



Natur und Technik für Sek I

Quarx

16. XXL

5:00 Minuten

Autor Jann Frey
 PH FHNW, Zentrum Naturwissenschafts- und Technikdidaktik

Stichworte zum Inhalt Volumen-Oberfläche Gesetz, Bergmannsche Regel

Zusammenfassung Die 26-teilige Reihe «Quarx» ist stark in der Lebenswelt der Jugendlichen verankert. Aus der Perspektive der Jugendlichen wird gezeigt, wie sich Fragen wissenschaftlich untersuchen lassen.

Die Protagonisten des Films heissen «Bottom», «Strange» und «Charm» und sind um die 16 Jahre alt.

In der Episode «XXL» wird ein Spielzeugroboter um das Vierzigfache vergrössert. Dabei müssen die Jugendlichen feststellen, dass Volumen, Oberfläche und Masse sich nicht proportional zueinander verhalten.

Lernziele Die Lernenden...

- ...erforschen, wie sich Volumen und Oberfläche bei der Vergrösserung von Objekten verändern.
- ...lernen die Bergmannsche Regel kennen, indem sie die Unterschiede im Auskühlen von grossen und kleinen Objekten dokumentieren.

Bezug zum Lehrplan Die unten aufgelisteten Themen werden im Film angesprochen und sind im Lehrplan 21 verankert (in Klammern Angabe der Nummerierung aus dem LP 21):

- **(MA.2.A.3) Mathematik:** Die Schülerinnen und Schüler können Längen, Flächen und Volumen bestimmen und berechnen.
- **(MA2.B.1) Mathematik:** Die Schülerinnen und Schüler können geometrische Beziehungen, insbesondere zwischen Längen, Flächen und Volumen, erforschen, Vermutungen formulieren und Erkenntnisse austauschen.
- **(NT.4.2) Physik:** Die Schülerinnen und Schüler können verschiedene Möglichkeiten der Isolation an Alltagsbeispielen beschreiben sowie die jeweilige Wirkung vergleichen.

Volumen-Oberfläche-Gesetz

Bei zunehmender Grösse eines Körpers verändert sich das Volumen mit der dritten Potenz, während die Oberfläche quadratisch zunimmt. Das Verhältnis von Oberfläche (A) zu Volumen (V) nimmt daher mit zunehmender Grösse eines Objektes ab. Dieser Sachverhalt ist als **Volumen-Oberfläche Gesetz** bekannt.

Diese Gesetzmässigkeit können die Lernenden am Beispiel einfacher geometrischer Körper selbst entdecken. Dazu berechnen sie die Volumina und Oberflächen verschiedener Objekte und tragen in einem Graphen auf, wie sich das Verhältnis mit grösser werdenden Objekten verändert. Tabellen für die Entwicklung des **Oberflächen-Volumen-Verhältnisses (A/V)** am Beispiel der Kugel und des Würfels sind nachfolgend in Tabellen dargestellt.

Wie aus diesen Tabellen hervorgeht, ist das A/V-Verhältnis für Kugeln generell kleiner als für Würfel. Tatsächlich ist die Kugel der Körper mit dem kleinsten A/V-Verhältnis überhaupt.

A/V-Verhältnis von Kugeln zunehmender Grösse

Radius r [E]	Oberfläche $4 \cdot \pi \cdot r^2$ [E ²]	Volumen $4/3 \cdot \pi \cdot r^3$ [E ³]	A/V – Verhältnis [1/E]
1	12.57	4.19	3
2	50.26	33.51	1.5
3	113.1	113.1	1
4	201.1	268.1	0.75
5	314.2	523.6	0.6
6	452.4	904.8	0.5
10	1257	4189	0.3
20	5026	33509	0.15
100	125660	4188667	0.03

A/V-Verhältnis von Würfeln zunehmender Grösse

Kanten-länge l [E]	Oberfläche $6 \cdot l^2$ [E ²]	Volumen l^3 [E ³]	A/V – Verhältnis [1/E]
1	6	1	6
2	24	8	3
3	54	27	2
4	96	64	1.5
5	150	125	1.2
6	216	216	1
10	600	1000	0.6
20	2400	8000	0.3
30	5400	27000	0.2
100	60000	1000000	0.06

Im Anschluss an die Berechnungen werden die Lernenden ermuntert, die Bedeutung dieser Berechnungen in eigenen Worten zu formulieren. Dabei können folgende Anschlussfragen hilfreich sein:

*„Ein Obsthändler bestellt bei einem Schreiner **Kisten**, um 800 kg Obst zu verschicken. Dabei stellt er es dem Schreiner frei, eine grosse Kiste oder mehrere kleine herzustellen. Wie geht der Schreiner vor, um möglichst wenig Holz zu verbrauchen?“*

*„**Heissluftballons** werden aus Ballonseide hergestellt. Je mehr heisse Luft ein Ballon enthält, desto grösser ist sein Auftrieb. Aus 5000 m² Seide sollen Ballons genäht werden, mit denen möglichst viele Leute gleichzeitig fahren können. Die Konstrukteure diskutieren, ob sie einen grossen oder mehrere kleine Ballons bauen sollen. Kann mit einer der beiden Varianten mehr Nutzlast befördert werden als mit der anderen? Wenn ja, woran liegt das? Spielt es eine Rolle, ob der Ballon die Form einer Kugel oder die Form eines Würfels hat?“*

Bergmannsche Regel

Kleine Tiere besitzen eine im Verhältnis zu ihrem Körpergewicht überproportional grosse Oberfläche. Da über die Oberfläche Wärme abgestrahlt wird, kühlt sich ihre Körpertemperatur schneller ab als bei grossen Tieren. In kalten Klimazonen haben grosse Arten innerhalb einer Familie einen evolutionären Vorteil gegenüber kleinen. Dieser Zusammenhang zwischen Klimazone und Körpergrösse ist als **Bergmannsche Regel** bekannt und kann gut an Beispielen von Tierfamilien mit einer Verbreitung in verschiedenen Klimazonen (Füchse, Bären, Pinguine, etc.) beobachtet werden.

Die Lernenden können das Auskühlen von grossen und kleinen Körpern im Experiment selber untersuchen.

Variante 1: In eine kleine und in eine grosse Kartoffel wird je ein Küchenthermometer gesteckt. Dabei ist darauf zu achten, dass sich die Spitze des Thermometers jeweils in der Mitte der Kartoffel befindet. Nun werden die beiden Kartoffeln in kochendes Wasser gegeben. Die Lernenden notieren nun jede Minute die Temperatur in beiden Kartoffeln und dokumentieren so die Temperaturzunahme. Dabei wird auch gleich klar, warum grosse Kartoffeln eine längere Garzeit benötigen als kleine.

Variante 2: Ein grosses und ein kleines Glasgefäss werden mit heissem Wasser gefüllt. In die Mitte der Gefässe wird ein Thermometer gehalten. Nun wird die Temperaturabnahme in beiden Gefässen verfolgt.