

# 1 Einleitung

Im Versuch Drehschwingungen V102 sind verschiedene Messungen durchzuführen und mit Hilfe derer die elastischen Konstanten eines Material zu bestimmen. Hierbei kann eine beliebige Metalllegierung untersucht werden - In diesem Fall ein Kupferdraht. Außerdem wird in einem zweiten Messgang noch das magnetische Moment eines Magneten durch Drehschwingungen unter Einfluss eines homogenen Magnetfeldes, welches mit Hilfe von Helmholtzspulen erzeugt wird, untersucht.

## 2 Theorie

Bei den im ersetzten Versuchsteil zu bestimmenden Größen, handelt es sich um sogenannte *elastische Konstanten*, die im allgemeinen ein Maß für die relative Form- und Volumenveränderung eines Materials sind, welches äußeren Kräften ausgesetzt ist. Solche Kräfte die auf die Oberfläche eines Materials einwirken wie beispielsweise der Druck, werden im allgemeinen Spannungen genannt. Die Anzahl der zur Beschreibung eines Materials nötigen elastischen Konstanten, hängt vor allem von der inneren Struktur des Materials ab und reicht von einem Maximum von 36 Konstanten zu einem Minimum von 2 Konstanten für isotrope Materialien wie sie auch in diesem Versuch untersucht werden. Zu den zwei benötigten Konstanten, dem Torsionsmodul  $G$  und dem Kompressionsmodul  $Q$  kommen in diesem Versuch noch zwei weitere, das Elastizitätsmodul  $E$  und die Poissonsche Querkontraktionszahl  $\mu$  hinzu. Der Zusammenhang dieser vier Größen lässt mit den Gleichungen 1 und 2 beschreiben.

$$E = 2G(\mu + 1) \quad (1)$$

$$E = 3Q(1 - 2\mu) \quad (2)$$

Die Bestimmung des Torsionsmoduls erfolgt in diesem Versuch mit Hilfe einer dynamischen Methode, d.h. die auf den hier zu untersuchenden Draht wirken periodisch zeitabhängige Spannungen. Dies ist der statischen Methode gegenüber vorteilhafter, da keine elastischen Nachwirkungen auftreten, durch die das Material nur verzögert in seinen Ausgangszustand zurück geht. Für die hier verwendete dynamische Methode, wird der zu untersuchende Draht in harmonische Drehschwingungen mit der Periodendauer  $T$

$$T = \sqrt{\frac{J}{D}} \quad (3)$$

versetzt. Dabei ist  $J$  das Trägheitsmoment des schwingenden Körpers und  $D$  die Richtgröße des als Zylinder idealisierten Drahtes, welche durch Gleichung 4 beschrieben wird.

$$D = \frac{\pi G R^4}{2L} \quad (4)$$

Für die Bestimmung des magnetischen Moments  $m$  im zweiten Versuchsteil wird die durch

$$B = \mu_0 \mu_r \frac{8}{\sqrt{125}} \frac{IN}{R} [?] \quad (5)$$

berechenbare magnetische Flussdichte eines Helmholtzspulenpaares benötigt, für die somit die geometrischen Abmessungen der Spulen und der durch diese fließende Strom  $I$  benötigt

Durchmesser $d[\text{mm}]$	Länge $L[\text{cm}]$
-------------------------------	-------------------------

Tabelle 1: Messgrößen des Drahtes

werden. Auch in diesem Versuchsteil wird der Draht in harmonische Schwingungen versetzt deren Periodendauer

$$T_m = \sqrt{\frac{J}{mB + D}} \quad (6)$$

ist.

### 3 Durchführung

Der Versuchsaufbau entspricht dem in Abbildung 1 mit dem Zusatz, dass links von der Apparatur noch eine Glühlampe mit Blende und Fokussierlinse steht und um etwa  $90^\circ$  versetzt eine Photodiode, welcher ein H-Signal weitergibt, wenn diese von dem Lichtstrahl über den Spiegel getroffen wird. Als erstes ist gefordert eine Stoppuhr mit einer Logikschaltung selber zu erstellen, diese soll 4 Phasen haben:

1. Start der Stoppuhr
2. „Nichts“
3. Stopp der Stoppuhr
4. Reset der Stoppuhr

Sobald der Lichtstrahl vom Spiegel reflektiert wird und dieser in die Photodiode trifft, gibt diese ein Signal auf die Schaltung, dann geht die Stoppuhr in Phase 1, beim zweiten Mal in Phase 2 usw.. Danach wird noch die Dicke des Drahtes an 4 verschiedenen Stellen vermessen und andere feste Größen an der Apparatur abgelesen.

Durch das Justierad mit Klemmschraube wird der Spiegel so ausgerichtet, dass der Lichtstrahl neben der Photodiode auf der dort justierten Mattscheibe zu sehen ist, danach wird eine Auslenkung durch das Justierad erzeugt und die Periodendauern von der Stoppuhr abgelesen und notiert bis eine ausreichende Menge an Messwerten vorhanden ist. Schlussendlich werden nun die Helmholtzspulen eingeschaltet, damit ein homogenes Magnetfeld erzeugt wird, um dann die Messungen noch einmal auszuführen.

### 4 Auswertung

Im folgenden sind die aufgenommenen Messwerte, sowie die aus diesen berechneten Werte aufgeführt. An entsprechenden Stellen sind Erläuterungen zu den Berechnungen gegeben. Der nachfolgenden Abschnitt 4.1 enthält die Fehlergleichungen für die hier aufgeführten Größen.

In den Tabellen 1 bis 3 sind für die noch folgenden Rechnungen benötigten Apparaturgrößen angegeben.

Masse $m_K[\text{g}]$ 512.50(4)	Durchmesser $d_K[\text{cm}]$	Trägheitsmoment der Halterung $I_H[\text{gcm}^2]$
---------------------------------------	---------------------------------	---

Tabelle 2: Messgrößen der Kugel und Halterung

Radius $R[\text{mm}]$	Windungszahl $N$
78.0	390

Tabelle 3: Messgrößen der Spulen

## 4.1 Fehlerrechnung

$$\begin{aligned}
& \sqrt{0.16\sigma_{m_K}^2 r_K^4 + 0.64\sigma_{r_K}^2 m_K^2 r_K^2} \\
& \sqrt{\frac{64\pi^2 L^2 \sigma_{I_K}^2}{R^8 T^4} + \frac{256\pi^2 L^2 \sigma_T^2}{R^8 T^6} (I_H + I_K)^2 + \frac{1024\pi^2 L^2 \sigma_R^2}{R^{10} T^4} (I_H + I_K)^2 + \frac{64\pi^2 \sigma_L^2}{R^8 T^4} (I_H + I_K)^2} \\
& \sqrt{\frac{E^2 \sigma_G^2}{4G^4} + \frac{\sigma_E^2}{4G^2}} \\
& \sqrt{\frac{36E^2 \sigma_\mu^2}{(-6\mu + 3)^4} + \frac{\sigma_E^2}{(-6\mu + 3)^2}} \\
& \sqrt{\frac{I^2 N^2}{R^4} \frac{64}{125} \mu_0^2 \sigma_R^2 + \frac{I^2 \sigma_N^2}{R^2} \frac{64}{125} \mu_0^2 + \frac{N^2 \sigma_I^2}{R^2} \frac{64}{125} \mu_0^2}
\end{aligned}$$

## 5 Diskussion

$$\sqrt{\sigma_B^2 \left( \frac{\pi G R^4}{2B^2 L} - \frac{4\pi^2}{B^2 T^2} (I_H + I_K) \right)^2 + \frac{4\pi^2 G^2 R^6 \sigma_R^2}{B^2 L^2} + \frac{\pi^2 G^2 R^8 \sigma_L^2}{4B^2 L^4} + \frac{16\pi^4 \sigma_{I_K}^2}{B^2 T^4} + \frac{16\pi^2 \sigma_T^2}{B^2 T^6} (I_H + I_K)^2 + \frac{\pi^2 R^8 \sigma_G^2}{4B^2 L^2}}$$

Periodendauer $T[s]$	Periodendauer $T[s]$
$18,364 \pm 0,001$	$18,330 \pm 0,001$
$18,377 \pm 0,001$	$18,333 \pm 0,001$
$18,353 \pm 0,001$	$18,343 \pm 0,001$
$18,359 \pm 0,001$	$18,320 \pm 0,001$
$18,346 \pm 0,001$	$18,342 \pm 0,001$
$18,349 \pm 0,001$	$T = 18,3469 \pm 0,0003$

Tabelle 4: Gemessene Periodendauern ohne äußeres Magnetfeld

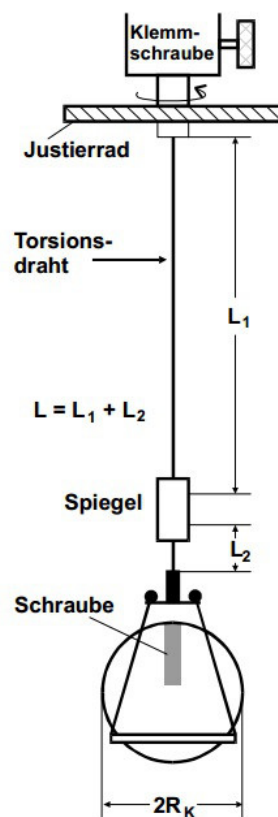


Abbildung 1: Skizze des Versuchsaufbaus