Geophysik−Praktikum − Versuch „Rheologie“

Gruppe 3
Christoph Moder, Silke Richter, Michael Wack

Datum: 12.06.2003

Einleitung

Die Rheologie ist die Lehre von Verformung und Fließen. Es gibt keinen definierten Übergang zwischen fest und flüssig; auch scheinbar feste Körper fließen, wie z.B Glas.

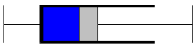
Um die verschiedenen Arten von Elastizität und Viskosität zu modellieren, gibt es folgende Modellkörper:

- Hooke:

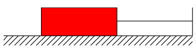
  Der Hookesche Körper ist elastisch, die Verformung ist proportional zur Kraft, sie geht bei Entlastung wieder vollständig zurück.

- Newton:

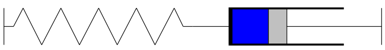
  Der Newtonsche Körper ist plastisch (entspricht einer viskosen Flüssigkeit), die Verformung ist neben der Kraft auch von der Zeit abhängig (d.h. je länger eine konstante Kraft einwirkt, desto stärker die Verformung), sie ist nicht reversibel.

- Saint Venant:

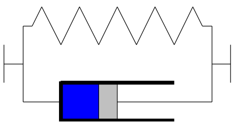
  Der Saint−Venant−Körper ist besitzt Haftreibung; Verformung tritt nur ein, wenn diese über−schritten wird und ist plastisch.

- Maxwell:

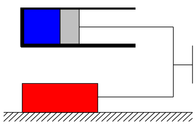
  Der Maxwell−Körper verhält sich bei schneller Bewegung wie ein Hookescher, bei langsamer Bewegung wie ein Newtonscher Körper.

- Kelvin:

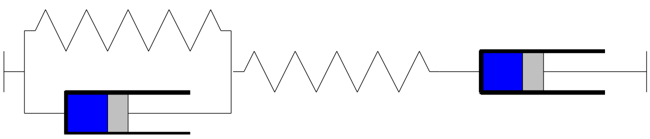
  Der Kelvin−Körper verhält sich bei langsamer Bewegung wie ein Hookescher Körper, bei schneller Bewegung wird die Bewegung gedämpft, sie ist reversibel.

- Bingham:

  Der Bingham−Körper verhält sich oberhalb der Haftreibung wie ein Newtonscher Körper.

- Burgers:

Formeln für den Hookeschen Körper

Spannung (vgl. Druck):

$$\tau=\frac{F}{S}$$

Poissonzahl: Verhältnis zwischen Quer− und Längenkontraktion (bei Flüssigkeit: 0,5)

$$\sigma=\frac{\varepsilon_q}{\varepsilon_l}$$

Kompressionsmodul: Zusammenhang zwischen Volumenänderung und Druck

$$p=-K\cdot\frac{\Delta V}{V} \qquad K=\frac{E\,G}{3(3G-E)}=\frac{E}{3(1-2\sigma)}=G\frac{2(1+\sigma)}{3(1-2\sigma)}$$

Torsionsmodul: Zusammenhang zwischen Scherwinkel und tangentialer Schubspannung

$$\tau=G\cdot\gamma$$

Weitere Umrechnungen (L : Stablänge, T : Drehmoment)

$$G=\frac{E}{2(1+\sigma)}=\frac{2\,L\,T}{\pi\,\varphi\,R^4}$$

Elastizitätsmodul: Zusammenhang zwischen Längenänderung und Zugspannung

$$\tau=E\cdot\frac{\Delta l}{l}$$

Elastizitätsmodul, aus der Durchbiegung berechnet (L : halbe Länge; F : biegende Kraft, s : Durchbiegung):

$$E=\frac{L^3\cdot F}{48\cdot I\cdot s}$$

Elastizitätsmodul, aus der Längen− und Breitenänderung (x : Entfernung zwischen Dehnungs−messstreifen und Krafteinwirkung):

$$E=\frac{F\,x\,d}{4\,I\left|\varepsilon_l(x)\right|}$$

Flächenträgheitsmoment für einen Quader der Breite b und Dicke d :

$$I=\frac{b\,d^3}{12}$$

Flächenträgheitsmoment für einen Zylinder mit dem Radius R :

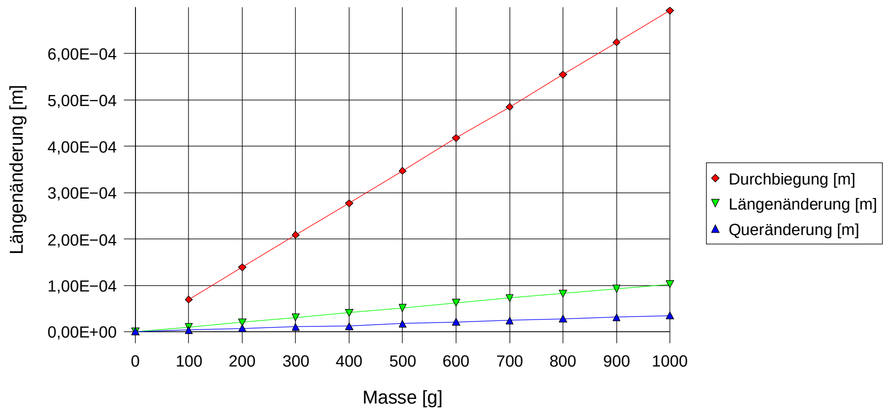
$$I=\frac{R^4\pi}{4}$$

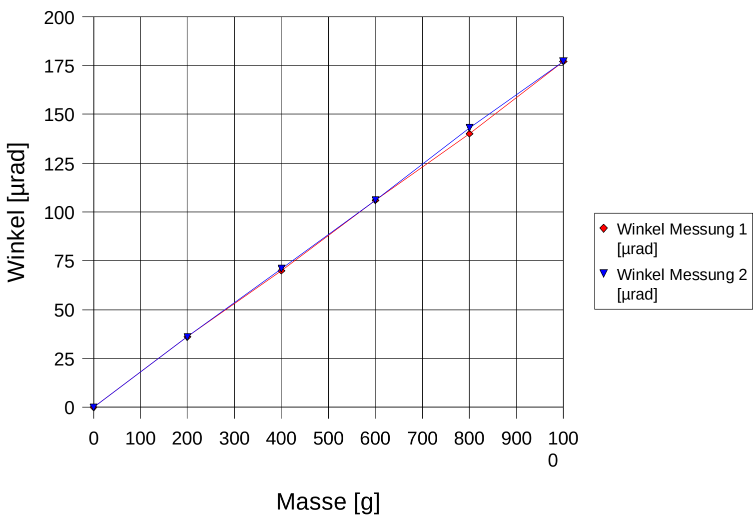
Versuchsbeschreibung

Im ersten Versuchsteil wird ein quaderförmiger Stab gebogen. Dieser befindet sich auf einer Bal−kenwaage; durch Entfernen von Massestücken auf der gegenüber liegenden Seite wird somit ein Druck auf die Mitte des Stabes ausgeübt. Dabei wird die Durchbiegung von einem Sensor gemes−sen und auf einem Multimeter angezeigt, außerdem sind zwei Dehnungsmessstreifen (werden durch Dehnung länger und dünner, d.h. erhöhen ihren elektrischen Widerstand) rechtwinklig zueinander auf dem Stab aufgeklebt, die die Verformung in Längs− bzw. Querrichtung messen (und dadurch die Poissonzahl als Verhältnis dieser Größen liefern).

Im zweiten Versuchsteil wird die Torsion von einem Rundstab gemessen. Dieser ist mit einem Ende befestigt, am anderen Ende befinden sich zwei Hebel, an denen jeweils über eine Umlenkrolle ein Gewicht angreift und somit für ein Drehmoment sorgt. Die Torsion wird wieder über einen Dehnungsmessstreifen gemessen.

Messergebnisse





Durchbiegung einer Granitplatte

Mit

$m = 80\,kg, l = 1\,m \Rightarrow L = 1/2 \cdot l = 0{,}5\,m, b = 0{,}2\,m, d = 0{,}1\,m, E = 57{,}1 \cdot 10^9\,N\,m^{-2}$:

$$s = \frac{12 \cdot L^3 \cdot (m \cdot g)}{48 \cdot E \cdot b \cdot d^3} = 2{,}14\,\mu m$$