

## Übung 3                      Rotations-Mechanik Drehmoment, Einfache Maschinen (Kraft-/Drehmoment-Wandler)

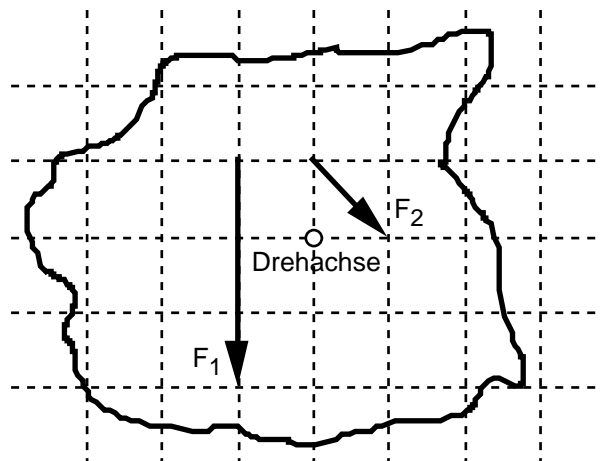
### Lernziele

- das Drehmoment einer Kraft bestimmen können.
- die Wirkung von Kräften beurteilen können, die an einem starren Körper angreifen.
- den Zusammenhang zwischen Kraft und Drehmoment bei einem Motor verstehen.
- verstehen, was ein Kraft-Wandler, ein Drehmoment-Wandler ist.
- beurteilen können, ob eine einfache Maschine ein Kraft-Wandler oder ein Drehmoment-Wandler ist.
- mindestens je ein Beispiel eines Kraft-Wandlers und eines Drehmoment-Wandlers kennen.
- beurteilen können, welche Teile einer Maschine Kraft- bzw. Drehmoment-Wandler sind.

### Aufgaben

#### Drehmoment

1. Ein Radfahrer übt auf die Pedale der Hebellänge  $r = 20$  cm eine Kraft  $F = 500$  N aus. Bestimmen Sie die Drehmomente der Kraft für die Fälle, in welchen der Winkel zwischen der Richtung des Pedalhebels und der Wirkungslinie der Kraft die folgenden Werte hat:
  - a)  $0^\circ$
  - b)  $45^\circ$
  - c)  $90^\circ$
  - d)  $180^\circ$
  
2. Gegeben ist ein starrer Körper. Er kann sich um eine Achse drehen, die senkrecht zur Blattebene liegt. Am ruhenden, starren Körper greifen die beiden in der Blattebene liegenden Kräfte  $F_1$  und  $F_2$  an:



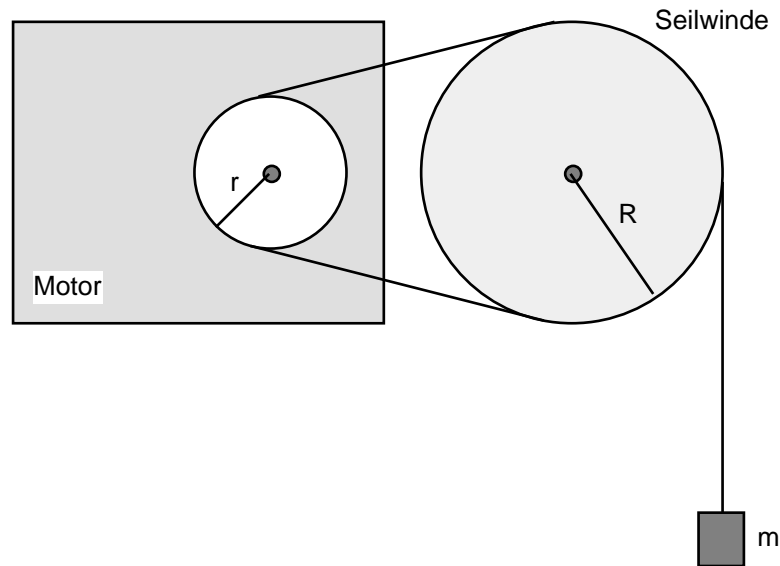
- a) **Ersetzen** Sie die beiden Kräfte  $F_1$  und  $F_2$  durch eine einzige angreifende Kraft  $F_3$ .  
 $F_3$  soll dieselbe Wirkung haben wie die beiden ursprünglich angreifenden Kräfte  $F_1$  und  $F_2$ .  
Machen Sie **zwei** Vorschläge für die Kraft  $F_3$ .  
Zeichnen Sie dazu Ihre zwei Vorschläge für  $F_3$  mit korrektem Angriffspunkt, korrekter Richtung und massstabsgetreuem Betrag in die Grafik ein.
- b) Bestimmen Sie die Richtung, in welche sich der Körper aufgrund der angreifenden Kräfte zu drehen beginnt.
- c) (siehe Seite 2)

- c) **Ergänzen** Sie die beiden Kräfte  $F_1$  und  $F_2$  durch eine dritte angreifende Kraft  $F_3$ , so dass sich der starre Körper im Gleichgewicht befindet.

Machen Sie **zwei** Vorschläge für die Kraft  $F_3$ .

Zeichnen Sie dazu Ihre zwei Vorschläge für  $F_3$  mit korrektem Angriffspunkt, korrekter Richtung und massstabsgetreuem Betrag in die Grafik ein.

3. Ein Elektromotor treibt über einen Riemen eine Seilwinde an, mit welcher Lasten gehoben werden können:



Im technischen Datenblatt steht, dass der Motor ein maximales Drehmoment von 500 Nm habe.

- a) Bestimmen Sie die maximale Masse  $m$ , die mit der Seilwinde gehoben werden könnte.  
b) Bestimmen Sie das Drehmoment, welches die Gewichtskraft dieser Masse an der Trommel der Seilwinde bewirkt.

Daten:  $r = 5 \text{ cm}$ ,  $R = 10 \text{ cm}$

*Einfache Maschinen (Kraft-Wandler, Drehmoment-Wandler)*

#### 4. Experimente mit Kraft- und Drehmoment-Wandlern

Def.: Ein **Kraft-Wandler** ist eine einfache Maschine, welche eine Kraft in eine andere Kraft umwandelt, wobei das Drehmoment der Kräfte konstant bleibt.

Ein **Drehmoment-Wandler** ist eine einfache Maschine, welche ein Drehmoment in ein anderes Drehmoment umwandelt, wobei die Kraft, die die Drehmomente bewirkt, konstant bleibt.

Im Praktikumszimmer L26 sind drei Posten (Posten 1 bis 3) eingerichtet, an denen Sie Kraft- und Drehmoment-Wandler studieren sollen. Bearbeiten Sie dazu die untenstehenden Aufgabenstellungen.

Arbeitsform: Vierer-Gruppen

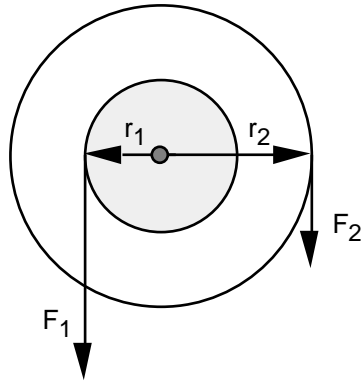
Verweildauer pro Posten: 10 Minuten

- a) **Wellrad (Posten 1)**

Am ruhenden oder mit konstanter Winkelgeschwindigkeit rotierenden Wellrad greifen die beiden Kräfte  $F_1$  und  $F_2$  an.

Die Kräfte  $F_1$  und  $F_2$  sind so bemessen, dass das Wellrad weiterhin in Ruhe bleibt oder mit unveränderter Winkelgeschwindigkeit rotiert:

(Fortsetzung siehe Seite 3)



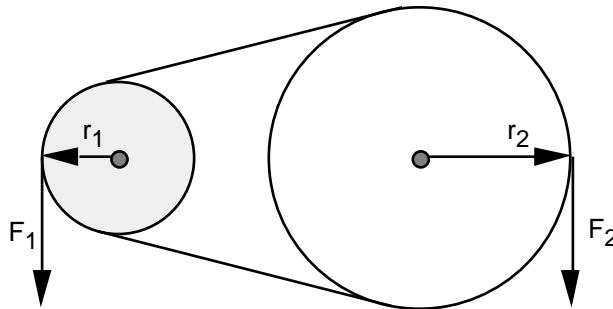
- i) Prüfen Sie experimentell nach, dass  $F_2 < F_1$ , falls  $r_2 > r_1$ .
- ii) Überlegen Sie sich, um wieviel  $F_2$  kleiner sein muss als  $F_1$ . Betrachten Sie dazu die Drehmomente  $M_1$  und  $M_2$  der beiden Kräfte  $F_1$  und  $F_2$ .
- iii) Überprüfen Sie das Ergebnis Ihrer Überlegungen aus ii) experimentell nach.
- iv) Beurteilen Sie, ob das Wellrad ein Kraft- oder ein Drehmoment-Wandler bildet.

b) **Riemenräder (Posten 2)**

Zwei Räder sind über einen Riemen miteinander verbunden.

An den ruhenden oder mit konstanten Winkelgeschwindigkeiten rotierenden Rädern greifen die beiden Kräfte  $F_1$  und  $F_2$  an.

Die Kräfte  $F_1$  und  $F_2$  sind so bemessen, dass die Räder weiterhin in Ruhe bleiben oder mit unveränderten Winkelgeschwindigkeiten rotieren:



- i) Prüfen Sie experimentell nach, dass  $F_2 = F_1$ .
- ii) Überlegen Sie sich, dass  $F_2 = F_1$  gelten muss, und zwar unabhängig von  $r_1$  und  $r_2$ .
- iii) Geben Sie eine Beziehung an zwischen den Drehmomenten  $M_1$  und  $M_2$  der beiden Kräfte  $F_1$  und  $F_2$ .
- iv) Beurteilen Sie, ob die beiden Riemenräder ein Kraft- oder ein Drehmoment-Wandler bilden.

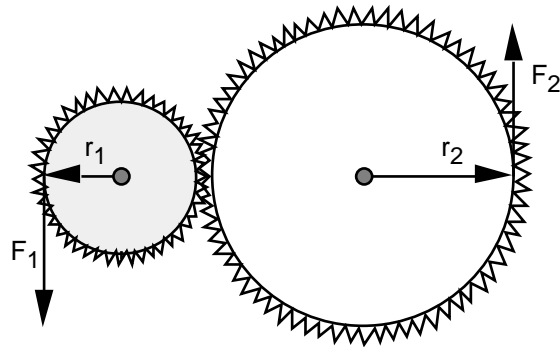
c) **Zahnräder (Posten 3)**

Zwei Zahnräder sind miteinander in Kontakt.

An den ruhenden oder mit konstanten Winkelgeschwindigkeiten rotierenden Zahnrädern greifen die beiden Kräfte  $F_1$  und  $F_2$  an.

Die Kräfte  $F_1$  und  $F_2$  sind so bemessen, dass die Zahnräder weiterhin in Ruhe bleiben oder mit unveränderten Winkelgeschwindigkeiten rotieren:

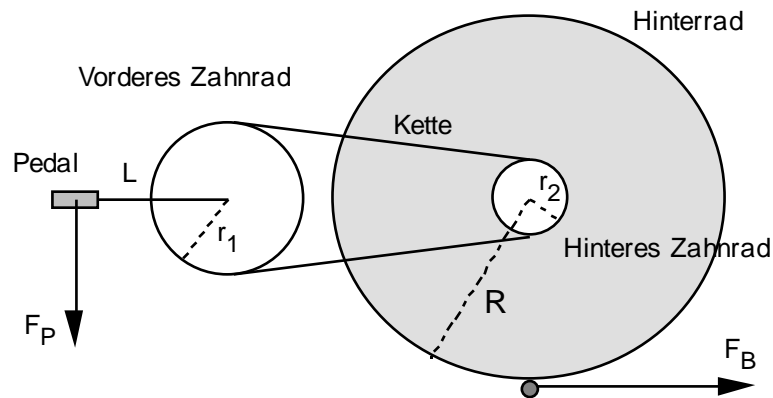
(Fortsetzung siehe Seite 4)



- i) Prüfen Sie experimentell nach, dass  $F_2 = F_1$ .
- ii) Überlegen Sie sich, dass  $F_2 = F_1$  gelten muss, und zwar unabhängig von  $r_1$  und  $r_2$ .
- iii) Geben Sie eine Beziehung an zwischen den Drehmomenten  $M_1$  und  $M_2$  der beiden Kräfte  $F_1$  und  $F_2$ .
- iv) Beurteilen Sie, ob die beiden Zahnräder ein Kraft- oder ein Drehmoment-Wandler bilden.

5. Ein **Fahrrad** ist eine Maschine, die aus Kraft- und Drehmoment-Wandlern besteht.

Dabei wird die Kraft  $F_P$ , die der Fahrradfahrer auf das Pedal ausübt, in die Kraft  $F_B$  umgewandelt, welche auf den Boden ausgeübt wird.



- a) Geben Sie an, aus welchen Kraft- und Drehmoment-Wandlern ein Fahrrad besteht.
- b) Bestimmen Sie  $F_B$  in Abhängigkeit von  $F_P$  und den Parametern  $L$ ,  $R$ ,  $r_1$ ,  $r_2$ .
- c) Diskutieren Sie, wie  $F_B$ 
  - i) von der Übersetzung  $i := \frac{r_1}{r_2}$  abhängt.
  - ii) vom Radius  $R$  des Hinterrades abhängt.

### Zeitplan Experimente

	Gruppe A	Gruppe B	Gruppe C	Gruppe D	Gruppe E	Gruppe F
Aufgabe 4a	10.45-10.55	11.05-11.15	10.55-11.05	10.15-10.25	10.35-10.45	10.25-10.35
Aufgabe 4b	10.55-11.05	10.45-10.55	11.05-11.15	10.25-10.35	10.15-10.25	10.35-10.45
Aufgabe 4c	11.05-11.15	10.55-11.05	10.45-10.55	10.35-10.45	10.25-10.35	10.15-10.25

**Lösungen**

1.
  - a)  $0^\circ$   $M = 0 \text{ Nm}$
  - b)  $45^\circ$   $M = 71 \text{ Nm}$
  - c)  $90^\circ$   $M = 100 \text{ Nm}$
  - d)  $180^\circ$   $M = 0 \text{ Nm}$
  
2.
  - a) ...
  - b) Drehrichtung im Gegenuhrzeigersinn
  - c) ...
  
3.
  - a)  $m_{\max} = 1000 \text{ kg}$
  - b)  $M = 1000 \text{ Nm}$
  
4.
  - a)
    - i) ...
    - ii)  $M_1 = M_2$   $r_1 F_1 = r_2 F_2$   $F_2 = \frac{r_1}{r_2} F_1$
    - iii) ...
    - iv) Kraft-Wandler
  - b)
    - i) ...
    - ii) ...
    - iii)  $F_1 = F_2$   $\frac{M_1}{r_1} = \frac{M_2}{r_2}$   $M_2 = \frac{r_2}{r_1} M_1$
    - iv) Drehmoment-Wandler
  - c)
    - i) ...
    - ii) ...
    - iii)  $F_1 = F_2$   $\frac{M_1}{r_1} = \frac{M_2}{r_2}$   $M_2 = \frac{r_2}{r_1} M_1$
    - iv) Drehmoment-Wandler
  
5.
  - a) Kraft-Wandler: Pedal - Vorderes Zahnrad  
 Hinteres Zahnrad - Hinterrad  
 Drehmoment-Wandler: Vorderes Zahnrad - Hinteres Zahnrad
  - b)  $F_B = \frac{1}{R} \frac{r_2}{r_1} L F_P$
  - c)
    - i)  $F_B \sim \frac{1}{i}$
    - ii)  $F_B \sim \frac{1}{R}$