

Im Mechanikkapitel triffst Du auf physikalische Grundgrößen, die Dich in Deiner schulischen Laufbahn begleiten werden, die meisten davon kennst Du sicherlich bereits.

Hinter dem Begriff "Masse" befindet sich genau der Wert, den Du angibst, wenn Dich jemand fragt, wie viel Du wiegst.

Notiere bekannte Einheiten für Masse und deren Umrechnung. Da diese Masse sehr häufig im Alltag (vor allem im Handel) vorkommt, wurde eine ganze Fülle von Messgeräten (Waagen) dafür entwickelt, passend zur Größe des Gegenstandes. **Erläutere Einsatzzweck und Anwendung der abgebildeten Waagen.**

1t: "Tonne"
1kg: "Kilogramm"
1g: "Gramm"
1mg: "Milligramm"

1. Dichte

1.1 Einige Grundgrößen der Physik Masse - Begriffsbestimmung und Messung

Begriff:

Wenn wir einen Körper (Gegenstand) auf eine Waage legen,

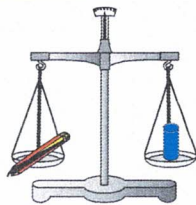
können wir einen Messwert dafür in kg oder in g bestimmen.

Dieser Wert ist die Masse des Körpers. Formelzeichen: m
(Den Begriff Gewicht verwenden wir im physikalischen Sprachgebrauch nicht.)

Einheiten:

$1\text{t} = 1000\text{ kg}$, $1\text{kg} = 1000\text{ g}$, $1\text{g} = 1000\text{ mg}$

Messung:



Balkenwaage (Apothekerwaage) für leichte Gegenstände. Auf die andere Waagschale legt man so viele Massenstücke, bis der Balken waagrecht ist. Dann sind die Massen auf beiden Seiten gleich.



Personenwaage für schwere Gegenstände und Küchenwaage für leichte. An einer Skala oder einem Display kann man die Masse ablesen.

Mechanik 7 - 1.1 Einige Grundgrößen der Physik

Auch die Größe Volumen ist Dir aus dem täglichen Leben wohl bekannt. Praktisch alle Flüssigkeiten (Getränke, Putzmittel, Benzin, Heizöl, ...) werden nach Volumen verkauft. Aber auch als Raummaß für Koffer, Container oder Laderäume kommt es zum Einsatz. **Ergänze die Texte mit Hilfe Deiner Vorkenntnisse aus Alltag und Mathematik- oder HSU-Unterricht.**

Volumen - Begriffsbestimmung und Messung

Begriff:

Wenn wir beim Kochen eine Flüssigkeit zugeben,

verwenden wir meist einen Messbecher und können

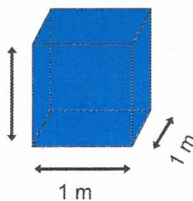
damit einen Messwert in l oder in ml bestimmen.

Dieser ist das Volumen. Formelzeichen: V



Mathematische Definition:

1m^3 : "Kubikmeter"
 1cm^3 : "Kubikzentimeter"
 1l : "Liter"
 1ml : "Milliliter"



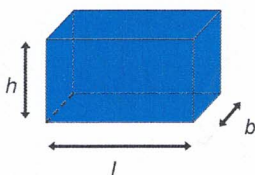
Ein Würfel mit 1 m Kantenlänge hat das Volumen 1m^3

bei 1 cm Kantenlänge entsprechend 1cm^3

Umrechnung: $1\text{m}^3 = 1000\text{ dm}^3$, $1\text{dm}^3 = 1000\text{ cm}^3$

beachte auch: $1\text{l} = 1\text{dm}^3$, $1\text{ml} = 1\text{cm}^3$

Volumenberechnung bei Quadern:



$$V_{\text{Quader}} = l \cdot b \cdot h$$

"Länge mal Breite mal Höhe"

$$V = l \cdot b \cdot h = 30\text{cm} \cdot 20\text{cm} \cdot 15\text{cm}$$

$$= 9000\text{ cm}^3 = 9,0\text{ dm}^3$$

$$\text{kurzer: } V = l \cdot b \cdot h = 3,0\text{dm} \cdot 2,0\text{dm} \cdot 1,5\text{dm} = 9,0\text{ dm}^3$$

Berechne das Volumen eines Schuhkartons mit den Maßen
 $l = 30\text{ cm}$ (Länge),
 $b = 20\text{ cm}$ (Breite),
 $h = 15\text{ cm}$ (Höhe).

Tipp:

Rechne große Zahlenwerte zuerst in eine passendere Einheit um.

Auf dem Tisch liegen zwei verschiedene Klötze gleicher Größe. Ein Schüler hebt beide hoch und beschreibt seine Wahrnehmung.

In einem Materialsatz befinden sich lauter gleich große Würfel mit 1 cm Kantenlänge. Wir legen sie nacheinander auf eine Waage und bestimmen jeweils ihre Masse.

Beachte: Jede physikalische Größe hat einen Namen (Formelzeichen), ihr Wert wird stets mit einer Zahl und einer Einheit angegeben. Die Einheit mit dem Bruchstrich lesen wir als "Gramm pro Kubikzentimeter" bzw. "Kilogramm pro Kubikdezimeter". Diese beiden Einheiten sind übrigens gleichwertig, denn im Vergleich zu einem Würfel mit 1 cm³ hat ein Würfel mit 1 dm³ das tausendfache Volumen und damit auch die tausendfache Masse (bei gleichem Material). Deshalb ist 1 g/cm³ = 1 kg/dm³. Mathematisch kann man sagen, hier wird der Bruch mit 1000 erweitert, d.h. Zähler und Nenner werden 1000-mal so groß. Daraus ergibt sich dann auch gleich die Formel, mit der wir die Dichte berechnen können. Mit der Merkhilfe können wir die Formel leicht nach den verschiedenen Größen umstellen (siehe letzte Folie).

Wenn Du die gesuchte Größe in der Merkhilfe zudeckst, dann stellt der Rest die rechte Seite der Formel zur Berechnung der gesuchten Größe dar. Probier das aus:

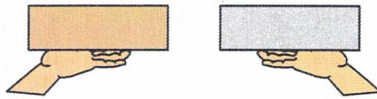
- Ein Eisenquader hat die Kantenlängen l = 6 cm, b = 1 cm, h = 1 cm. Berechne seine Masse.
- Ein Aluminiumquader mit denselben Maßen wiegt 16 g. Berechne seine Dichte.
- Ein Goldbarren (Dichte Gold: 19,3 g/cm³) wiegt 1 kg. Berechne sein Volumen.

Selbst-Check:

- Masse
- Volumen
- Dichte
- Berechnungen

Dichte - Begriffsbestimmung und Berechnung

Einführungsexperiment:



"Der eine Klotz ist viel schwerer als der andere, obwohl sie gleich groß sind."

systematische Untersuchung:



Masse in g	0,6	7,9	2,7	9,0	11,4
Material	Holz	Eisen	Aluminium	Kupfer	Blei

Definition Dichte:

Ein Gegenstand gleicher Größe hat je nach Material

unterschiedliche Masse.

Dies beschreiben und quantifizieren wir mit dem Begriff Dichte.

Die Dichte von Eisen beträgt z.B. $7,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 7,9 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$

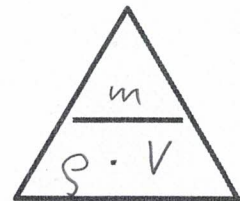
Formelzeichen: ρ ("rho") Einheit: $[\rho] = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$

Berechnung:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\text{Dichte} = \frac{\text{Masse}}{\text{Volumen}}$$

Merkhilfe:



Mechanik 7 - 1.1 Einige Grundgrößen der Physik

Training: Berechnungen

$$a) V = l \cdot b \cdot h = 6 \text{ cm} \cdot 1 \text{ cm} \cdot 1 \text{ cm} = 6 \text{ cm}^3$$

$$m = \rho \cdot V = 7,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 6 \text{ cm}^3 = 47,4 \text{ g}$$

Beachte: Die Einheit "cm³" steht einmal im Nenner und einmal im Zähler und kürzt sich deshalb raus.

$$b) \rho = \frac{m}{V} = \frac{16 \text{ g}}{6 \text{ cm}^3} = 2,7 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$c) V = \frac{m}{\rho} = \frac{1 \text{ kg}}{19,3 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} = \frac{1000 \text{ g}}{19,3 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} = 52 \text{ cm}^3$$

Beachte: Hier muss man den Zähler in g umrechnen, damit man die Einheit g kürzen kann.

Einheitenumrechnung: $\frac{\text{g}}{\text{g}} = \text{g} \cdot \frac{\text{cm}^3}{\text{g}} = \text{cm}^3$
"mit dem Kehrwert multiplizieren"

Übungsmöglichkeiten:

Auf Leifiphysik gibt's eine Menge Übungsaufgaben zum Thema unter Teilgebiet Mechanik - Masse, Volumen und Dichte - Aufgabenübersicht, die einfachen (grünen) reichen dabei aus. Besonders empfehlenswert an dieser Stelle sind die Aufgaben "Dichte von Sand und Blumenerde" sowie "Flexons Masse im Vergleich zu Luft".

Wir bestimmen die Masse eines Aluminiumquaders ($l = 6,0 \text{ cm}$, $b = 1,0 \text{ cm}$, $h = 1,0 \text{ cm}$) mit zwei unterschiedlichen Waagen. Die Anzeigen der Waagen bieten unterschiedliche "Anzeigegenauigkeiten".

Messwerte sind nie absolut exakt, sondern unterliegen immer einer Ungenauigkeit. Diese resultiert einerseits aus der Anzeige, an der ein Messwert abgelesen werden kann, andererseits aber auch aus der Qualität des Gerätes. Wenn ein "billiges" Gerät ungenau misst, macht es gar keinen Sinn, den Messwert sehr genau, also mit vielen Dezimalstellen anzugeben.

Der Wert für die Dichte im zweiten Experiment erscheint genauer zu sein, beruht aber auf einer ungenaueren Messung. Wir müssen ihn deshalb gröber darstellen, dies geschieht durch geeignetes "Runden". Das ist schwierig und wir werden es noch oft üben.

In der Physik schreiben wir beim Runden nicht " \approx ", sondern einfach " $=$ ".

Auch Flüssigkeiten haben eine Dichte. Diese lässt sich sogar besonders einfach mit haushaltsüblichen Geräten sehr genau bestimmen.

Lies den Text durch und ergänze ihn sinnvoll. Führe dann das Experiment selbst durch. Es lässt sich ebenso mit anderen haushaltsüblichen Flüssigkeiten (Milch, Speiseöl, Spiritus, ...) durchführen. Aber Vorsicht, Speiseöl ist brennbar, Spiritus sogar leicht entzündlich und giftig. Deshalb darfst Du mit diesen Flüssigkeiten nur unter Kontrolle Deiner Eltern experimentieren.

Den Wert für Wasser solltest Du Dir merken. Der Unterschied der Werte von Wasser und Milch ermöglicht die Schichtung im "Latte Macchiato" (Buch S.39/12).

Die ersten beiden Messwerte hängen natürlich vom verwendeten Messbecher ab. Dichte von Milch ist größer, deshalb ist sie im Latte Macchiato unten.

1.2 Dichte Vertiefung

Messgenauigkeit

Experiment:

Messung mit Küchenwaage: $m = 16 \text{ g}$

Messung mit Experimentierwaage: $m = 16,2 \text{ g}$

Unterscheide:

Anzeigegenauigkeit bzw. Ablesegenauigkeit:

Mit dieser Genauigkeit kann ein Messgerät Werte anzeigen.

Bspe.:

Experimentierwaage: $0,1 \text{ g}$ Küchenwaage: 1 g

Messgenauigkeit:

Mit dieser Genauigkeit kann ein Messgerät tatsächlich messen. Es kann sein, dass unsere Küchenwaage sogar um mehrere Gramm falsch misst.

Einfluss auf berechnete Werte - Bsp. Dichte des Aluminiumquaders:

mit Experimentierwaage:

mit Küchenwaage:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{16,2 \text{ g}}{6,0 \text{ cm}^3} = 2,7 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{16 \text{ g}}{6,0 \text{ cm}^3} = 2,666... \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 2,7 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

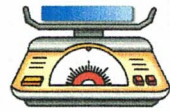
Ergebnisgenauigkeit:

Gib das Ergebnis einer Berechnung nur so genau an wie den

ungenauesten Messwert, der in der Rechnung vorkommt.

Faustregel:

Die Anzahl aller Ziffern im Ergebnis ist so groß wie die kleinste Anzahl an Ziffern, die in den Messwerten vorkommt. (sogenannte geltende Ziffern, Nullen am Beginn der Zahl werden dabei nicht gezählt).



Dichte von Flüssigkeiten

Die Bestimmung des Volumens von Flüssigkeiten ist besonders einfach, wir verwenden dabei die aus der Küche bekannten

Messbecher oder Messzylinder
die ein genaueres Ablesen der Flüssigkeitsmenge ermöglichen.

Das Wiegen ist dagegen komplizierter, da man eine Flüssigkeit nicht einfach auf die Waage schütten kann. Deshalb muss man

das Gefäß einmal ohne und einmal mit die Flüssigkeit wiegen und die beiden Messwerte

..... voneinander abziehen

Experiment: Bestimmung der Dichte von Wasser

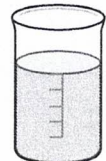
Masse Messbecher alleine: 64 g

Masse Messbecher mit 100 ml Wasser: 164 g

Masse von 100 ml Wasser: 100 g

Berechnung der Dichte:

$$\rho_w = \frac{m}{V} = \frac{100 \text{ g}}{100 \text{ cm}^3} = 1,0 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$



Milch

Masse Messbecher allein: 64 g

Masse Messbecher mit 100 ml Milch: 167 g

Masse von 100 ml Milch: 103 g

$$\text{Berechnung der Dichte: } \rho_M = \frac{m}{V} = \frac{103 \text{ g}}{100 \text{ cm}^3} = 1,03 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Die meisten Gegenstände haben keine so regelmäßige Form wie die Metallquader, die wir im ersten Kapitel untersucht haben. Die hier beschriebene Methode ist im Buch S. 29 dargestellt, zudem noch eine weitere ähnliche.

Lies den Text durch und ergänze ihn sinnvoll. Führe dann das Experiment selbst durch. Hiermit lassen sich beliebige (wasserfeste) Gegenstände untersuchen. Wenn sie von selbst untergehen, umso besser, wenn nicht, dann musst Du sie vorsichtig (z.B. mit einer Pinzette oder einem Strohhalm) komplett unter die Wasseroberfläche drücken.
Beachte bei der Berechnung der Dichte, dass $1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3$ ist.

Ermittle die Dichte auch für einen Körper, der nicht untergeht (der also schwimmt), und vergleiche die Werte mit der Dichte von Wasser. Fällt Dir etwas auf?

Dichtebestimmung bei unregelmäßigen Körpern

Die Bestimmung der Masse eines festen Körpers ist einfach, wir brauchen ihn nur

auf die Waage legen / wiegen



Die Bestimmung des Volumens eines unregelmäßig geformten Körpers ist dagegen komplizierter, da man das Volumen meist nicht berechnen kann.

Trick:

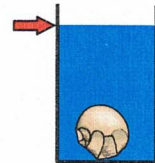
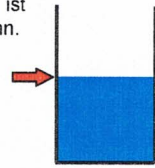
In einen genügend großen Messbecher füllt man Wasser

und legt den Stein hinein

Man muss dabei den Flüssigkeitsstand einmal

ohne und einmal mit dem Stein ablesen und die beiden Messwerte

voneinander abziehen



Experiment: Bestimmung der Dichte eines Steins

Volumen Wasser alleine: 200 ml

Volumen Wasser mit Stein: 230 ml

Volumen Stein: 30 ml

Masse Stein: 83 g

Berechnung der Dichte: $\rho = \frac{m}{V} = \frac{83 \text{ g}}{30 \text{ cm}^3} = 2,7666... \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = \underline{\underline{2,8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}}}$

Bei Materialien, die untergehen, ist die Dichte größer als $1,0 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ (Dichte von Wasser), bei Materialien, die schwimmen, ist sie kleiner als dieser Wert.

Die wohl berühmteste Geschichte zu diesem Thema ist die über den Gelehrten Archimedes, der im 3. Jhdt. v. Chr. in Griechenland lebte. Er sollte für den König überprüfen, ob dessen Krone tatsächlich aus Gold bestand. Wiegen war kein Problem, die Schwierigkeit lag in der Bestimmung des Volumens.

a) Archimedes soll dem König berichten, wie er die Dichte der Krone bestimmt. Erstelle einen Text, in dem er das erklärt. (ca. 3 Sätze)

b) Er misst einmal 4,5 l und einmal 4,8 l, sowie 2,5 kg als Masse. Berechne die Dichte. Interpretiere das Ergebnis.

Im Buch auf S. 35 ist die Geschichte mit einer anderen Methode dargestellt.

Anwendung: Archimedes und die Krone

a) Ich fülle Wasser in einen Behälter und messe das Volumen mit Hilfe einer Skala. Dann lege ich die Krone in das Wasser und messe das neue Volumen, der Unterschied zum ersten Wert entspricht dem Volumen der Krone. Schließlich wiege ich die Krone und berechne die Dichte mit Hilfe der Formel $\rho = \frac{m}{V}$.

$$b) 4,8 \text{ l} - 4,5 \text{ l} = 0,3 \text{ l} = 0,3 \text{ dm}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{2,5 \text{ kg}}{0,3 \text{ dm}^3} = 8,333... \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = \underline{\underline{8,3 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}}}$$

auch: $\rho = 8,3 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ Das entspricht ungefähr der Dichte von Eisen, nicht von Gold. \rightarrow Fälschung!

Selbst-Check:

- Messgenauigkeit
- Dichte von Flüssigkeiten
- Dichtebestimmung bei unregelmäßigen Körpern

Übungsmöglichkeiten:

Auf Leifiphysik gibt's eine Menge Übungsaufgaben zum Thema unter Teilgebiet Mechanik - Masse, Volumen und Dichte - Aufgabenübersicht, am besten prüfst Du mit dem Quiz, ob Du schon alles verstanden hast (die Sache mit den Kraftmessern haben wir noch nicht gelernt, die Dichtebestimmung von Luft auch nicht).