



Quarx

16. XXL

5:00 Minuten

Inhalt: Volumen-Oberfläche Gesetz, Bergmannsche Regel

Lernziele: Du weisst, wie sich Volumen und Oberfläche verändern, wenn ein Objekt vergrößert wird. Du kennst eine konkrete Folge dieser Gesetzmässigkeiten für die Tierwelt.

Vergrossern von Objekten

In der Quarx-Folge «XXL» vergrößert Bottom seinen Spielzeugroboter um den Faktor 40. Dies bewirkt zunächst, dass der Boden, auf dem der Roboter steht, einbricht. Wie kommt es dazu? Der Boden bricht ein, wenn ein zu grosser Druck auf ihn ausgeübt wird. Wieso nimmt aber der Druck zu, wenn der Roboter vergrößert wird? Um das zu verstehen, muss man zwei Dinge berücksichtigen:

1. **die Masse des Roboters**
2. **die Fläche, auf der der Roboter steht**

Masse

Die Masse des Roboters wird durch sein Volumen bestimmt. Da das Volumen also zunimmt, nimmt auch die Masse zu. Der Roboter wird in allen drei Dimensionen vergrößert – also in seiner Länge, Breite und Höhe. Um welchen Faktor nimmt nun sein Volumen zu? Dazu betrachten wir zunächst, wie sich das Volumen eines Würfels verändert, wenn er vergrößert wird. Wir erinnern uns, dass sich das **Volumen eines Würfels** berechnen lässt als **Volumen = Länge x Breite x Höhe**. Da jede dieser Strecken um den Faktor 40 vergrößert wird, erhalten wir nach der Vergrößerung einen $40 \times 40 \times 40 = 64\,000$ -mal grösseren Würfel. Nun ist der Roboter zwar nicht würfelförmig – wir können uns aber vorstellen, dass er aus vielen kleinen Würfelchen zusammengesetzt ist. Da jedes dieser Würfelchen bei der Vergrößerung ein $64\,000$ -mal grösseres Volumen hat, besitzt somit auch der ganze Roboter ein $64\,000$ -mal grösseres Volumen. Da für einen solchen Roboter auch $64\,000$ -mal mehr Material notwendig ist, wird er auch $64\,000$ -mal schwerer.

Fläche

Was geschieht bei der Vergrößerung aber mit der Fläche, auf der der Roboter steht? Diese hängt nur von zwei Dimensionen ab – nämlich von der Breite und der Länge. Bei der Vergrößerung wurde die Fläche also $40 \times 40 = 1600$ -mal grösser.

Druck

Der vergrößerte Roboter steht nun also auf einer 1600 -mal grösseren Fläche, besitzt aber eine $64\,000$ -mal grössere Masse als ursprünglich. Der Boden wird also vom grossen Roboter $64\,000 : 1600 = 40$ -mal stärker belastet als vorher. Dieser höhere Druck führt dazu, dass der Boden einbricht.

Beim nachfolgenden Kampf mit der ausserirdischen Drohne versucht Bottom, auch diese zu vergrößern. Weil das Volumen und damit die Masse der einzelnen Teile viel stärker zunehmen als die Fläche, an der sie befestigt sind, brechen die einzelnen Bauteile schliesslich auseinander.

Die Tatsache, dass sich Volumen und Oberfläche eines Objekts beim Vergrössern unterschiedlich stark verändern, heisst **Volumen-Oberfläche Gesetz**. Bei der Planung von Bauwerken wie Häusern, Brücken und Ähnlichem muss dieser Effekt unbedingt einberechnet werden. Wenn ein Modell eines Objekts stabil ist, heisst das noch lange nicht, dass es in Originalgrösse auch halten wird.

Folgen des Volumen-Oberfläche Gesetzes für die Tierwelt

Nicht nur für das Planen von Bauwerken ist das Volumen-Oberfläche Gesetz von Bedeutung. Auch in der Tierwelt hat dieses Gesetz gut sichtbare Auswirkungen. Tiere geben über ihre Haut oder ihr Fell Wärme an die Umwelt ab. Nach dem Volumen-Oberfläche Gesetz besitzen kleine Tiere eine im Verhältnis zu ihrem Körpergewicht grosse Oberfläche. Grosse Tiere hingegen haben eine verhältnismässig kleine Oberfläche.

Die Folge kann man sehr gut an den unten abgebildeten Pinguinarten erkennen. Je kälter der Lebensraum der Tiere ist, desto grösser werden sie. Der Kaiser-Pinguin in der Antarktis ist zwanzig Mal schwerer als der Galapagos-Pinguin, aber nur knapp zweieinhalb Mal so gross (Abb. 1). Pro Kilogramm Körpergewicht besitzt der Kaiser-Pinguin also eine viel kleinere Oberfläche als der Galapagos-Pinguin. Seine Körpertemperatur nimmt so durch den Wärmeverlust an seiner Oberfläche verhältnismässig weniger stark ab. Somit ist er besser für das Leben in der Antarktis gerüstet.




			
	Kaiser-Pinguin	Magellan-Pinguin	Galapagos-Pinguin
Grösse	120 cm	70 cm	50 cm
Gewicht	40 kg	5 kg	2 kg
Lebensraum	Antarktis	Küste Argentiniens	Galapagos Inseln
Jahresdurchschnitt °	-19 °	8 °	24 °

Abbildung 1. Pinguine im Vergleich Quelle: Colourbox

Nicht nur bei Pinguinen kann man beobachten, dass Tierarten in kalten Gegenden grösser werden als ihre nächsten Verwandten in wärmeren Zonen. So sind Eisbären grösser als Braunbären. Polarfüchse sind grösser als die in unserer Gegend heimischen Füchse. Diese Regel wird nach ihrem Entdecker Carl Bergmann auch **Bergmannsche Regel** genannt.

Die Bergmannsche Regel kann nicht nur für den Vergleich noch lebender Tierarten benutzt werden. Mit ihrer Hilfe kann man auch Aussagen über das Klima machen, in dem längst ausgestorbene Verwandte von heutigen Tierarten gelebt haben. So sind die Mammuts deutlich grösser als die heutigen Elefanten, woraus man ableiten kann, dass sie sich offensichtlich einem kälteren Klima angepasst haben.