

„Gewicht“ (oder Gewichtskraft) ist hingegen die Kraft, mit der ein Körper von der Erde angezogen wird. (ortsabhängig¹!)

Messung von m:

1. mittels Vergleich mit anderen Massen:

Balkenwaage² (eigentlich Vergleich der Gewichte)

2. mittels Messung der Gewichtskraft: Feder³

Nr. 1 geht am Mond auch gleich gut.

Dichte

Die Umrechnungszahl für die Volumsmaße $m^3 \rightarrow dm^3 \rightarrow cm^3 \rightarrow mm^3$ ist jeweils 1000.⁴

Weiters: $1 dm^3 = 1 \ell$, $1 cm^3 = 1 ml$ ⁵

$$Dichte = \frac{Masse}{Volumen} \quad \varrho = \frac{m}{V} \quad [\varrho] = \frac{kg}{m^3} \quad \varrho \dots [\rho]$$

1 Tatsächlich ist die Erdanziehung nicht überall gleich, aber fast gleich. Besonders weil die Erde etwas abgeplattet ist, wird 1 kg Masse an den Polen um 0,5% stärker angezogen als am Äquator. Bei einer Reise an den Äquator verliert man also minimal Gewicht, aber keine Masse! Noch stärker ist der Unterschied freilich, wenn man sich weiter weg von der Erde bewegt oder auf einen anderen Himmelskörper: Auf dem Mond wiegt man nur ca. 1/6, am Mars nur gut 1/3 und auf der Sonne 28mal soviel. Merk dir: 1/6 für den Mond.

Noch ein kurzes Video zur Illustration: [youtube.com/watch?v=8IERB9BPzC4](https://www.youtube.com/watch?v=8IERB9BPzC4) Dieses Video ist nicht in Zeitlupe! Es zeigt, wie leicht das Fahrzeug auf dem Mond war. Seine Masse war in beladenem Zustand rund 600 kg, sein Gewicht auf dem Mond aber nur 1/6 wie auf der Erde. Das Folgende darf man streng genommen nicht sagen: „Er wog soviel wie 100 kg.“ Besser: „Sein Gewicht auf dem Mond entsprach dem von 100 kg auf der Erde.“

2 [youtube.com/watch?v=LgvvorwXkX0](https://www.youtube.com/watch?v=LgvvorwXkX0) Es ist klar: In der Schwerelosigkeit würde auch eine solche Waage nicht funktionieren. Sie kommt ohne Gewichtskraft nicht aus. Am Mond ginge sie aber schon: Die rechte Seite wird dort genauso wie die linke eben nur 1/6 so stark angezogen, und das gleicht sich aus.

3 Selten trifft man Federwaagen an, wo die Feder sichtbar bzw. offensichtlich ist. Siehe die Bilder auf de.wikipedia.org/wiki/Federwaage. Tatsächlich ist aber in fast jeder Waage eine Feder eingebaut: In der Personenwaage im Badezimmer, in der Küchenwaage ... ist unten ein Federmechanismus, der ein wenig zusammengedrückt wird, wenn man sich/etwas draufstellt. Sie messen ausschließlich die Gewichtskraft und rechnen auf die Masse in kg um. Am Mond müsste man sie umstellen, sonst zeigt sie nur 1/6 an. Wenn ich also eine Personenwaage am Mond hinstelle und mich draufstelle, zeigt sie 25 kg an, obwohl ich vielleicht rund 150 kg (mit dem sehr aufwändigen Raumanzug!) Masse habe.

4 Das heißt, mit jedem Schritt muss man den Faktor 1000 einrechnen. Das müsste aus der früheren Schule bekannt sein. Warum ist das so? Man potenziert die Vorsilbe mit: Z.B. $1 dm^3 = (1 dm)^3 = 1 dm \cdot 1 dm \cdot 1 dm = (10 cm)^3 = 1000 cm^3$.

Zur Übung: $0,034 m^3 = 34 dm^3 = 34.000 cm^3 = 34 \cdot 10^6 mm^3$

5 Bei der Einheit ℓ wird die Vorsilbe aber nicht potenziert, weil ja keine Hochzahl da ist. Es gilt: $1 \ell = 1000 ml$ und weil $1 \ell = 1 dm^3 = 1000 cm^3$ ist, müssen wohl cm^3 und ml das Gleiche sein.

einige Dichten in kg/m^3 ⁶

Gold	19.300	⁷	Wasser (4°C)	1.000 (merken)
Blei	11.300		Eis	917 ⁸
Kupfer	8.900		Luft ⁹ (1 bar, 0°C)	1,3 (merken)
Stahl/Eisen	ca. 8.000		Beton	2.400
Aluminium	2.700		Ziegel	1.000 – 2.200
Erde (Planet)	5.500		Holz	450 – 750

Aufg. geg.: kugelförmiger He^{10} -Ballon ($\rho_{\text{He}} = 0,18 \text{ kg/m}^3$) mit 2,2 m Radius

ges.: He-Masse darin

$$\text{Kugel: } V = \frac{4 r^3 \pi}{3} = \frac{4 \cdot 2,2^3 \pi}{3} = 44,6 \text{ m}^3$$

$$m = \rho \cdot V = 0,18 \cdot 44,6 = \underline{8,0 \text{ kg}}$$

Aufg. geg.: Eiswürfel mit $m = 7,76 \text{ g}$. ges.: Seitenlänge

$$\rho = \frac{m}{V} \quad | \cdot V$$

$$\rho \cdot V = m \quad | : \rho$$

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{0,00776}{917} = 8,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 0,0000085 \text{ m}^3 = 8,5 \text{ cm}^3$$

$$V = a^3 \Rightarrow a = \sqrt[3]{V} = \sqrt[3]{8,5} = \underline{2,04 \text{ cm}}$$

6 Wenn dir die SI-Einheit kg/m^3 schwer vorstellbar ist, rechne im Kopf auf die leichter vorzustellende Einheit $\text{kg/dm}^3 = \text{kg/l}$ um, indem du die Zahlen durch 1000 dividierst. Also z.B. Gold: $19,3 \text{ kg/dm}^3$. Warum? Siehe unten.

7 Ja, Gold ist schwerer als Blei. Wer schon mal einen Goldbarren aufgehoben hat, weiß das. Nebenbei: Wolfram, das Metall, aus dem die Glühfäden von den alten Glühlampen hergestellt werden, ist fast gleich schwer: $19,25 \text{ kg/dm}^3$. Man kann also einen mit Gold überzogenen Wolframbarren nur schwer von einem echten Goldbarren unterscheiden, was leider zu Fälschungen führt.

8 Auch die chemischen Elemente Silizium, Germanium und manche Legierungen haben die Anomalie, beim Schmelzen dichter zu werden. Sonst ist es normal, dass eine schmelzende Substanz weniger dicht wird.

9 1 bar ist der normale sogenannte Luftdruck. Das lernen wir erst, müssen es aber hier schon hinschreiben. Beachte: Luft ist nicht „nichts“! Eine kleine Kammer mit 10 m^3 Volumen enthält ca. 13 kg Luft! Wenn man mit dem Rad flott (bergab) dahinfährt, merkt man am Luftwiderstand, dass Luft eine nicht unbeachtliche Masse hat.

10 Helium, ein sehr leichtes Edelgas.

Abgeleitete Einheiten¹¹:

$$1 \frac{kg}{dm^3} = \frac{1 kg}{\frac{1}{1000} m^3} = 1000 \frac{kg}{m^3}$$

$$1 \frac{g}{cm^3} = \frac{\frac{1}{1000} kg}{\frac{1}{1.000.000} m^3} = 1000 \frac{kg}{m^3}$$

$$\Rightarrow 1 \frac{kg}{dm^3} = 1 \frac{g}{cm^3} = 1000 \frac{kg}{m^3} \leftarrow \text{Wasser}$$

$$1 \frac{g}{dm^3} = \frac{\frac{1}{1000} kg}{\frac{1}{1000} m^3} = 1 \frac{kg}{m^3} \leftarrow (\text{hei\ss e}) \text{Luft}^{12}$$

Man kann diese auch in die Formel $\rho = \frac{m}{V}$ einsetzen.

(Ausnahme! → Einheiten mitschreiben!)

Aufg. Eiswürfel nochmals

$$1 \frac{kg}{m^3} = \frac{1}{1000} \frac{g}{cm^3} \quad (\text{s.o.})$$

$$m = 7,76 \text{ g}, \rho = 917 \text{ kg/m}^3 = 0,917 \text{ g/cm}^3$$

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{7,76 \text{ g}}{0,917 \text{ g/cm}^3} = 8,5 \text{ cm}^3$$

¹¹ Wenn du dir schwer tust, die Doppelbrüche aufzulösen, schreib sie als Dezimalzahlen, also z.B. 0,001 statt 1/1000 und tippe sie dann in den Taschenrechner.

¹² Luft dehnt sich – wie jedes Gas – bei Erwärmung stark aus. Die Dichte ändert sich dann von 1,3 kg/m³ = 1,3 g/dm³ auf einen niedrigeren Wert. 1 kg/dm³ hat sie bei ca. 80°C. Ein Liter Luft ist also wirklich sehr wenig, aber eben auch nicht nichts: Er hat 1,3 g.