



Name: \_\_\_\_\_ Klasse: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

### Bakterien als Nahrungsquelle für Astronauten



Um die Lebensfunktionen der Astronauten über einen langen Zeitraum aufrechterhalten zu können, müssen sie sich entsprechend ernähren. Dabei gelten folgende Werte für den täglichen Energiebedarf und den Anteil den die verschiedenen Nährstoffe darin haben sollten<sup>1</sup>:

	Energiebedarf	Anteil Kohlenhydrate	Anteil Fett	Anteil Eiweiß
Mann	2500 kcal	Ca. 50%	Ca. 25%	Ca. 22%
Frau	2000 kcal			

Um die Versorgung der Astronauten zu gewährleisten werden verschiedene Methoden diskutiert. Zum einen können konservierte Lebensmittel von der Erde mitgenommen werden, zum anderen könnte die Nahrung direkt auf dem Flug selbst hergestellt werden und so Gewicht und Platz gespart werden.

Um energiereiche Nahrungsmittel während des Fluges zu erzeugen, ist es erforderlich mit Hilfe von Sonnenlicht energiearme Verbindungen in energiereiche Nahrungsmittel durch Fotosynthese autotropher Lebewesen umzuwandeln. Als Nahrungsquelle kämen z.B. Sojabohnen oder fotosynthetisch aktive Spirulina-Bakterien in Frage, die vom afrikanischen Volk der Kanembu oder den südamerikanischen Atzteken als Nahrungsquelle genutzt wurden.

Folgende Tabelle zeigt die Zusammensetzung der jeweiligen Lebewesen und welche Biomasse auf einem Quadratmeter Fläche täglich nachwächst.

	Bild <sup>2,3</sup>	Energieinhalt	Anteil Kohlenhydrate	Anteil Fett	Anteil Eiweiß	Biomasseproduktion pro Fläche und Tag <sup>4,5</sup>
Spirulina-Bakterien <sup>6</sup>		3,67 kcal/g	20 %	4 %	60 %	8,2 g/m <sup>2</sup>
Sojabohnen <sup>7</sup>		4,16 kcal/g	29 %	17 %	35 %	0,96 g/m <sup>2</sup>

#### Aufgaben

1. Formuliere die Reaktionsgleichung der Fotosynthese und definiere mit Hilfe deines Buches den Begriff „autotroph“!
2. Berechne, wie viel Platz in Quadratmetern in einem Raumschiff nötig wäre, um die Besatzung des Raumschiffes aus zwei Männern und zwei Frauen jeden Tag ausreichend mit allen Nährstoffen und Energie zu versorgen! Gehe dabei davon aus, dass sie sich nur von Spirulina-Bakterien oder Sojabohnen ernähren und gib auf Grundlage dieser Berechnungen an, für welche der beiden Nahrungsquellen sich die Ingenieure vermutlich entscheiden würden!
3. Zeichne eine Versuchsanordnung mit deren Hilfe sich Spirulina-Bakterien kultivieren lassen! Recherchiere hierfür im Internet nach den idealen Lebensbedingungen dieser Bakterien!
4. Diskutiere mit deinem Banknachbarn, welche Vor- und Nachteile sich bei einer solchen Form der Ernährung bei einer Mars-Reise vermutlich ergeben! Sucht nach Lösungsmöglichkeiten und notiert die wesentlichen Aspekte eurer Diskussion ins Heft!
5. *Für Schnelle:* Beurteile mit Hilfe der angegebenen Daten, ob die Ernährung mit Spirulina oder Soja den Vorgaben für die Zusammensetzung einer gesunden Ernährung entspricht!
6. *Für ganz Schnelle:* Zeichne ein Kreisdiagramm, das den Anteil der Inhaltsstoffe von Spirulina zeigt! Was fällt dir dabei auf?

<sup>1</sup> Vereinfacht nach: Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids. Washington (DC): The National Academies Press; 2002.

<sup>2</sup> <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spirul2.jpg>

<sup>3</sup> <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Soja.jpg>

<sup>4</sup> Carlos Jimenez, Belén R. Cossío, Diego Labella, F. Xavier Niell (2003): "The Feasibility of industrial production of Spirulina (Arthrospira) in Southern Spain". Aquaculture 217; S. 179–190.

<sup>5</sup> Verändert nach: P.J. de O.P. de Souza et al. (2011): "Simulation of soybean growth and yield under northeastern Amazon climatic conditions". Pesq. agropec. bras., Brasília, v.46, n.6, p.567-577

<sup>6</sup> <http://www.ernaehrung.de/lebensmittel/de/G004400/Spirulina-getrocknet.php>

<sup>7</sup> <http://www.ernaehrung.de/lebensmittel/de/G750400/Sojabohnen-getrocknet.php>



## Modul 2: Versorgung und Entsorgung als Kreislaufsystem (Biologie)



Name: \_\_\_\_\_ Klasse: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

### Frage 2: Hilfekarte 1

Du kennst den Energiebedarf eines Mannes und einer Frau. Wie viel „Energie“ müssen die Astronauten dann pro Tag insgesamt aufnehmen?

### Frage 2: Hilfekarte 1

Du kennst den Energiebedarf eines Mannes und einer Frau. Wie viel „Energie“ müssen die Astronauten dann pro Tag insgesamt aufnehmen?

### Frage 2: Hilfekarte 1

Du kennst den Energiebedarf eines Mannes und einer Frau. Wie viel „Energie“ müssen die Astronauten dann pro Tag insgesamt aufnehmen?

### Frage 2: Hilfekarte 1

Du kennst den Energiebedarf eines Mannes und einer Frau. Wie viel „Energie“ müssen die Astronauten dann pro Tag insgesamt aufnehmen?

### Frage 2: Hilfekarte 2

Wenn du den gesamten Energiebedarf aller Astronauten am Tag kennst, kannst du ermitteln welche Masse in Gramm die Astronauten jeweils an Spirulina-Bakterien bzw. an Soja-Bohnen aufnehmen müssen.

### Frage 2: Hilfekarte 2

Wenn du den gesamten Energiebedarf aller Astronauten am Tag kennst, kannst du ermitteln welche Masse in Gramm die Astronauten jeweils an Spirulina-Bakterien bzw. an Soja-Bohnen aufnehmen müssen.

### Frage 2: Hilfekarte 2

Wenn du den gesamten Energiebedarf aller Astronauten am Tag kennst, kannst du ermitteln welche Masse in Gramm die Astronauten jeweils an Spirulina-Bakterien bzw. an Soja-Bohnen aufnehmen müssen.

### Frage 2: Hilfekarte 2

Wenn du den gesamten Energiebedarf aller Astronauten am Tag kennst, kannst du ermitteln welche Masse in Gramm die Astronauten jeweils an Spirulina-Bakterien bzw. an Soja-Bohnen aufnehmen müssen.

### Frage 3: Hilfekarte 4

Berechne, wie viel Kohlenhydrate, Eiweiß und Fett jeder Astronaut mit der Gesamtmenge an Spirulina-Bakterien bzw. Sojabohnen aufnimmt. Vergleiche dies mit dem Tagesbedarf der Astronauten an diesen Nährstoffen. Reicht die Menge aus den Tagesbedarf zu decken?

### Frage 3: Hilfekarte 4

Berechne, wie viel Kohlenhydrate, Eiweiß und Fett jeder Astronaut mit der Gesamtmenge an Spirulina-Bakterien bzw. Sojabohnen aufnimmt. Vergleiche dies mit dem Tagesbedarf der Astronauten an diesen Nährstoffen. Reicht die Menge aus den Tagesbedarf zu decken?

### Frage 3: Hilfekarte 4

Berechne, wie viel Kohlenhydrate, Eiweiß und Fett jeder Astronaut mit der Gesamtmenge an Spirulina-Bakterien bzw. Sojabohnen aufnimmt. Vergleiche dies mit dem Tagesbedarf der Astronauten an diesen Nährstoffen. Reicht die Menge aus den Tagesbedarf zu decken?

### Frage 3: Hilfekarte 4

Berechne, wie viel Kohlenhydrate, Eiweiß und Fett jeder Astronaut mit der Gesamtmenge an Spirulina-Bakterien bzw. Sojabohnen aufnimmt. Vergleiche dies mit dem Tagesbedarf der Astronauten an diesen Nährstoffen. Reicht die Menge aus den Tagesbedarf zu decken?

### Frage 2: Hilfekarte 3

Welche Fläche Platz braucht man denn, um die tägliche Masse an Soja bzw. Spirulina nachwachsen zu lassen?

### Frage 2: Hilfekarte 3

Welche Fläche Platz braucht man denn, um die tägliche Masse an Soja bzw. Spirulina nachwachsen zu lassen?

### Frage 2: Hilfekarte 3

Welche Fläche Platz braucht man denn, um die tägliche Masse an Soja bzw. Spirulina nachwachsen zu lassen?

### Frage 2: Hilfekarte 3

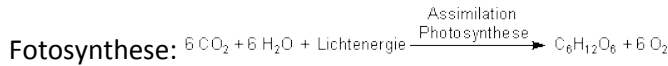
Welche Fläche Platz braucht man denn, um die tägliche Masse an Soja bzw. Spirulina nachwachsen zu lassen?



## Bakterien als Nahrungsquelle für Astronauten – Lösungsblatt

### Aufgabe 1:

Definition: Lebewesen, die organische Substanzen unter Energieverbrauch aus anorganischen Ausgangsmaterialien herstellen können, werden als autotroph bezeichnet.



### Aufgabe 2:

Schritt 1: Berechnung des Tages-Energiebedarfs aller Astronauten:

Gesamtenergiebedarf =  $\Sigma$  Energiebedarf aller Astronauten

Bei 2 Männern und 2 Frauen an Bord gilt somit:

Gesamtenergiebedarf =  $2 * 2500\text{kcal} + 2 * 2000\text{kcal} = 9000\text{ kcal}$

An Bord müssten also täglich Nahrungsmittel mit einem Energieinhalt von 9000kcal nachwachsen.

Schritt 2: Berechnung der Masse m an Bakterien bzw. Soja mit 9000 kcal Energieinhalt:

$m = \text{Gesamtenergiebedarf} / \text{Energieinhalt pro 100g}$

$m(\text{Spirulina}) = 9000\text{kcal} / 367\text{ kcal}/100\text{g} = 2452\text{ g}$

$m(\text{Soja}) = 9000\text{kcal} / 416\text{ kcal}/100\text{g} = 2163\text{ g}$

Es müssten täglich 2163 g Soja bzw. 2452 g Spirulina-Bakterien nachwachsen, um die Astronauten mit genügend Energie zu versorgen.

Schritt 3: Berechnung der benötigten Anbaufläche A:

$A = \text{Masse} / \text{Biomasseproduktion pro Fläche}$

$A(\text{Spirulina}) = 2452\text{ g} / 8,2\text{ g}/\text{m}^2 = 299\text{ m}^2$

$A(\text{Soja}) = 2163\text{ g} / 0,96\text{ g}/\text{m}^2 = 2253\text{ m}^2$

### Aufgabe 3 (nur für schnelle Rechner):

Ob die Zusammensetzung der Nahrung den Vorgaben für eine gesunde Ernährung entspricht, ergibt sich in dem man die Masse an Kohlenhydraten, Fetten und Eiweiße, die die Astronauten mit den Bakterien bzw. Soja-Bohnen täglich zu sich nehmen mit den entsprechenden Vorgaben für eine gesunde Ernährung vergleicht.

Dabei gilt:

Notwenige Menge pro Tag:  $m_{\text{notw}}(\text{Inhaltsstoff}) = m(\text{Nahrungsmittel}) * \text{Anteil}_{\text{notw}} \text{ in } \%$

z.B. notwendige Kohlenhydrate in Bakt.:  $m_{\text{notw}}(\text{KH}) = m(\text{Bakterien}) * 50\% = 2452\text{ g} * 50\% = 1226\text{ g}$

Die tatsächliche Menge des Inhaltsstoffs in Bakterien bzw. Soja ist abhängig vom Gehalt:

$m_{\text{tats}}(\text{Inhaltsstoff}) = m(\text{Nahrungsmittel}) * \text{Anteil}_{\text{tats}} \text{ in } \%$

z.B. tatsächliche Kohlenhydrate in Bakt.:  $m_{\text{tats}}(\text{KH}) = m(\text{Bakterien}) * 20\% = 2452\text{ g} * 20\% = 490\text{ g}$

	Notwendige Menge pro Tag in Bakterien	Tatsächliche Menge in m(Bakterien)	Notwendige Menge pro Tag in Soja	Tatsächliche Menge in m(Soja)
Kohlenhydrate	1226 g	490 g	1081 g	627 g
Fette	613 g	98 g	540 g	367 g
Eiweiße	539 g	1471 g	475 g	757 g



## Modul 2: Versorgung und Entsorgung als Kreislaufsystem (Biologie)



Name: \_\_\_\_\_ Klasse: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

### Aufgabe 4:

Recherche von Lebensbedingungen für Spirulina-Bakterien unter Angabe von Quellen;  
Aufbau eines Bioreaktors mit der Möglichkeit die entsprechenden Bedingungen einzustellen

### Aufgabe 5

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"><li>• Nahrung wächst nach (weniger Transport nötig)</li><li>• Regeneration der Atemluft durch Sauerstoffproduktion</li><li>• Schwierige Kultur und Ernteverfahren,</li><li>• ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• keine ausgewogene Ernährung (ungesund)</li><li>• Geschmack passt nicht zu den Wünschen der Astronauten (eintönig)</li><li>• Sojabohnen lassen sich nicht das ganze Jahr ernten</li><li>• Große Flächen nötig</li><li>• ...</li></ul>

Lösung: fotosynthetisch aktive Lebewesen nur als Unterstützung einer ansonsten ausgewogenen Ernährung mit getrockneter Nahrung, ...