

Wasserdruck sichtbar gemacht

Arbeitsauftrag

Um was geht es?

Mithilfe einer Konservenbüchse wird der Wasserdruck sichtbar gemacht. Verschiedene Wasserdrücke führen zu verschiedenen Wasserstrahlen, deren Stärke wird gemessen und diskutiert.



Material

- Konservenbüchse
- Hammer
- Nagel
- Klebeband

1. Büchse vorbereiten

- Schlage mit Hammer und Nagel drei Löcher in die Büchse. Schau, dass das unterste Loch etwa zwei Fingerbreit über dem Boden ist.
- Miss nun die Distanz der Löcher vom oberen Rand der Büchse mit einem Massstab. Notiere die gemessenen Werte in die untenstehende Tabelle.
- Klebe die Löcher mit dem Klebeband zu und fülle die Büchse bis ganz oben mit Wasser.

2. Messungen durchführen

- Stelle nun die Büchse etwa einen Meter über dem Boden auf eine Ablagefläche und löse das Klebeband von der Büchse. Miss nun für jedes Loch, wie weit das Wasser spritzt. Fülle auch diese Werte in die Tabelle. Öffne die Löcher einzeln und fülle die Büchse nach jeder Messung wieder komplett mit Wasser.
- Zeichne die Punkte grafisch in ein Koordinatensystem ein: Die Höhe des Wassers auf der x-Achse, die Spritzweite des Wasserstrahls auf der y-Achse.
- Wie verhält sich die Spritzweite des Wasserstrahls, wenn das Loch weiter unten ist?
- Überlege anhand deiner Messdaten im Koordinatensystem, wie weit das Wasser spritzen würde, wenn die Büchse 1 Meter hoch wäre. Überlege dir dabei:
 - Scheint dir das Resultat vernünftig?
 - Welche Vereinfachungen hast du bei der Schätzung gemacht?

«Raus!»

Newsletter für Lehrpersonen vom 5.9.2022

naturama

Museum+Natur

3. Auswertung der Messungen

Höhe des Wassers	Spritzweite



Lösungsvorschlag

Der Wasserdruck (hydrostatischer Druck) ist der Druck, der durch die Gewichtskraft einer Flüssigkeit verursacht wird. Dieser ist beispielsweise zuständig für den Ohrendruck beim Tauchen. Das Gewicht der Wassersäule, die sich über unseren Köpfen befindet, drückt dabei auf unser Trommelfell.

Der Wasserdruck in einer Büchse hängt linear von der Wasserhöhe (h) ab, d.h. bei doppelter Höhe des Wasserspiegels wird der Druck in der Büchse doppelt so gross. Ein Taucher erfährt also einen doppelt so hohen Druck auf seinen Körper in 2 m Tiefe, verglichen mit einem Tauchgang in 1 m Tiefe. Der Druck hängt auch von der Dichte der Flüssigkeit ab (ρ) und der Erdbeschleunigung (g).

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot h$$

Die Geschwindigkeit, mit der das Wasser aus den Löchern der Büchse schießt (v), hängt vom Wasserdruck ab bzw. von der Höhe h des Wasserspiegels. Das «Torricellische Ausflussgesetz» lautet:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Obwohl also der Druck durch das Wasser linear mit der Höhe (h) zunimmt, nimmt die Ausflussgeschwindigkeit (v) mit der Quadratwurzel der Höhe zu. Das bedeutet, dass bei einer Verdoppelung der Höhe die Geschwindigkeit um den Faktor $\sqrt{2}$, also nur um 40% zunimmt:

$$v_{1m} = \sqrt{2 \cdot g \cdot 1m}$$

bzw. bei doppelter Höhe

$$v_{2m} = \sqrt{2 \cdot g \cdot 2m}$$

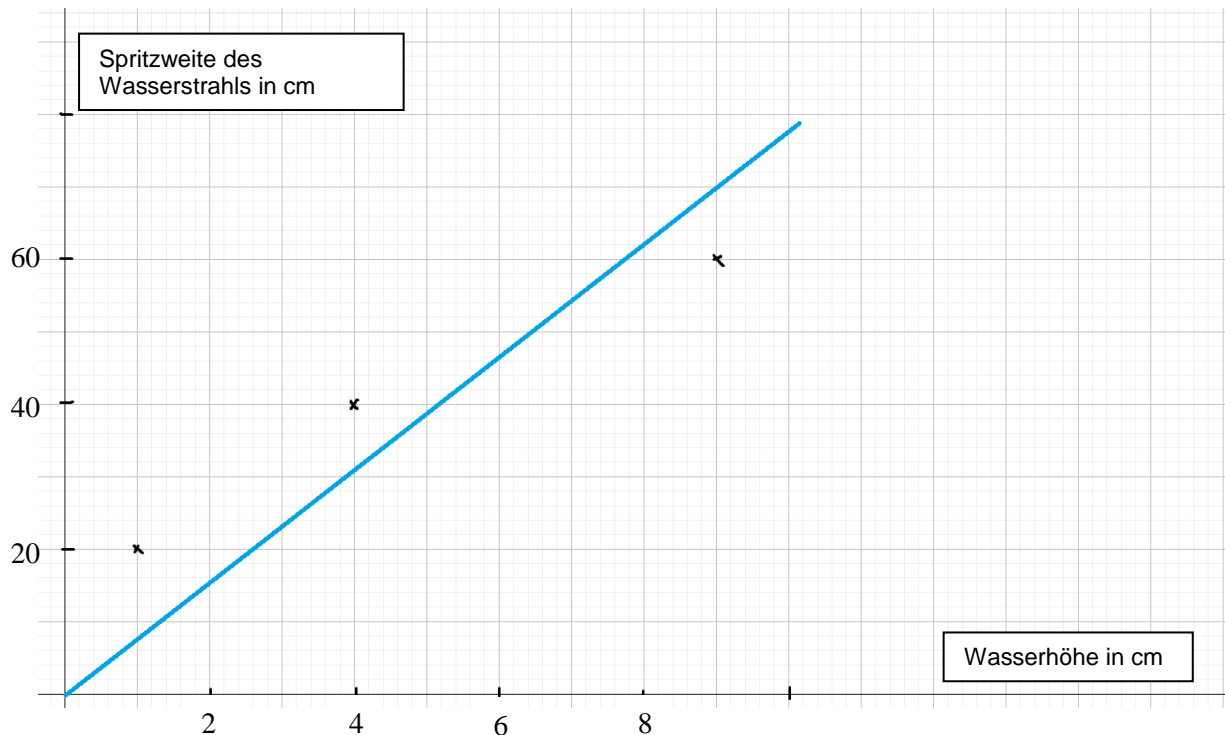
Zudem ist beim Experiment schnell klar: Steht die Büchse auf dem Boden, spritzt das Wasser nicht so weit, wie wenn die Büchse auf einem Tisch steht. Obwohl kein linearer Zusammenhang besteht, kann die Kurve für kleine Distanzen, wie das bei der Büchse der Fall ist, als Gerade approximiert werden:

Die Idee ist, dass die SuS die drei Messpunkte zu einer Geraden verbinden, und daraus die Spritzweite des Wasserstrahls aus einer 1 m hohen Büchse schätzen (orange Gerade im Diagramm unten).

Wahrscheinlich wird diese Distanz überschätzt, da die Austrittsgeschwindigkeit für grosse Höhen nicht mehr linear genähert werden kann und stark abweicht vom linearen Verlauf (grüne Gerade im Diagramm rechts).



Beispiel: Berechnet man von der blauen Gerade unten die Steigung, erhält man etwa 7.5. (z.B. den Punkt im Koordinatennetz bei (9 / 70). Das heisst, bei einer Höhe von 10 cm würde das Wasser 75 cm weit spritzen. Daraus folgt, dass Wasser aus einer 1 m hohe Büchse 7.5 m spritzen würde (7.5 x 100 cm). Diese Schätzung ist natürlich stark überschätzt, da der Zusammenhang, wie oben beschrieben, nicht linear ist.



Folgende Punkte könnten beim Diagramm diskutiert werden:

- Darf man hier ein Gerade einzeichnen? (Antwort: Ja. Drei Messpunkte reichen sowieso nicht aus, um eine präzise Aussage treffen zu können. Deshalb wäre für kleine Distanzen eine Gerade in Ordnung.)
- Kann man aus dieser Gerade schliessen, wie weit das Wasser aus einer hohen Büchse (1 m oder noch höher) schiesst? (Antwort: Nein, die Distanz steigt nicht linear mit der Höhe)
- Was wurde vernachlässigt? (Antwort: Reibung des Wassers im Inneren der Büchse, Turbulenzen im Wasserstrahl, Luftwiderstand, etc.)
- Was könnte sonst noch eine Rolle spielen? (Antwort: Die Abhängigkeit von der Höhe der Büchse über dem Boden wurde vernachlässigt. Die horizontale Bewegung (der Strahl schiesst anfangs genau horizontal aus der Büchse) und die vertikale Bewegung (der Strahl wird von der Erde angezogen) sind unabhängig voneinander.)