

Bestimmung der Dichte von Granit- und Basaltproben

Fach: Geographie / Physik
Schulstufe: 10.-12. Schuljahr
Dauer: 1 Lektion
Autor: Dr. Jürg Alean
Kantonsschule Zürcher Unterland
Bülach, Nov. 2008

Einführung

In vielen Schulsammlungen befinden sich Gesteinsproben, darunter auch Granit und Basalt. Die spezifische Dichte der beiden Gesteinsarten unterscheidet sich um rund 10%. Der Unterschied ist im Zusammenhang mit der Plattentektonik von grosser Bedeutung:

- Die Kontinente enthalten viel Granit, während unter den Ozeanböden grosse Mengen von Basalt zu finden sind. Trifft ozeanische Lithosphäre bei destruktiven Plattenrändern auf kontinentale, zwingt der Dichteunterschied stets die ozeanische zum Abtauchen unter die kontinentale.
- Kontinente „schwimmen“ auf dichtem Lithosphärenmaterial.
- Prinzip der Isostasie (hoch aufragende, granitreiche Gebirge werden durch Auftrieb mächtiger Krustenteile „getragen“ und vieles mehr).

Der Dichteunterschied ist klein genug, um eine Messung zu rechtfertigen (da er bei Handstücken nicht ohne weiteres evident ist), aber gross genug, so dass er durch einfache physikalische Messungen bestimmt werden kann:

Basalt: 2900 bis 3150 kg/m³
Granit: 2500 bis 2810 kg/m³

Material

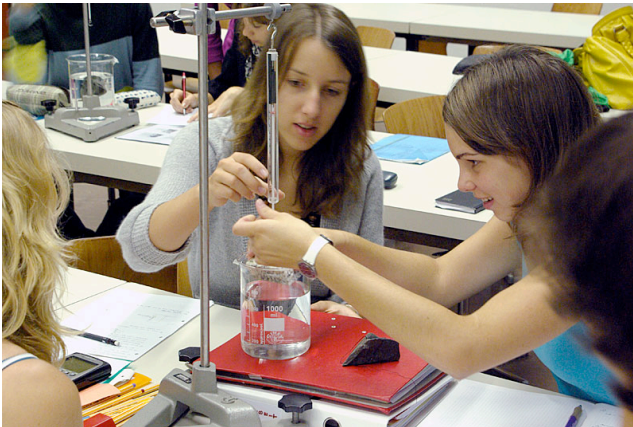
- Mehrere Handstücke von Granit und Basalt (damit sinnvolle Dichtemessungen möglich sind, darf der Basalt keine Blasen aufweisen).
- Kraftmesser (auch so genannte Federwaage) geeigneter Empfindlichkeit (je nach Gewicht der Stücke 5 oder 10 Newton Maximalbelastung).
- Stative zum Montieren der Kraftmesser (allenfalls improvisieren)
- Bechergläser (Durchmesser gross genug für Gesteinsproben; möglichst ohne Volumenskala: ansonsten sind die Schülerinnen und Schüler versucht, das Volumen der verdrängte Wassermenge am Glas abzulesen).
- Bindfaden zum Aufhängen der Gesteinsproben (siehe Abbildungen).

Lektionsablauf

Zuerst wird abgeschätzt, welche Gesteinsprobe dichter sein könnte (die dunklere Farbe des Basalt mag die Schätzung beeinflussen, doch die Mehrheit der Lernenden nimmt meist einen Unterschied in der richtigen Richtung wahr).

Dann bestimmen mehrere Schülergruppen mit Kraftmessern das Gewicht verschiedener Basalt- und Granitproben vor und nach dem Eintauchen in Wasser (vergleich Fotos und Materialliste) und berechnen anschliessend die Dichten.

Schliesslich werden die Messergebnisse gesammelt, um Ausreisser aufgrund grober Falschmessungen oder Rechenfehler zu eliminieren und die Streuung der vernünftigen Resultate in Bezug auf Messgenauigkeit zu diskutieren.



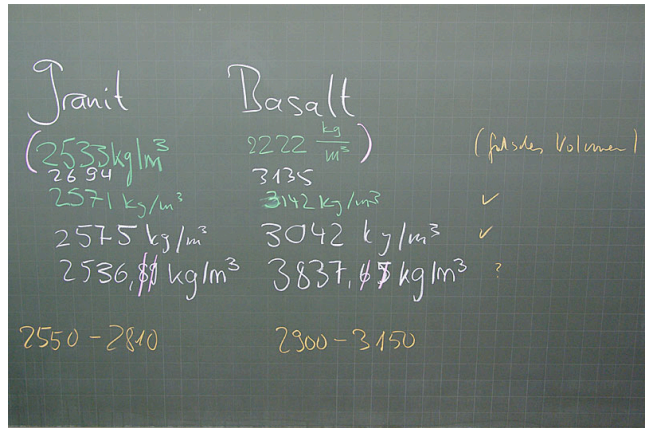
Befestigen der Gesteinsprobe mit Bindfaden zum Aufhängen am Kraftmesser.



Ablezen des Gewichts am Kraftmesser (hier nach dem Eintauchen in Wasser).



Die mathematische Formelsammlung oder das Physikbuch sind nützlich...



Nicht immer klappen alle Messungen und Berechnungen auf Anhieb! Die Ergebnisse werden verglichen und diskutiert.

Theorie

Die Dichte ρ (kg/m^3) eines Körpers errechnet sich aus seiner Masse m (kg) dividiert durch sein Volumen V (m^3)

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

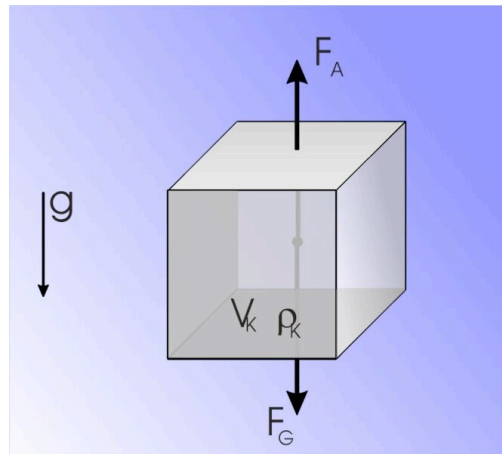
Die Masse lässt sich aus seiner Gewichtskraft F_G (Newton) mit einem Feder-Kraftmesser bestimmen ($g = 9.8 \text{ m/s}^2$):

$$F_G = m \cdot g$$

also gilt:

$$m = \frac{F_G}{g}$$

Das Volumen des Körpers könnte durch Eintauchen in einen mit Wasser teilweise gefüllten Messzylinder bestimmt werden: Der Anstieg des Wassers im Messzylinder zeigt direkt das Volumen an. Allerdings ist die Genauigkeit des Ablesens gering. Eine bessere Möglichkeit, das Volumen des Körpers zu messen, besteht darin, seinen Gewichtsverlust nach dem Eintauchen ins Wasser zu ermitteln. Der Gewichtsverlust entsteht ja dadurch, dass am Körper unter Wasser eine Auftriebskraft F_A angreift. Diese ist gerade so gross wie das Gewicht der durch den Körper verdrängten Wassermenge (Archimedisches Prinzip: Gemäss der Überlieferung soll Archimedes, 287 bis 212 v.Chr., den Goldgehalt der Krone des Königs Hieron II bestimmt haben, indem er die Dichte der Krone mit der von reinem Gold verglich):



Angreifende Kräfte am eingetauchten Körper
(public domain Graphik aus Wikipedia Commons)

Die Auftriebskraft F_A entspricht also dem Gewicht des Körpers vor dem Eintauchen F_G abzüglich des Gewichts nach dem Eintauchen F_{Gi} :

$$F_A = F_G - F_{Gi}$$

Da das Volumen der verdrängten Wassermenge gleich ist wie das Volumen des eingetauchten Körpers V_K , gilt:

$$V_K = \frac{F_A}{\rho_w \cdot g}$$

wobei ρ_w die Dichte des Wassers, also etwa 1000 kg/m^3 ist. Somit sind nun die Masse m und das Volumen V_K des Körpers bekannt, und seine Dichte ρ kann berechnet werden.

Streng genommen erfährt der Körper auch durch die Luft eine Auftriebskraft. Da aber die Dichte von Wasser etwa 800mal grösser ist als die der Luft, ergibt sich aus der Vernachlässigung des Luftauftriebs kein signifikanter Fehler.