

## Unregelmäßig geformte Scheibe

### Momentenlehre

#### Ziel

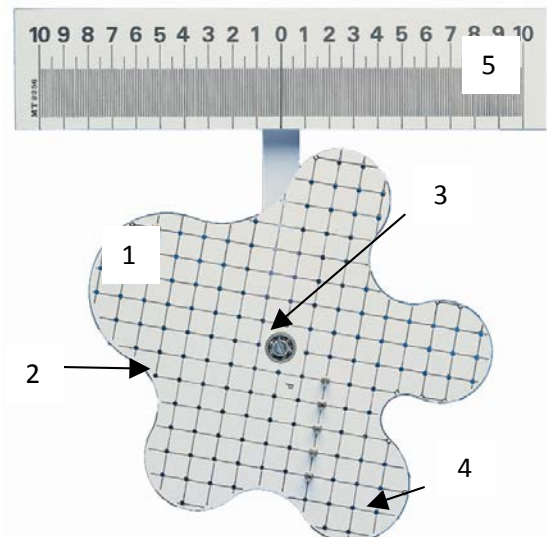
Die unregelmäßig geformte Scheibe wurde gewählt, um den Statik-Kurs zu vervollständigen und um einige praktische Versuche durchzuführen.

Die Scheibe ermöglicht folgende Versuche:

- Bestimmung des Schwerpunktes eines Festkörpers
- Unverändertes Gleichgewicht im Verhältnis zum Schwerpunkt
- Moment einer Kraft, Momentensatz
- Satz von den Kräftepaaren
- Satz vom Gleichgewicht eines starren Körpers nach Einwirkung mehrerer Kräftepaare

#### Beschreibung:

- 1 flache, unregelmäßig geformte Scheibe
- 2 2 mm-Bohrungen im Abstand von je 10 mm über der gesamten Oberfläche verteilt. Sie ermöglichen das Anbringen von Stiften, welche als Angriffspunkte der Kräfte verwendet werden.
- 3 Drehpunkt und zugleich Schwerpunkt der Scheibe. Durch die Kugellagerung der Scheibe kann sich der Körper frei um eine Achse drehen. Die Achse ist durch einen Stab realisiert, welcher auf einem Magneten angebracht wurde.
- 5 Skalirtes Lineal, welches sich frei um die Scheibe drehen lässt. Es ermöglicht Messungen von Abständen zwischen den Senkrechten der Wirkungslinien der Kräfte und dem Drehpunkt (nicht im Lieferumfang enthalten).



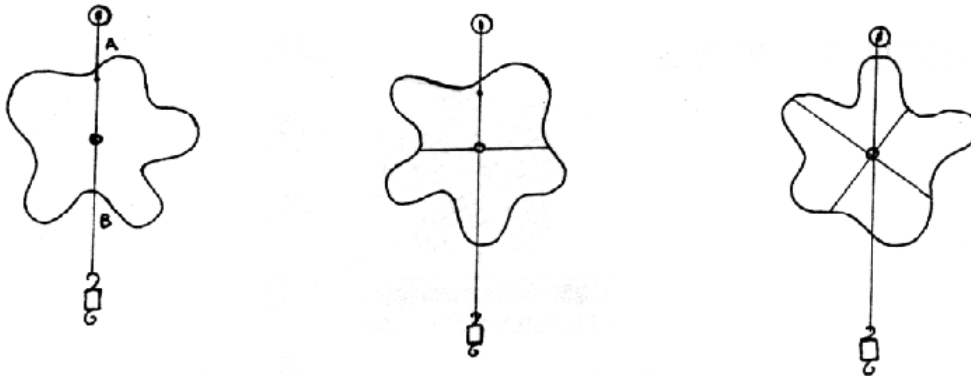
Notwendiges Material für die Durchführung der vorgeschlagenen Versuche:

- 1 Metalltafel
- 1 Satz Massen mit Haken oder Kraftmesser, 2 mm Schrauben oder Stifte (nicht im Lieferumfang enthalten)
- 4 kugellagerte Umlenkrollen mit Magnethalter 2002551
- 1 Rolle Schnur oder 4 Stücke Schnur (Länge 20 cm)
- 1 Haken mit Magnethalter 2002252

Wenn man Federkraftmesser benutzt, benötigt man eine Magnethalterung. Wir empfehlen die Verwendung der Kraftmesser mit runder Skala 2002093, 2002094, 2002095.

## Versuche

### A. Bestimmung des Schwerpunktes eines Festkörpers.



Man setzt einen Haken mit Magnethalter auf die Magnettafel. Dann steckt man einen Stift in eines der Randlöcher der Scheibe. Anschließend hängt man die Scheibe mit einem Stück Schnur an den Haken, so dass sie sich frei bewegen kann. An den Stift hängt man einen weiteres Stück Schnur, an deren Ende man eine Masse mit Haken befestigt. (Prinzip : Bleilot)

Man markiert die beiden Punkte A und B und zieht mit dem Filzstift die Verbindungslinie. Der Versuch wird mehrfach wiederholt, wobei der Stift jedes Mal in ein anderes Randloch der Scheibe gesetzt wird.

Der Schnittpunkt der Geraden entspricht dem Schwerpunkt.

### B. Unverändertes Gleichgewicht im Verhältnis zum Schwerpunkt

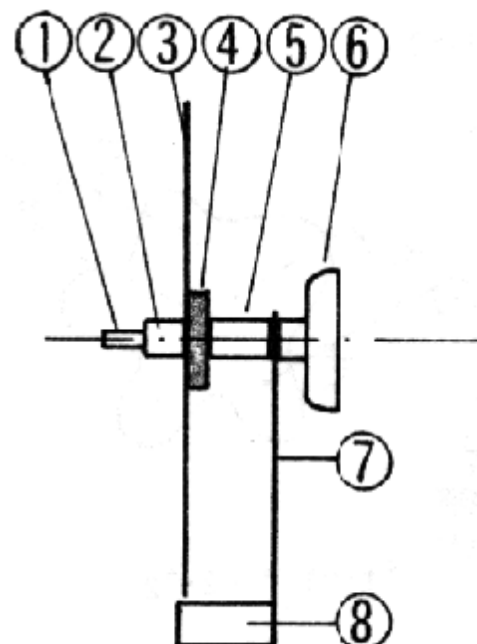
1. Hauptachse
2. Sicherungsklipp
3. Unregelmäßig geformte Scheibe
4. Kugellagergehäuse
5. Abstandsring
6. Magnet
7. u. 8. Einrichtung zur Abstandsmessung

#### Aufbau

Man setzt den mit der Achse (1) verbundenen Magneten (6) auf die Metalltafel. Danach wird das Meßsystem (7 und 8) auf die Achse gesetzt. Der Abstandsring wird angebracht (5), dann die unregelmäßig geformte Scheibe und zum Schluss setzt man den Sicherheitsklipp (2) auf die Achse, um eine Translation der Scheibe zu verhindern. Die Scheibe kann sich nun frei um die Achse drehen.

#### Versuch

Die unregelmäßig geformte Scheibe wird nun um ihre Achse gedreht und somit in verschiedene Stellungen



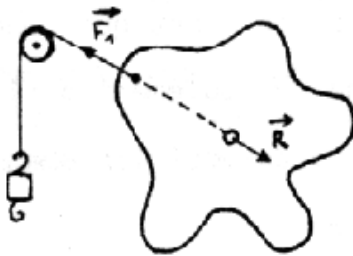
gebracht. Man stellt fest, dass sich die Scheibe bei jeder Stellung im Gleichgewicht befindet.

### C. Moment einer Kraft - Momentenlehre

Die Wirkung einer Kraft auf einen starren Körper verursacht eine Drehung des Körpers um seinen Drehpunkt. Wenn dieser Körper einen Drehpunkt und Schwerpunkt hat, wird er keine Drehbewegung ausführen, wenn die Wirkungslinie der Kraft durch die Hauptachse verläuft. Der Körper befindet sich im Gleichgewicht.

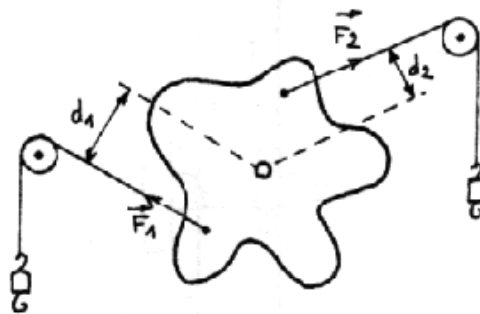
*Experimenteller Nachweis:*

Bild 1



$$F_1 = R$$

Bild 2



$$F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2$$

Bild 1: Der Körper befindet sich im Ruhezustand, unabhängig davon, ob die Kraft  $F_1$  vorhanden ist oder nicht. Da das Moment der Kraft  $F_1$  Null ist, führt der Körper keine Bewegung aus.

Bild 2: Man übt eine Kraft  $F_2$  aus. Der Körper dreht sich, bis er im Gleichgewicht ist. Die Abstände  $d_1$  und  $d_2$  werden abgelesen. Jetzt berechnet man die Produkte  $F_1 \cdot d_1$  und  $F_2 \cdot d_2$ . Man stellt fest, dass die Ergebnisse gleich sind.

#### Bemerkung

Die Abstände  $d_1$  und  $d_2$  lassen sich mit dem skalierten Lineal messen.

#### Beobachtung

Erhöht man die Kraft  $F_1$ , so stellt man fest, dass sich die Kraft  $F_2$  ebenfalls erhöht und dass sich die Abstände  $d_1$  und  $d_2$  verringern.

Eine Berechnung mit den neuen Werten ergibt, dass die Produkte  $F_1 \cdot d_1$  und  $F_2 \cdot d_2$  gleich sind.

#### Schlussfolgerung

Das Moment einer Kraft, welches auf einen Körper wirkt, ist definiert durch das Produkt aus Kraft und Abstand zwischen Schwerpunkt und Wirkungslinie der Kraft. Ein Körper befindet sich im Gleichgewicht, wenn die Summe der an ihm angreifenden Momente gleich Null ist.

### Verallgemeinerung

Man kann das Ergebnis des Versuchs von Abbildung 2 verallgemeinern, indem man zusätzlich eine dritte Kraft angreifen lässt.

Die Messungen müssen wiederholt werden, da sich die Abstände geändert haben.

### D. Studium der Kräftepaare

#### 1. Definition eines Kräftepaars

Zwei antiparallele Kräfte mit dem gleichen Betrag, die nicht auf derselben Gerade liegen, werden als Kräftepaar bezeichnet.

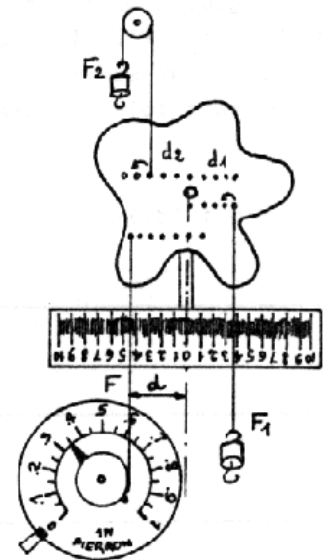
Die Resultierende beträgt Null. Das resultierende Moment des Kräftepaars ist auf der gesamten Fläche gleich. Man bezeichnet es als freien Vektor.

$$M = F \cdot d = F_1 \cdot d_1 + F_2 \cdot d_2$$

#### 2. Kraftinvariantes Moment

Die Kräfte  $F_1$  und  $F_2$  bilden ein Kräftepaar. Wenn man  $F_1$  und  $F_2$  nach links oder rechts um einen Zentimeter verschiebt, indem man die parallelen Kräftelinien beibehält, stellt man fest, dass sich  $F$  nicht ändert. Es ergibt sich

$$F \cdot d = \text{constant} .$$



Man arbeitet mit parallelen Kraftwirkungslinien und der Verlängerung von Linien der unregelmäßig geformten Scheibe.

Wenn man Kräfte vertikal versetzt, verändert man das Gleichgewicht der Scheibe nicht.

### 3. Änderung des Kräftepaars

#### 3.1 Änderung des Abstandes

Man versetzt  $F_1$  oder  $F_2$  nach links oder rechts. Es wird der Abstand  $d_1$  oder  $d_2$  geändert. Die Folge ist, dass sich das Gleichgewicht ändert. Durch das Einwirken auf  $F$  wird das alte Gleichgewicht wieder hergestellt. Der Versuch wird mehrmals wiederholt.

Man trägt die Werte in eine Tabelle ein, anschließend zeichnet man die Kurve  $M = f(d_i)$  .

$M = F \cdot d$		
F		
$d_1$ oder $d_2$		

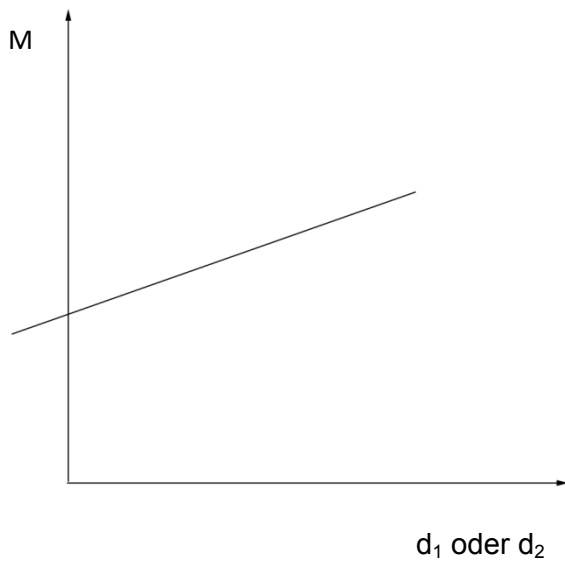
#### 3.2 Änderung der Kraft

Man erhöht  $F_1$  oder  $F_2$ ,  $d_1$  und  $d_2$  bleiben konstant. Das Gleichgewicht ändert sich. Durch Einwirken auf  $F$  wird das alte Gleichgewicht wieder hergestellt. Der Versuch wird mehrmals wiederholt.

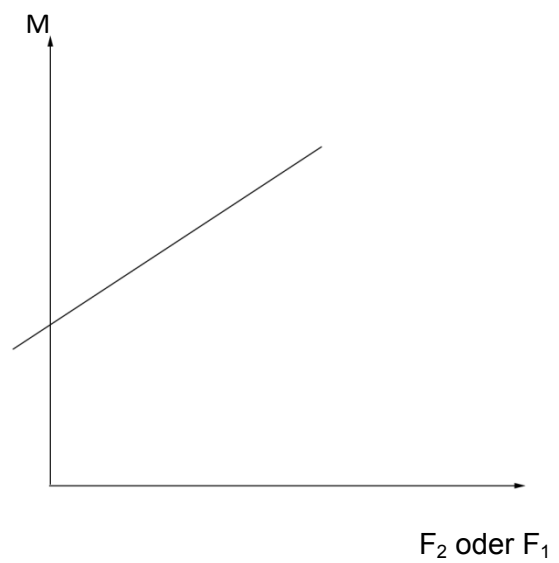
Man trägt die Werte in eine Tabelle ein, anschließend zeichnet man die Kurven  $M = f(F_1)$  und  $M = f(F_2)$  .

$M = F \cdot d$		
F		
F <sub>2</sub> oder F <sub>1</sub>		

Kurven:  $M = f(d_i)$



$M = f(F_i)$



### Verallgemeinerung

Man kann die Versuche über das Gleichgewicht eines starren Körpers in Bezug zu seiner Achse ebenfalls durchführen, indem man mehrere Kräftepaare angreifen lässt. Anschließend zeigt man wiederum die Allgemeingültigkeit des Momentensatzes.

Wenn Sie Änderungs- und/oder Verbesserungsvorschläge haben, so können Sie uns diese gerne mitteilen.