a> (Zugriff am: 30.05.2022).</li> <li>◆ Zarre, M. (2015). Energieoptimierung bei der Indoorkultivierung von Mikroalgen. S. 7. <a href="https://pure.unileoben.ac.at/portal/files/3820115/AC13235343n01.pdf">https://pure.unileoben.ac.at/portal/files/3820115/AC13235343n01.pdf</a> (Zugriff am: 30.05.2022).</li> </ul> </li> <li>◆ M 2:</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ o. A., (2008). Thermodynamische Analyse. Technische Universität Hamburg-Harburg. <a href="https://www.tuhh.de/~bt1hm/Research/ProductionOfAlgaeBiomass/thermodynamischeAnalyse.pdf">https://www.tuhh.de/~bt1hm/Research/ProductionOfAlgaeBiomass/thermodynamischeAnalyse.pdf</a> (Zugriff am: 30.05.2022).</li> <li>◆ Skarka, J. (2015). Potenziale zur Erzeugung von Biomasse aus Mikroalgen in Europa unter besonderer Berücksichtigung der Flächen- und CO<sub>2</sub>-Verfügbarkeit. <a href="https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000046930/3494163">https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000046930/3494163</a> (Zugriff am: 30.05.2022).</li> <li>◆ M 3 Crocker, M. et al (2017). A Microalgae-Based Platform for the Beneficial Re-use of Carbon Dioxide Emissions from Power Plants, S. 19, S. 22. <a href="https://www.osti.gov/servlets/purl/1419316">https://www.osti.gov/servlets/purl/1419316</a> (Zugriff am: 30.05.2022).</li> </ul>
<b>Hilfsmittel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ digitales Hilfsmittel, das mindestens die Funktionalität eines WTR hat<sup>1</sup></li> </ul>
<b>fachpraktischer Anteil</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ nein</li> </ul>
<b>Hinweise:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ keine</li> </ul>

<sup>1</sup> siehe „Hinweise zur Verwendung von Hilfsmitteln“

## 1 Aufgabe

---

### Kultivierung von Algen

Algen lassen sich leicht kultivieren. Sie werden zunehmend als Nahrungsmittel genutzt und geraten als CO<sub>2</sub>-Speicher immer mehr in den Fokus der Forschung. Dies ist auch in Bezug auf den Klimawandel von großem Interesse.

	<b>BE</b>
1 Beschreiben Sie die charakteristische Ausprägung von drei abiotischen Faktoren in einem Ihnen bekannten Ökosystem.	6
2 Stellen Sie tabellarisch drei Unterschiede zwischen den beiden Systemen zur Kultivierung von Algen dar (M 1). Begründen Sie die Notwendigkeit der Wasserbewegung in den Systemen (M 1).	6
3 Diskutieren Sie den Einsatz von Algenkulturen zur Reduzierung der CO <sub>2</sub> -Emission in Deutschland (M 1, M 2).	5
4 Beschreiben Sie die in Abbildung 2 dargestellten Versuchsergebnisse und interpretieren Sie diese (M 3). Diskutieren Sie die Verwendung von Rauchgas bei der Kultivierung von Algen zur Nutzung als alternative Proteinquelle (M 3).	13

## 2 Material

---

### Material 1: Kultivierung von Algen

Mikroalgen sind einzellige, Fotosynthese betreibende Organismen, die im Vergleich zu Landpflanzen eine viel höhere Biomasseproduktivität aufweisen. Aus Algen kann ähnlich wie aus Früchten, wie z. B. Oliven, ein Öl gewonnen werden. Der Öl-Ertrag bei Mikroalgen liegt zwischen 46 und 140 Tonnen pro Hektar und Jahr, bei Landpflanzen wie z. B. Ölpalmen bei ca. 6 Tonnen pro Hektar und Jahr.

Bei der Kultivierung von Algen werden zwei verschiedene Systeme unterschieden: offene und geschlossene. Offene Systeme sind flache Teiche, die den Wetterbedingungen ausgesetzt sind. Diese Systeme benötigen eine große Fläche, über die Verunreinigungen eingetragen werden können. Das Wasser muss in Bewegung gehalten werden. Diese Systeme haben für den Betrieb einen relativ geringen Energiebedarf pro Kubikmeter Wasser und sind wartungsarm.

Geschlossene Systeme sind Anlagen mit ca. 6 m hohen Röhren, in denen die Algen kontrolliert gezüchtet werden. Der genutzte Platz ist im Vergleich zu offenen Systemen bei gleicher Ausbeute an Biomasse halb so groß. Die transparenten Kunststoffröhren werden schubweise belüftet, um CO<sub>2</sub>-haltiges Gas einzupumpen und die Lösung in Bewegung zu halten. Der Energiebedarf pro Kubikmeter Wasser ist dementsprechend hoch. Die Röhren werden je nach Verschmutzungsgrad gereinigt oder ausgetauscht, um die Produktivität der Anlage zu erhalten. Der gebildete Sauerstoff muss aus der Anlage entweichen können, da es ansonsten zu Wachstumshemmungen kommt.

(in Anlehnung an Kuhn, 2018 und Zarre, 2015)

### Material 2: Modellrechnung mit Algenkulturen

Die Technische Universität Hamburg-Harburg hat für ein kleines Modellkohlekraftwerk kalkuliert, ob es möglich wäre, das gesamte in diesem Kraftwerk gebildete Kohlenstoffdioxid mithilfe von Algen aufzufangen. Das Kraftwerk würde ausreichen, um bis zu zwei Stadtteile Hamburgs mit Energie zu versorgen.

Bei einem geschlossenen System würde eine Fläche von 84 Hektar für die Anzucht der Algen benötigt. Dies entspricht einem Flächenbedarf von ca. 118 Fußballfeldern. Außerdem könnte diese Anlage nur bei kräftiger Sonneneinstrahlung effektiv funktionieren. Die aus den Röhren gewonnenen Algen könnten zur Herstellung von Biodiesel oder von Nahrungsmitteln auf Algenbasis genutzt werden.

(in Anlehnung an o. A., 2008 und Skarka, 2015)

### Material 3: Einfluss von CO<sub>2</sub> und Rauchgas auf die Biomasseproduktion

Algen könnten in Zukunft für eine alternative Nahrungsmittelproduktion eingesetzt werden. Das Ziel für die Entwicklung solcher Nahrungsmittel ist eine hohe Proteinmenge. Um dies zu erforschen, wurden zwei Versuche mit Algenkulturen durchgeführt.

Zum einen wurde untersucht, welchen Einfluss das Einleiten von Luft verschiedener Zusammensetzung auf die Biomasseproduktion von Algen hat (Abb. 1). Untersucht wurde der Einfluss von Luft mit 0,04 % CO<sub>2</sub>, von Luft mit erhöhtem CO<sub>2</sub>-Anteil (9 % CO<sub>2</sub>) und von Rauchgas. Rauchgase sind Verbrennungsprodukte von Brennstoffen aus Kraftwerken, die neben einem CO<sub>2</sub>-Anteil von 9 % noch andere Verbindungen enthalten. Kohlenstoffdioxid bildet in der wässrigen Umgebung der Algen Kohlensäure, so dass die kontinuierliche Zufuhr von überschüssigem CO<sub>2</sub> zu einem Absinken des pH-Wertes führt. Dadurch wird das Kulturmedium immer saurer. Der optimale pH-Wert für die untersuchten Algen liegt im neutralen Bereich. Auch andere Verbindungen, wie die aus dem Rauchgas, senken den pH-Wert.

Zum anderen wurde die Proteinmenge in der Biomasse der Algen bei gleichen Versuchsbedingungen bestimmt (Abb. 2).

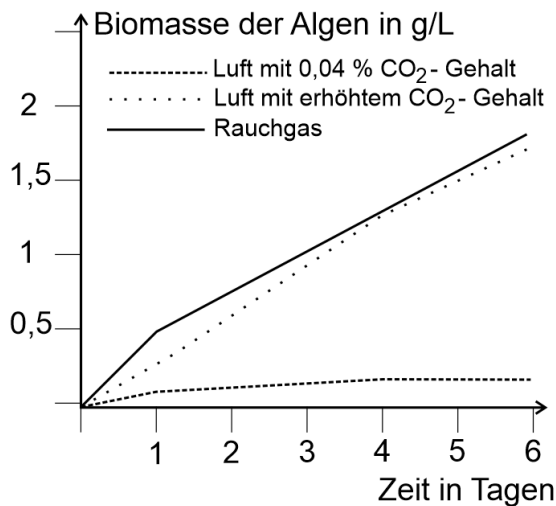


Abb. 1: Biomasse von Algenkulturen bei Einleitung von Luft verschiedener Zusammensetzung

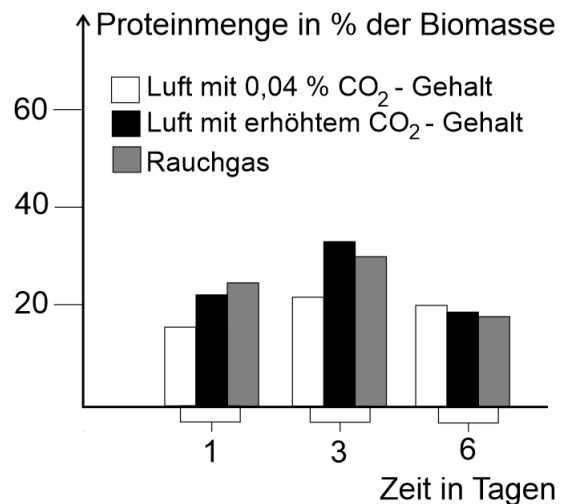


Abb. 2: Proteinmenge von Algenkulturen bei Einleitung von Luft verschiedener Zusammensetzung

(in Anlehnung an Crocker et al., 2017, S. 19, Abb. 1; S. 22, Abb. 4)

### 3 Erwartungshorizont

Der Erwartungshorizont stellt für jede Teilaufgabe eine mögliche Lösung dar. Nicht dargestellte korrekte Lösungen sind als gleichwertig zu akzeptieren.

		BE/AFB														
		I	II	III												
1	Beschreiben: am Beispiel des Ökosystems Wüste <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Temperatur → hohe Tages- und niedrige Nachttemperaturen, große Schwankungen</li> <li>◆ Niederschlag → gering bis nicht vorhanden im Jahresmittel</li> <li>◆ Lichtintensität → hoch im gesamten Tagesverlauf</li> </ul>	6														
2	Darstellen: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">System Kriterium</th> <th style="text-align: center;">offene Systeme</th> <th style="text-align: center;">geschlossene Systeme</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Flächenbedarf</td> <td style="text-align: center;">hoch</td> <td style="text-align: center;">gering</td> </tr> <tr> <td>Risiko der Kontamination</td> <td style="text-align: center;">hoch</td> <td style="text-align: center;">gering</td> </tr> <tr> <td>Betriebskosten</td> <td style="text-align: center;">gering pro m<sup>3</sup></td> <td style="text-align: center;">hoch pro m<sup>3</sup></td> </tr> </tbody> </table> Begründen: <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Gase und Mineralstoffe werden gleichmäßig verteilt, sodass die Produktivität erhalten bleibt</li> <li>◆ Verschattung wird minimiert</li> </ul>	System Kriterium	offene Systeme	geschlossene Systeme	Flächenbedarf	hoch	gering	Risiko der Kontamination	hoch	gering	Betriebskosten	gering pro m <sup>3</sup>	hoch pro m <sup>3</sup>	2	1	3
System Kriterium	offene Systeme	geschlossene Systeme														
Flächenbedarf	hoch	gering														
Risiko der Kontamination	hoch	gering														
Betriebskosten	gering pro m <sup>3</sup>	hoch pro m <sup>3</sup>														
3	Diskutieren:                     Kriterien, die dafürsprechen: <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Algen binden effektiv CO<sub>2</sub></li> <li>◆ Effektivität für Algenanlagen höher, da höhere Biomasseproduktion als viele Landpflanzen,</li> </ul> Kriterien, die dagegensprechen: <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ großer Platzbedarf selbst bei geschlossenen Anlagen</li> <li>◆ das CO<sub>2</sub> verbleibt weiterhin im Kreislauf bei Nutzung der Algen als Nahrungsmittel</li> </ul> Algenkulturen scheinen sich daher in Deutschland eher nicht zur Reduzierung der CO <sub>2</sub> -Emissionen zu eignen, da der Flächenbedarf zu groß ist.		2	3												
4	Beschreiben: <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Luft mit 0,04 % CO<sub>2</sub>: Zuwachs der Proteinmenge auf ca. 20 % in den ersten drei Tagen, leichter Rückgang bis zum sechsten Tag</li> <li>◆ CO<sub>2</sub>-reichhaltige Luft sowie Rauchgaszufuhr: Zunächst Zunahme nach drei Tagen auf 30 % bzw. 28 %, danach Abnahme auf 20 % bzw. 19 % nach sechs Tagen</li> </ul> Interpretieren: <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ CO<sub>2</sub> wird in der Fotosynthese fixiert und zur Glucose- und damit Biomasseproduktion benötigt</li> <li>◆ Bei erhöhter CO<sub>2</sub>-Zufuhr und Rauchgas-Zufuhr → Erhöhung der Fotosyntheseleistung und damit der Biomasseproduktion, da CO<sub>2</sub> nicht länger der limitierende Faktor ist.</li> </ul>	2														
		1	5													

<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Bei kontinuierlicher Zufuhr von CO<sub>2</sub> sinkt der pH-Wert, so dass der relative Proteinanteil in der Biomasseproduktion wieder abnimmt.</li> <li>◆ Im Laufe der Zeit wird der abnehmende pH-Wert zum limitierenden Faktor bei der relativen Proteinmenge in der Gesamtbiomasse.</li> <li>◆ Bei Rauchgas sinkt der pH-Wert aufgrund der zusätzlichen weiteren sauren Verbindungen schneller.</li> </ul> <p>Diskutieren:</p> <p>Pro:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Deutliche Steigerung der Biomasse im Gegensatz zu Luft mit 0,04 % CO<sub>2</sub>-Gehalt vergleichbar mit erhöhtem CO<sub>2</sub>-Gehalt</li> <li>◆ Vergleichbarer Proteingehalt wie bei Luft mit erhöhtem CO<sub>2</sub>-Gehalt</li> <li>◆ Rauchgas als Abfallstoff viel vorhanden und muss entsorgt werden</li> </ul> <p>Contra:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Auswirkungen, die andere Verbindungen aus dem Rauchgas auf die für Zusammensetzung der Algen haben, sind unklar.</li> <li>◆ Der Aufwand zur Ernte der Algen ist sehr hoch, da häufig geerntet werden muss, um die Abnahme der relativen Proteinmenge zu vermeiden.</li> </ul> <p>Abwägen der Argumente:</p> <p>Wenn das Rauchgas für die Nahrungsmittelproduktion genutzt werden soll, muss sichergestellt werden, dass die Alge als Lebensmittel keine negativen Auswirkungen für die Konsumenten haben.</p>		3	2
<b>Summe<sup>2</sup></b>	<b>11</b>	<b>14</b>	<b>5</b>

<sup>2</sup> Bei jeder Aufgabe liegen die Anzahlen der Bewertungseinheiten – abhängig vom Anforderungsniveau – in den Bereichen, die der folgenden Tabelle zu entnehmen sind:

Anforderungsniveau	erhöht			grundlegend		
Anforderungsbereich	I	II	III	I	II	III
Anzahl der BE	11 - 13	17 - 21	8 - 10	10 - 12	13 - 16	4 - 6

## 4 Standardbezug<sup>3</sup>

---

Teilaufgabe	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
1	1		2	
2	2, 3		2, 5, 9	
3	3		5, 9	2, 9, 12
4	6	9	2, 5, 10	2, 8

## 5 Bewertungshinweise

---

Die Bewertung der erbrachten Prüfungsleistungen hat sich für jede Teilaufgabe nach der am rechten Rand der Aufgabenstellung angegebenen Anzahl maximal erreichbarer Bewertungseinheiten (BE) zu richten.

Für die Bewertung der Gesamtleistung eines Prüflings ist ein Bewertungsraster<sup>4</sup> vorgesehen, das angibt, wie die in den drei Prüfungsteilen insgesamt erreichten Bewertungseinheiten in Notenpunkte umgesetzt werden.

<sup>3</sup> Zu jeder Teilaufgabe sind zu jedem Kompetenzbereich die Nummern der Standards gemäß *Bildungsstandards für das Fach Biologie/Chemie/Physik für Allgemeine Hochschulreife* genannt, die zur Bearbeitung der Aufgabe erforderlich sind.

<sup>4</sup> Das Bewertungsraster ist Teil des Dokuments „Beschreibung der Struktur“, das auf den Internetseiten des IQB zum Download bereitsteht.