


**ZIEL**

Experimentelle Untersuchung der Vektoraddition von Kräften.

**ZUSAMMENFASSUNG**

Auf dem Kräftetisch kann die Vektoraddition von Kräften einfach und übersichtlich überprüft werden. Dazu liegt der Angriffspunkt dreier Einzelkräfte im Kräftegleichgewicht genau in der Mitte. Man bestimmt die Beträge der Einzelkräfte aus den angehängten Massen und liest ihre Richtung als Winkel auf einer Winkelskala ab. Die Auswertung des experimentellen Ergebnisses kann grafisch oder analytisch erfolgen.

**AUFGABEN:**

- Grafische Untersuchung des Gleichgewichts dreier beliebiger Einzelkräfte.
- Analytische Untersuchung des Gleichgewichts bei symmetrischer Ausrichtung von  $F_1$  und  $F_2$ .

**BENÖTIGTE GERÄTE**

Anzahl	Geräte	Art.-Nr.
1	Kräftetisch	1000694

**ALLGEMEINE GRUNDLAGEN**

Kräfte sind Vektoren, d.h. sie werden gemäß den Regeln der Vektoraddition addiert. Zur Addition wird – grafisch interpretiert – der Startpunkt des zweiten Vektors an den Endpunkt des ersten Vektors gelegt. Der Pfeil vom Startpunkt des ersten Vektors bis zum Endpunkt des zweiten Vektors repräsentiert den Ergebnisvektor. Fasst man die beiden Vektoren als Seiten eines Parallelogramms auf, ist der Ergebnisvektor die Diagonale (siehe Abb. 1).

Auf dem Kräftetisch kann die Vektoraddition von Kräften einfach und übersichtlich überprüft werden. Dazu liegt der Angriffspunkt dreier Einzelkräfte im Kräftegleichgewicht genau in der Mitte. Man bestimmt die Beträge der Einzelkräfte aus den angehängten Massen und liest ihre Richtung als Winkel auf einer Winkelskala ab.

**1**

Im Kräftegleichgewicht ist die Summe der Einzelkräfte

$$(1) \quad F_1 + F_2 + F_3 = 0$$

Also ist die Kraft  $-F_3$  die Summe der Einzelkräfte  $F_1$  und  $F_2$  (siehe Abb. 2):

$$(2) \quad -F_3 = F = F_1 + F_2$$

Für die zur Summe  $F$  parallele Vektorkomponente gilt

$$(3) \quad -F_3 = F = F_1 \cdot \cos \alpha_1 + F_2 \cdot \cos \alpha_2$$

und für die dazu senkrechte Komponente

$$(4) \quad 0 = F_1 \cdot \sin \alpha_1 + F_2 \cdot \sin \alpha_2$$

Die Gleichungen 3 und 4 beschreiben die Vektoraddition analytisch. Zur experimentellen Überprüfung ist es zweckmäßig, die Kraft  $F_3$  auf den Winkel 0 zu legen.

Alternativ zur analytischen Betrachtung kann das Kräftegleichgewicht auch grafisch untersucht werden. Hierzu werden zunächst alle drei Kräfte vom zentralen Angriffspunkt ausgehend mit ihrem Betrag und ihrem Winkel gezeichnet. Anschließend werden die Kräfte  $F_2$  und  $F_3$  parallel verschoben, bis der Anfangspunkt am Ende des vorhergehenden Vektors liegt. Als Resultat erwartet man den Ergebnisvektor 0 (siehe Abb. 3). Dies wird im Experiment für drei beliebige, das Gleichgewicht haltende Einzelkräfte nachvollzogen.

Die analytische Betrachtung beschränkt sich im Experiment auf den Spezialfall, dass die beiden Kräfte  $F_1$  und  $F_2$  symmetrisch zu  $F_3$  liegen.

**AUSWERTUNG**

Im symmetrischen Fall ( $F_1 = F_2$  und  $\alpha_1 = -\alpha_2$ ) ist Gleichung 4 trivialerweise erfüllt. Aus Gleichung 3 wird die in Abb. 4 zur Beschreibung der Messdaten verwendete Bestimmungsgleichung für die Summenkraft

$$F = 2 \cdot F_1 \cdot \cos \alpha_1$$

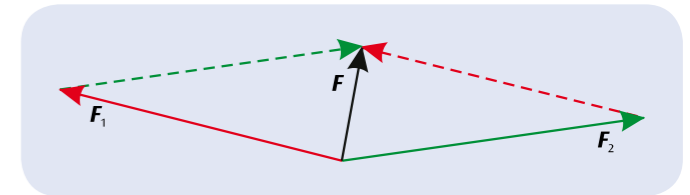


Abb. 1: Vektoraddition von Kräften (Kräfteparallelogramm).

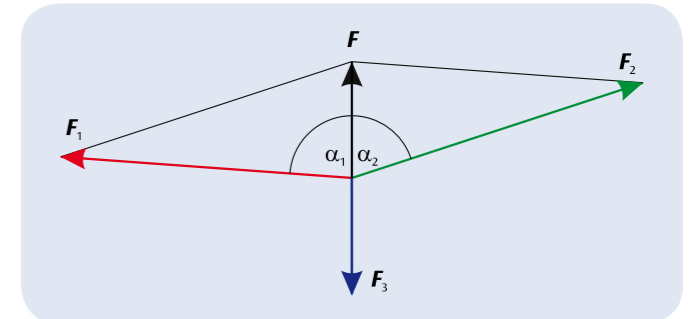


Abb. 2: Bestimmung der Vektorsumme zweier Kräfte  $F_1$  und  $F_2$  aus der das Gleichgewicht haltenden Kraft  $F_3$ .

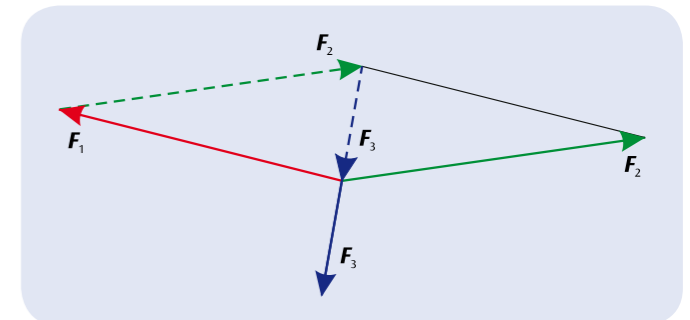


Abb. 3: Grafische Untersuchung des Gleichgewichts dreier beliebig ausgerichteter Einzelkräfte.

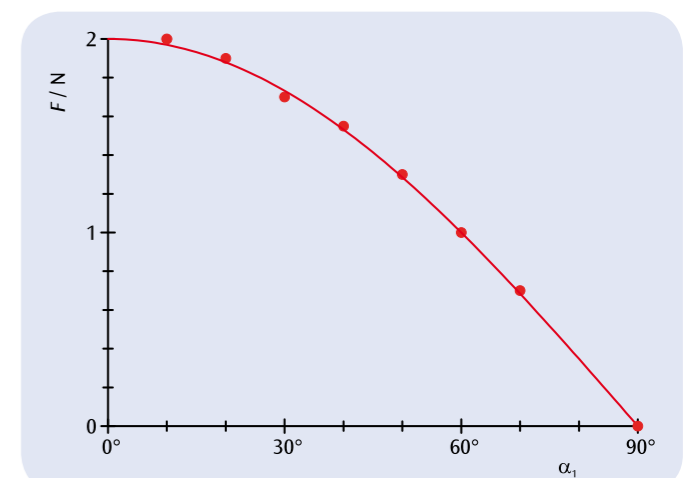


Abb. 4: Gemessene und berechnete Summe zweier symmetrischer Kräfte in Abhängigkeit vom Öffnungswinkel  $\alpha_1$ .