

Name: Klasse: 

## Das Prinzip der Oberflächenvergrößerung – Lösung

Das Prinzip der Oberflächenvergrößerung begegnet uns im Alltag, im Tier- und im Pflanzenreich. Technisch genutzt wird dieses Prinzip überall dort, wo ein hoher Austausch mit der Umwelt von Vorteil ist: Bei der Heizung, beim Wasserkocher oder dem Föhn wird die Übertragung von Wärme an die Umgebung erhöht.

1. Wo findet man bei biologischen Systemen das Prinzip der Oberflächenvergrößerung?

*Bei **Pflanzen** ist das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen größer als bei Tieren oder dem Menschen (standortgebunden).*

*Auf Ebene der Organe findet man das Prinzip sowohl bei **Pflanzen (Blatt, Wurzel)** als auch bei **Tieren (Dünndarm, Lunge/Kiemen, Niere)**.*

*Auf Ebene der Zellen sind **Chloroplasten** und **Mitochondrien** zu nennen.*

2. Welche Möglichkeiten gibt es, die Oberfläche zu vergrößern?

*Verzweigung, Windung, Verlängerung, Ein-/Ausstülpung*

3. Bei der Verdauung begegnet uns das Prinzip der Oberflächenvergrößerung, etwa bei der Aufspaltung von Fetten oder dem Aufbau des Dünndarms.

- a. Recherchiere, welche Rolle die Galle bei der Verdauung von Fetten spielt.

*Galle wird von der Leber gebildet und in der Gallenblase gespeichert. Wenn Nahrung aufgenommen wird, wird Gallenflüssigkeit über den Gallengang in den Zwölffingerdarm abgegeben. Dort verteilt sie Fette in kleine Tröpfchen. Die Angriffsfläche für fettspaltende Verdauungsenzyme, die Lipasen, wird hierdurch vergrößert.*

- b. Wie wird die Oberfläche des Dünndarms vergrößert? Betrachte hierfür die Abbildung und erläutere, welcher Vorteil hierdurch erzielt wird.

*Durch Falten, Zotten und Mikrozotten wird die innere Oberfläche des Dünndarms erheblich vergrößert. Die Resorption der Nährstoffe kann durch die mehrfache Faltung auf vergleichsweise geringem Raum erfolgen.*

- c. Vervollständige die Tabelle! Durch welchen Faktor wird die Oberfläche des Dünndarms durch Faltung, Zotten und Mikrozotten vergrößert?

	Oberfläche [m <sup>2</sup> ]	O <sub>innen</sub> : O <sub>außen</sub>
<b>Dünndarm (ohne Falten)</b>	0,3	1:1
<b>mit Falten</b>	1	3:1
<b>mit Zotten</b>	40	120:1
<b>mit Mikrozotten</b>	2000	6000:1

Name: Klasse: 

4. Bei der Atmung kommt es in der Lunge durch die Verzweigungen der Bronchien in immer kleinere Seitenäste und durch die Lungenbläschen zu einer erheblichen Oberflächenvergrößerung. Die Lunge des Menschen enthält ungefähr 400 000 000 (kugelförmige) Lungenbläschen. Ein Lungenbläschen hat einen Durchmesser von 0,25 mm.

- a) Wie groß ist die (innere) Oberfläche aller Lungenbläschen eines Menschen?

$$O = n \cdot 4 \cdot \pi \cdot r^2 = n \cdot 4 \cdot \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 400000000 \cdot 4 \cdot \pi \cdot \left(\frac{0,25\text{mm}}{2}\right)^2 = 78500000\text{mm}^2 = 78,5\text{m}^2$$

- b) Welchen Durchmesser hätte eine einzige Kugel der gleichen Oberfläche?

$$O = 4 \cdot \pi \cdot r^2, r = \sqrt{\frac{O}{4\pi}} = \sqrt{\frac{78,5\text{m}^2}{4\pi}} = 2,5\text{m}$$

$$d = 2 \cdot r = 2 \cdot 2,5\text{m} = 5,0\text{m}$$

- c) Welche Oberflächengröße hätte eine Kugel, deren Volumen so groß ist wie das Volumen aller Lungenbläschen zusammen?

$$V = n \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = n \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^3 = 400000000 \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \left(\frac{0,25\text{mm}}{2}\right)^3 = 3300000\text{mm}^3 = 3,3\text{dm}^3$$

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot V}{4 \cdot \pi}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 3,3\text{dm}^3}{4 \cdot \pi}} = 0,92\text{dm}$$

$$O = 4 \cdot \pi \cdot r^2 = 4 \cdot \pi \cdot (0,92\text{dm})^2 = 10,6\text{dm}^2$$

- d) Um welchen Faktor ist die innere Oberfläche der Lungenbläschen (s. Teilaufgabe a) größer als die äußere Oberfläche der Lunge (Näherungswert, s. Teilaufgabe c)?

Wofür ist die Oberflächenvergrößerung bei der Lunge gut?

$$\frac{O_{\text{innen}}}{O_{\text{außen}}} = \frac{78,5\text{m}^2}{10,6\text{dm}^2} = \frac{7850\text{dm}^2}{10,6\text{dm}^2} = 740 : 1$$

*Durch die Oberflächenvergrößerung der Lunge ist der Gasaustausch zwischen Blut und Lungenbläschen erhöht.*

- e) Ein Erwachsener atmet pro Minute etwa sieben bis acht Liter Luft ein. Wie viel Sauerstoff wird täglich verbraucht, wenn in der Einatemluft 21 % Sauerstoff und in der Ausatemluft etwa 16 % Sauerstoff enthalten sind?

$$V_{\text{Luft}} = \frac{V_{\text{Luft}}}{\text{min}} \cdot 60 \cdot 24 = \frac{7,5\text{l}}{\text{min}} \cdot 60 \cdot 24 = \frac{10800\text{l}}{d}$$

$$V_{\text{Sauerstoff}} = (V_{\text{ein}} - V_{\text{aus}}) \cdot V_{\text{Luft}} = (0,21 - 0,16) \cdot \frac{10800\text{l}}{d} = \frac{540\text{l}}{d}$$