

## Drehbewegung



Bildquelle: <https://www.pexels.com/de-de/foto/foto-von-ams-hubschrauber-im-flug-1549308/>

Klassenstufe	Oberthemen	Unterthemen	Anforderungsniveau	Durchführungsniveau	Vorbereitung
Sek II	Rotation	Drehmoment	•	••	10 Min.

### Aufgabenstellung

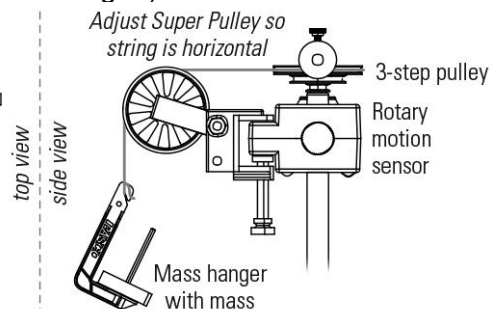
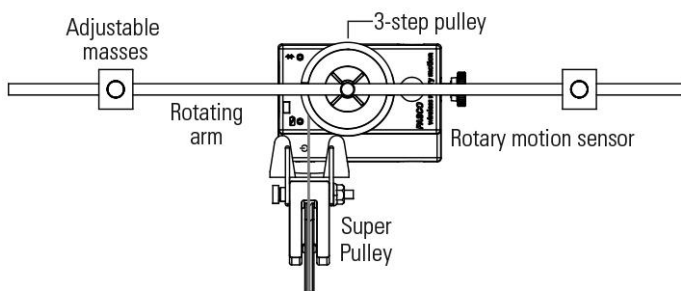
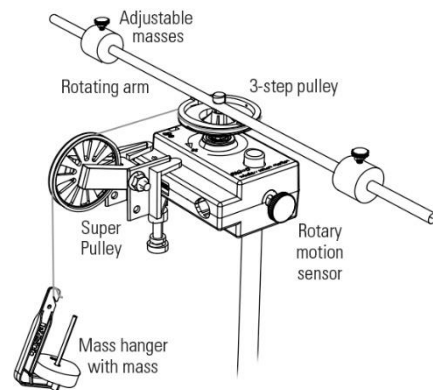
Wie wirkt sich das Drehmoment auf die Winkelbeschleunigung eines rotierenden Objekts mit konstanter Rotationsträgheit aus? Bestimmen Sie experimentell die mathematische Beziehung zwischen Drehmoment und Winkelbeschleunigung eines Objekts.

## 1. Materialien und Ausrüstung

- SPARKvue (Best.-Nr.: [121.4022](#))
- Drehbewegungssensor (Best.-Nr.: [118.4030](#))
- Rotationszubehör (Best.-Nr.: [119.4008](#))
- Umlenkrolle (Best.-Nr.: [104.1559](#))
- Gewichtssatz
- Stativmaterial
- Messschieber

## 2. Versuchsablauf

1. Messe die Masse des rotierenden Arms  $m_{arm}$  selbst, die Masse jeder gleitenden Masse  $M1$  und  $M2$  selbst und die Länge  $l$  des rotierenden Arms. Notiere diese Werte oben im Abschnitt "Auswertung" unten.
2. Befestige den Drehbewegungssensor mit der Klemme am Sensor am oberen Ende des Stativs.
3. Befestige die Umlenkrolle mit seiner Klemme am Drehbewegungssensor.
4. Drehe die 3-Stufen-Riemenscheibe auf dem Sensor um, so dass die Riemenscheibe mit dem großen Durchmesser oben liegt. Montiere den Dreharm am Drehgeber.
5. Schneide einen etwa 70 cm langen Faden ab und befestige das eine Ende des Fadens an der größten Rille der Riemenscheibe und das andere Ende am Massenträger. Führe den Faden von der Riemenscheibe über die Umlenkrolle, so dass die Masse frei hängen kann.
6. Stelle die Position der Umlenkrolle so ein, dass der Fadenabschnitt zwischen dem oberen Ende der Superrolle und dem Punkt, an dem sie auf die Riemenscheibe trifft, gerade und horizontal verläuft (siehe Abbildungen).



7. Stelle die verschiebbaren Massen entlang des Dreharms so ein, dass der Abstand zwischen dem Mittelpunkt jeder Masse und der Drehachse 16,0 cm beträgt. Ziehe die Rändelschrauben an den Massen fest, damit sie nicht verrutschen.
8. Verbinde den drahtlosen Drehbewegungssensor mit SPARKvue und erstelle eine grafische Darstellung der Winkelgeschwindigkeit auf der y-Achse und der Zeit auf der x-Achse.
9. Hänge insgesamt 50 g an den Faden. Wickle den Faden gegen den Uhrzeigersinn um die größte Rille der Riemenscheibe, bis sich die hängende Masse knapp unter der Umlenkrolle befindet. Halte den Arm fest.

### 3. Daten sammeln

1. Beginne mit der Datenaufzeichnung und lasse dann den rotierenden Arm (aus der Ruheposition) los. Sammle die Daten, bis der Arm mindestens zwei volle Umdrehungen vollzogen hat.
2. Stoppe die Datenaufzeichnung und stoppe dann vorsichtig den Dreharm.
3. Ändere die Menge der Masse zum Beschleunigen: Wiederhole die Messung noch viermal und verwende dabei jedes Mal 50 g mehr.
4. Trage die bei jedem Versuch verwendete Masse in Kilogramm in Tabelle 1 ein.
5. Benutze die Werkzeuge Ihres Datenerfassungssystems, um die Steigung einer linearen Anpassung an die Daten der Winkelgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Zeit zu bestimmen, während der der Arm bei jedem Versuch frei rotierte. Tragen Sie dies als *Winkelbeschleunigung* des rotierenden Arms in Tabelle 1 für jeden Versuch ein.
6. Messe mit dem Messschieber den Radius der größten Rille auf der 3-Stufen-Scheibe. Achte darauf in der Rille zu messen. Notiere diesen Wert in Metern in der Auswertung.

### 4. Auswertung

- |                                       |               |       |
|---------------------------------------|---------------|-------|
| ▪ Masse des rotierenden Arms (kg):    | ▪ $m_{arm} =$ | _____ |
| ▪ Masse der gleitenden Masse 1 (kg):  | ▪ $M1 =$      | _____ |
| ▪ Masse der Gleitmasse 2 (kg):        | ▪ $M2 =$      | _____ |
| ▪ Länge des rotierenden Arms (m):     | ▪ $l =$       | _____ |
| ▪ Radius der Riemenscheibenrille (m): | ▪ $r =$       | _____ |

Tabelle 1: Drehmoment bei konstanter Rotationsträgheit

Versuch	Hängende Masse [kg]	Kraft [N]	Drehmoment [Nm]	Winkelbeschleunigung [rad/s <sup>2</sup> ]
1				
2				
3				
4				
5				

- Berechne die Größe der Kraft, die bei jedem Versuch auf die Rolle  $\Sigma F_{\text{applied}}$  wirkt, mit Hilfe der folgenden Gleichung. Beachte, dass die Größe der Nettokraft, die auf den Flaschenzug wirkt, nicht dem Gewicht der hängenden Masse entspricht, sondern der Spannung  $F_T$  im Faden.

$$\Sigma F_{\text{applied}} = F_T = mg - m(\alpha r)$$

Dabei ist  $m$  der Wert der hängenden Masse in jedem Versuch,  $\alpha$  die Winkelbeschleunigung in jedem Versuch,  $r$  der Radius der Seilrille und  $g$  die Erdbeschleunigung  $9,8 \text{ m/s}^2$ . Trage das Ergebnis für jeden Versuch in Tabelle 1 in der Einheit Newton (N) ein.

- Berechne das aufgebrachte Nettodrehmoment bei jedem Versuch von Teil 1: Multipliziere die Nettokraft für jeden Versuch in Tabelle 1 mit dem Radius der Riemenscheibenrille. Trage das Ergebnis für jeden Versuch in Tabelle 1 in Newtonmeter (Nm) ein.
- Zeichne ein Diagramm des *Nettodrehmoments* in Abhängigkeit von der *Winkelbeschleunigung* in Grafik 1. Achten Sie darauf, beide Achsen mit der richtigen Skala und den richtigen Einheiten zu beschriften.
- Zeichne ein Graph durch deine Daten im Diagramm. Bestimme und notiere die die Gleichung des Graphens.

Gleichung des Graphens: \_\_\_\_\_

- Benutzen Sie die Gleichungen rechts, um die gesamte Rotationsträgheit  $I_{\text{total}}$  des rotierenden Armsystems zu berechnen.  $R$  ist der Abstand zwischen dem Mittelpunkt Gleitmasse und der Drehachse und  $M$  ist die Gleitmasse.

$$I_{\text{total}} = I_{\text{arm}} + I_{\text{mass 1}} + I_{\text{mass 2}}$$

$$I_{\text{arm}} \approx \frac{1}{12} m_{\text{arm}} l^2 \quad \text{der}$$

$$I_{\text{mass}} \approx MR^2$$

Rotationsträgheit [kg\*m<sup>2</sup>]: \_\_\_\_\_

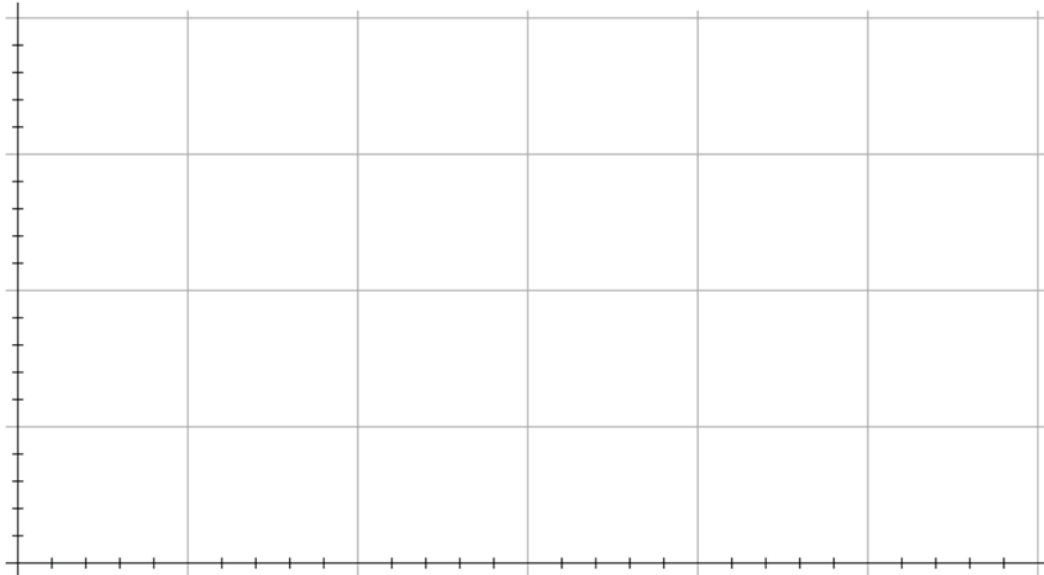


Abbildung 1: Drehmoment vs. Beschleunigung bei konstantem Trägheitsmoment

## 6. Fragen zur Analyse

1. Wie verhält sich der berechnete Wert der Rotationsträgheit im Vergleich zur Steigung der Daten in Abbildung 1?
2. Welche Variablen wurden im Experiment konstant gehalten? Welche Variablen haben sich erhöht oder verringert?
3. Wie wirkt sich die Änderung des auf das System ausgeübten Drehmoments auf die Winkelbeschleunigung aus?
4. Wie lautet die mathematische Beziehung zwischen dem Drehmoment und der Winkelbeschleunigung (proportional, invers, quadratisch usw.), basierend auf den Messdaten? Woher weißt du das?
5. Kannst du aus deinen Ergebnissen einen mathematischen Ausdruck vorhersagen, der das Drehmoment  $t_{net}$ , die Rotationsträgheit  $I$  und die Winkelbeschleunigung  $\alpha$  in Beziehung setzt? Erkläre, wie die Daten deine Vorhersage unterstützen.