

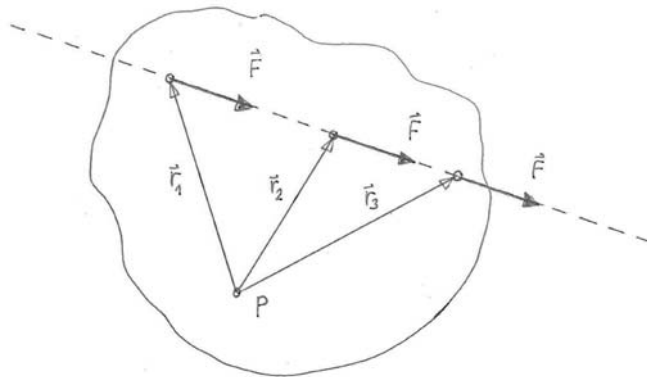
## Zusatz-Aufgaben 4 Grundlagen der Statik Drehmoment

### Lernziele

- wissen und verstehen, dass sich das Drehmoment einer Kraft nicht verändert, wenn der Angriffspunkt der Kraft entlang ihrer Wirkungslinie verschoben wird.
- die Wirkung von Kräften beurteilen können, die an einem starren Körper angreifen.
- eine neue Problemstellung selbstständig bearbeiten können.

### Aufgaben

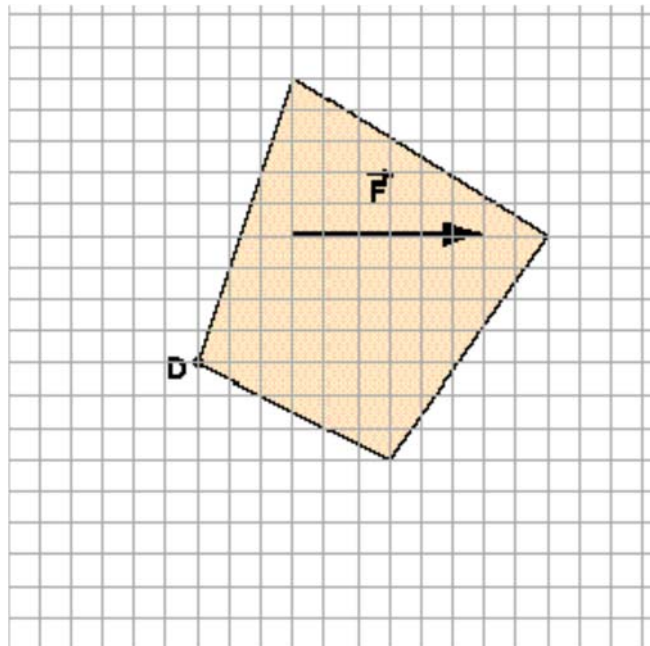
- 4.1 Der Angriffspunkt einer an einem Körper angreifenden Kraft  $\vec{F}$  wird entlang ihrer Wirkungslinie verschoben:



Zeigen Sie, dass sich das Drehmoment der Kraft  $\vec{F}$  bezüglich eines Punktes P nicht verändert, wenn man den Angriffspunkt der Kraft  $\vec{F}$  entlang ihrer Wirkungslinie verschiebt.

Erklären Sie also, dass alle drei Drehmomente  $\vec{M}_1 = \vec{r}_1 \times \vec{F}$ ,  $\vec{M}_2 = \vec{r}_2 \times \vec{F}$  und  $\vec{M}_3 = \vec{r}_3 \times \vec{F}$  bezüglich des Punktes P die gleichen Richtungen und Beträge besitzen.

- 4.2 Eine Kraft  $\vec{F}$  mit dem Betrag 60 N wirkt auf einen Körper, welcher um den Punkt D drehbar ist:

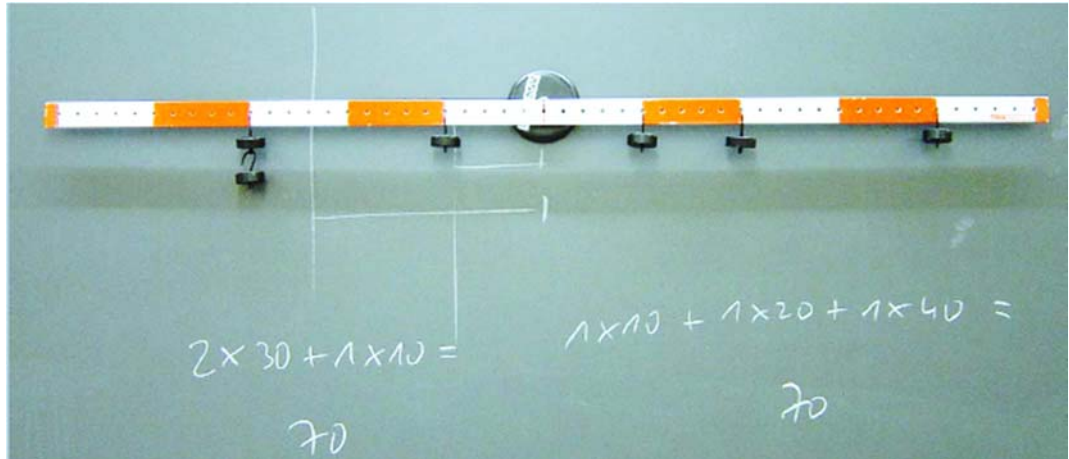


Für die Abmessungen des Körpers gilt, dass ein gezeichnetes Häuschen die Länge 10 cm hat.

(Fortsetzung auf der nächsten Seite)

- Bestimmen Sie das Drehmoment  $\vec{M}$  der Kraft  $\vec{F}$  bezüglich des Punktes D. Geben Sie sowohl die Richtung als auch den Betrag des Vektors  $\vec{M}$  an.
- Bestimmen Sie die Drehmomente der Kraft  $\vec{F}$  bezüglich der anderen drei Eckpunkte des Körpers. Geben Sie auch wieder jeweils die Richtungen und Beträge der Drehmomente an.
- Zeichnen Sie eine neue Kraft von demselben Betrag wie  $\vec{F}$ , welche am Körper angreift und auf den Körper dieselbe Wirkung hat wie  $\vec{F}$ . Die neue Kraft soll jedoch vertikal gerichtet sein.
- Zeichnen Sie eine weitere Kraft ein, die dieselbe Wirkung wie  $F$  hat. Diese weitere Kraft soll jedoch den doppelten Betrag von  $\vec{F}$  besitzen und zu  $\vec{F}$  entgegengesetzt gerichtet sein.

4.3 Ein Hebel ist an einer Wand montiert. An ihm greifen mehrere Kräfte an (vgl. Experiment im Unterricht):



- Bestimmen Sie die Drehmomente (Richtungen und Beträge) aller Kräfte bezüglich des Aufhängepunktes.
- Bestimmen Sie die vektorielle Summe aller Drehmomente, wenn vorausgesetzt wird, dass sich der Hebel im Gleichgewicht befindet.

Hinweise:

- Die Farbsegmente (rot-weiss-rot-...) am Hebel haben je eine Länge von 10 cm.
- Die am Hebel angehängten Gewichtsstücke haben je eine Masse von 50 g.

4.4 Ein Radfahrer übt auf ein Pedal der Hebellänge  $r = 20$  cm eine Kraft mit dem Betrag  $F = 500$  N aus.

Bestimmen Sie den Betrag des Drehmomentes bezüglich des Befestigungspunktes des Pedalhebels an der Tretlagerachse in Abhängigkeit des Winkels  $\varphi$  zwischen der Richtung des Pedalhebels und der Wirkungslinie der Kraft:

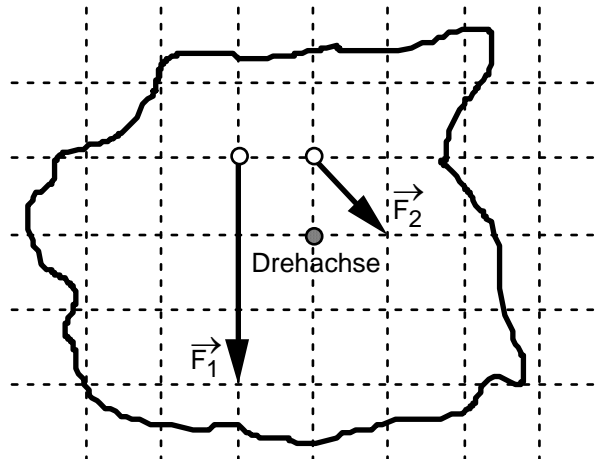
- $\varphi = 0^\circ$
- $\varphi = 45^\circ$
- $\varphi = 90^\circ$
- $\varphi = 180^\circ$

4.5 Gegeben ist ein starrer Körper. Er ist an einer festen Drehachse montiert, die durch den Schwerpunkt des Körpers verläuft und senkrecht zur Blattebene steht.

Am ruhenden, starren Körper greifen die Gewichtskraft und eine Lagerkraft an, die die Gewichtskraft kompensiert. Diese beiden Kräfte sind für die folgenden Betrachtungen bedeutungslos.

Betrachten Sie die beiden weiteren, am Körper angreifenden Kräfte  $\vec{F}_1$  und  $\vec{F}_2$ , deren Wirkungslinien in der Blattebene liegen:

(Fortsetzung auf der nächsten Seite)



- a) **Ersetzen** Sie die beiden Kräfte  $\vec{F}_1$  und  $\vec{F}_2$  durch eine einzige angreifende Kraft  $\vec{F}_3$ .  $\vec{F}_3$  soll auf den Körper dieselbe Wirkung haben wie die beiden Kräfte  $\vec{F}_1$  und  $\vec{F}_2$  zusammen. Machen Sie **zwei** Vorschläge für die Kraft  $\vec{F}_3$ . Zeichnen Sie dazu Ihre zwei Vorschläge für  $\vec{F}_3$  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) **Ergänzen** Sie die beiden Kräfte  $\vec{F}_1$  und  $\vec{F}_2$  durch eine dritte angreifende Kraft  $\vec{F}_3$ , so dass sich der starre Körper im Gleichgewicht befindet. Machen Sie **zwei** Vorschläge für die Kraft  $\vec{F}_3$ . Zeichnen Sie dazu Ihre zwei Vorschläge für  $\vec{F}_3$  mit korrektem Angriffspunkt, korrekter Richtung und massstabsgetreuem Betrag in die Grafik ein.

## Lösungen

4.1 ...

- 4.2 a) Drehmoment  $\vec{M}$  bzgl. Punkt D  
Richtung von  $\vec{M}$ : nach hinten, d.h. senkrecht in die Zeichenebene hinein  
Betrag von  $\vec{M}$ :  $M = r_{\perp} \cdot F = 40 \text{ cm} \cdot 60 \text{ N} = 0.4 \text{ m} \cdot 60 \text{ N} = 24 \text{ Nm}$
- b) Drehmoment  $\vec{M}$  bzgl. Eckpunkt oben  
Richtung von  $\vec{M}$ : nach vorne, d.h. senkrecht aus der Zeichenebene heraus  
Betrag von  $\vec{M}$ :  $M = r_{\perp} \cdot F = 50 \text{ cm} \cdot 60 \text{ N} = 0.5 \text{ m} \cdot 60 \text{ N} = 30 \text{ Nm}$
- Drehmoment  $\vec{M}$  bzgl. Eckpunkt unten  
Richtung von  $\vec{M}$ : nach hinten, d.h. senkrecht in die Zeichenebene hinein  
Betrag von  $\vec{M}$ :  $M = r_{\perp} \cdot F = 70 \text{ cm} \cdot 60 \text{ N} = 0.7 \text{ m} \cdot 60 \text{ N} = 42 \text{ Nm}$
- Drehmoment  $\vec{M}$  bzgl. Eckpunkt rechts  
Richtung von  $\vec{M}$ : unbestimmt, da  $\vec{M} = \vec{0}$   
Betrag von  $\vec{M}$ :  $M = r_{\perp} \cdot F = 0 \text{ cm} \cdot 60 \text{ N} = 0 \text{ m} \cdot 60 \text{ N} = 0 \text{ Nm}$
- c) ...
- d) ...

- 4.3 a) Drehmomente der Kräfte von links nach rechts:
- |               |           |  |
|---------------|-----------|--|
| $\vec{M}_1$ : | Richtung: | nach vorne, d.h. senkrecht aus der Wandebene heraus  |
|               | Betrag:   | $M_1 = 30 \text{ cm} \cdot (2 \cdot 0.5 \text{ N}) = 0.3 \text{ m} \cdot 1 \text{ N} = 0.3 \text{ Nm}$ |
| $\vec{M}_2$ : | Richtung: | nach vorne, d.h. senkrecht aus der Wandebene heraus  |
|               | Betrag:   | $M_2 = 10 \text{ cm} \cdot 0.5 \text{ N} = 0.1 \text{ m} \cdot 0.5 \text{ N} = 0.05 \text{ Nm}$        |
| $\vec{M}_3$ : | Richtung: | nach hinten, d.h. senkrecht in die Wandebene hinein  |
|               | Betrag:   | $M_3 = 10 \text{ cm} \cdot 0.5 \text{ N} = 0.1 \text{ m} \cdot 0.5 \text{ N} = 0.05 \text{ Nm}$        |
| $\vec{M}_4$ : | Richtung: | nach hinten, d.h. senkrecht in die Wandebene hinein  |
|               | Betrag:   | $M_4 = 20 \text{ cm} \cdot 0.5 \text{ N} = 0.2 \text{ m} \cdot 0.5 \text{ N} = 0.1 \text{ Nm}$         |
| $\vec{M}_5$ : | Richtung: | nach hinten, d.h. senkrecht in die Wandebene hinein  |
|               | Betrag:   | $M_5 = 40 \text{ cm} \cdot 0.5 \text{ N} = 0.4 \text{ m} \cdot 0.5 \text{ N} = 0.2 \text{ Nm}$         |
- b)  $\vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \vec{M}_3 + \vec{M}_4 + \vec{M}_5 = \vec{0}$

- 4.4 a)  $M = 0 \text{ Nm}$   
b)  $M = 71 \text{ Nm}$   
c)  $M = 100 \text{ Nm}$   
d)  $M = 0 \text{ Nm}$

- 4.5 a) ...  
b) Drehrichtung im Gegenuhrzeigersinn  
c) ...