



Aufgabenstellung

Das Schubmodul eines Drahtes ist statisch und dynamisch zu bestimmen.

Hinweise zur Versuchsdurchführung

1. *Vorbereitungen:* Messen Sie zweimal die Länge l sowie an zehn verschiedenen Stellen den Durchmesser $2R$ des Drahtes. Es stehen verschiedene Messgeräte zur Verfügung, benutzen Sie jeweils das mit der höchsten Genauigkeit. Wodurch wird die Genauigkeit der Messung begrenzt? Geben Sie Messunsicherheiten an, wobei Sie die Zusammenstellung der Genauigkeiten verschiedener Messgeräte in der Praktikumseinführung benutzen sollten.
2. Spannen Sie den Draht mit dem großen Stahlzylinder (bei Durchmesser < 3 mm mit dem großen Aluminiumzylinder). Welche systematische Messunsicherheit entsteht durch die Längenänderung? (Benutzen Sie die Elastizitätsmoduln aus Tabelle 1 der Versuchsanleitung.)
3. Bestimmen Sie an zwei verschiedenen Positionen den Durchmesser $2r_s$ der Kreisscheibe. Die Rillentiefe beträgt $t_r = (1,0 \pm 0,1)$ mm. Montieren Sie die Kreisscheibe unterhalb des Zylinders und justieren Sie die Anordnung so, dass sie senkrecht hängt und sich möglichst reibungsfrei in der Führungsspitze des Unterbaus drehen kann. Wo müssen die Kräfte zur Erzeugung des äußeren Drehmoments angreifen? Wickeln Sie soviel Schnur auf, dass genügend Spielraum für das gesamte Belastungsintervall bleibt. **Lassen Sie die Justage vor Beginn der Messungen vom Betreuer kontrollieren.**

Statische Methode

4. Messen Sie den Winkel ϕ als Funktion der angehängten Massen m (mindestens zehn Messungen). Zeichnen Sie bereits während der Messung den Zusammenhang in ein geeignetes Diagramm, um abzuschließen, dass Sie ausschließlich im Proportionalbereich (Gültigkeitsbereich des Hookeschen Gesetzes) messen. Kontrollieren Sie, ob der Draht nach Entlastung wieder in seine Ausgangslage ϕ_0 zurückkehrt.
5. Ergänzen Sie Ihre Messpunkte durch Fehlerbalken: Die Genauigkeit der Gewichte liegt bei etwa 0,1 % (für genauere Werte siehe Angaben zu „Handelsgewichtsstücken“ in der Praktikumseinführung). Bestimmen Sie grafisch die Steigung A der Geraden $m(\phi)$ aus zwei weit entfernten Punkten auf der Geraden. Ermitteln Sie die Messunsicherheit des Anstiegs grafisch durch Variation des Anstiegs der Gerade im Rahmen der Fehlerbalken. Alternativ kann auch eine lineare Regression mit einem Taschenrechner durchgeführt werden.
6. Das Richtmoment und damit das Schubmodul ergibt sich aus dem eben ermittelten Anstieg:

$$D = 2gr_s \cdot A \quad \Rightarrow \quad G = \frac{2l}{\pi R^4} \cdot D \quad (4c)$$

Überzeugen Sie sich von der Richtigkeit dieser Herleitung. Geben Sie das Schubmodul in der Maßeinheit GPa an. Achten Sie besonders auf Umrechnungsfaktoren. Berechnen

Sie die Messunsicherheit für G mithilfe des Fehlerfortpflanzungsgesetzes ab, wobei Sie unwesentliche Beiträge und kleine Korrekturen vernachlässigen dürfen (begründen!).

Dynamische Methode

7. Als Zusatzkörper ist der kleine Stahlzylinder bzw. der kleine Edelstahlzylinder zu verwenden. Bestimmen Sie Außenradius r_a und Innenradius r_i . Seine Masse m entnehmen Sie der untenstehenden Tabelle. Der Zusatzzylinder wird dabei unter dem schon vorhandenen Zylinder befestigt.
8. Messen Sie nun die Schwingungsdauer T_1 ohne und T_2 mit Zusatzzylinder. Machen Sie jeweils zwei Messungen à 50 Perioden. Kontrollieren Sie die Anzahl der Perioden durch Messungen mit 1, 5 und 15 Perioden. Als Start-/Stopp-Zeitpunkt eignet sich am besten eine Markierung nahe des Nulldurchganges (warum?). Malen Sie bitte *keine zusätzlichen Markierungen* auf die Kreisscheibe.
9. Das Richtmoment erhalten Sie aus den beiden Periodendauern und dem Trägheitsmoment des Zusatzkörpers:

$$D = \frac{4\pi^2 \cdot J_2}{T_2^2 - T_1^2} \quad \text{mit} \quad J_2 = \frac{m}{2} \cdot (r_a^2 + r_i^2) \quad (6)$$

Überzeugen Sie sich von der Gültigkeit dieser Formel. Bestimmen Sie das Richtmoment und daraus mithilfe der Drahtgeometrie den Schubmodul G des Drahtmaterials. Zu allen Messgrößen sind die Messunsicherheiten anzugeben.

10. *Diskussion:* Vergleichen und diskutieren Sie die Resultate für das Richtmoment aus beiden Messverfahren insbesondere in Hinblick auf die Genauigkeit der unterschiedlichen Messverfahren bei der Bestimmung des Schubmoduls. Vergleichen Sie den von Ihnen ermittelten Schubmodul mit den Tabellenwerten (siehe Anleitung, Tabelle 1).

Stahl		Edelstahl	
	m		m
B	$(1436,2 \pm 1,0)$ g	P	$(895,6 \pm 1,0)$ g
D	$(1437,8 \pm 1,0)$ g	Q	$(894,8 \pm 1,0)$ g
F	$(1436,8 \pm 1,0)$ g	R	$(891,1 \pm 1,0)$ g
G	$(1433,2 \pm 1,0)$ g	S	$(895,1 \pm 1,0)$ g

Tabelle 1: Massen der zur Verfügung stehenden Zusatzzylinder