

# Die Addition und Zerlegung von Kräften

Carlo Vöst, Augsburg

Illustrationen von Dr. Wolfgang Zettlmeier, Barbing



© BanksPhotos/E+/Gettyimages Plus

Ausgehend von der Fragestellung, was passiert, wenn zwei oder mehr Kräfte gleichzeitig am gleichen Angriffspunkt greifen, geht es im Beitrag um die Addition von Kräften und in der Umkehrung um die Zerlegung von Kräften. Dies wird an Beispielen deutlich gemacht und anschließend anhand von Aufgaben vertieft. Schließlich enthält die Unterrichtseinheit ein Beispiel einer Klassenarbeit oder Lernerfolgskontrolle zu diesem Themenkomplex.

## Impressum

RAABE UNTERRICHTS-MATERIALIEN Physik

Das Werk, einschließlich seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Es ist gemäß § 60b UrhG hergestellt und ausschließlich zur Veranschaulichung des Unterrichts und des Einsatzes an Bildungseinrichtungen bestimmt. Die Dr. Josef Raabe Verlags-GmbH erteilt Ihnen für das Werk das einfache, nicht übertragbare Recht zur Nutzung für den persönlichen Gebrauch gemäß vorgenannter Zweckbestimmung. Unter Einhaltung der Nutzungsbedingungen sind Sie berechtigt, das Werk zum persönlichen Gebrauch unter Zweckbestimmung in Klassensatzstärke zu vervielfältigen. Jede darüber hinausgehende Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Hinweis zu §§ 60a, 60b UrhG: Das Werk oder Teile hiervon dürfen nicht ohne eine solche Einwilligung an Schulen oder in Unterrichts- und Lehrmedien (§ 60b Abs. 3 UrhG) vervielfältigt, insbesondere kopiert oder eingescannt, verbreitet oder in ein Netzwerk eingestellt oder sonst öffentlich zugänglich gemacht oder wiedergegeben werden. Dies gilt auch für elektronische Medien und sonstigen Bildungseinrichtungen. Die Aufführung abgedruckter musikalischer Werke ist nach GEMA-meldepflichtig.

Für jedes Material wurden Fremdrechte recherchiert und ggf. angefragt.

In unseren Beiträgen sind wir bemüht, die für Experimente nötigen Substanzen mit den entsprechenden Gefahrenhinweisen zu kennzeichnen. Dies ist ein zusätzlicher Service. Dennoch ist jeder Experimentator selbst angehalten, sich vor der Durchführung eines Experimente genauestens über das Gefährdungspotenzial der verwendeten Stoffe zu informieren, die nötigen Vorsichtsmaßnahmen zu ergreifen sowie alles ordnungsgemäß zu entsorgen. Es gelten die Vorschriften der Gefahrstoffverordnung sowie die Dienstvorschriften der Schulbehörde.

Dr. Josef Raabe Verlags-GmbH  
Ein Unternehmen der Klett-Gruppe  
Rotebühlstraße 77  
70178 Stuttgart  
Telefon +49 711 6290-0  
Fax +49 711 62900-60  
meinRAABE@raabe.de  
www.raabe.de

Redaktion: Anna-Graa Wittnebel  
Satz: Dantagrafix GSP GmbH, Berlin  
Bildnachweis Titel: BanksPhotos/E+/GettyimagesPlus  
Illustrationen: Dr. Wolfgang Zettlmeier, Barbing  
Korrektoren: Johanna Stotz, Wyhl a. K.; Dr. Stefan Völker, Jena

# Die Addition und Zerlegung von Kräften

## Mittelstufe (Niveau)

Carlo Vöst, Augsburg

Illustrationen von Dr. Wolfgang Zettlmeier, Barbing

<b>Hinweise</b>	<b>1</b>
<b>M 1 Die Addition von Kräften</b>	<b>2</b>
<b>M 2 Die Zerlegung einer Kraft in zwei Teilkräfte</b>	<b>4</b>
<b>M 3 Übungsaufgaben</b>	<b>6</b>
<b>M 4 Bist du fit? – Teste dein Wissen!</b>	<b>12</b>
<b>M 5 Kräfteaddition und -zerlegung – Farbfolie</b>	<b>14</b>
<b>Hinweise und Lösungen</b>	<b>15</b>

© RAABE 2020

## Die Schüler lernen:

Ausgehend von der Fragestellung, was passiert, wenn zwei oder mehr Kräfte gleichzeitig am gleichen Angriffspunkt angreifen, geht es im Beitrag um die Addition von Kräften und in der Umkehrung um die Zerlegung von Kräften. Dies wird an Beispielen deutlich gemacht und anschließend anhand von Aufgaben vertieft. Schließlich enthält die Unterrichtsreihe ein Beispiel einer Klassenarbeit oder Lernerfolgskontrolle zu diesem Themenkomplex.

# Überblick:

## Legende der Abkürzungen:

Ab Arbeitsblatt

Fo Folie

Thema	Material	Methode
Die Addition von Kräften	M1	Ab (Einzelarbeit)
Die Zerlegung einer Kraft in zwei Teilkräfte	M2	Ab (Einzelarbeit)
Übungsaufgaben	M3	Ab (Einzelarbeit)
Bist du fit? – Teste dein Wissen!	M4	Ab (Einzelarbeit)
Kräfteaddition und -zerlegung	M5	Fo

### **Anmerkung zu den Abbildungen**

Bei einigen Abbildungen (M 2, S. 4 und S. 5; Lsg. S. 18 (Aufg. 4); Lsg. S. 26 (Aufg. 3)) haben wir ein Darstellungsproblem: Ursprüngliche (dicke, grauer Pfeil) und verschobene (schwarzer, dünner Pfeil) Gewichtskraft überdecken sich. Daher haben wir – damit man erkennen kann, dass die Kraftpfeile die gleiche Länge haben, – den Vektor der ursprünglichen Kraft (grau) etwas nach rechts verschoben. Dies ist physikalisch nicht ganz korrekt, denn natürlich greift die Gewichtskraft am Schwerpunkt des Körpers an, ließ sich aber nicht anders handhaben.

# Die Addition und Zerlegung von Kräften

Der Beitrag ist gedacht entweder zum Selbststudium, als Hilfe zur Vorbereitung auf eine Klassenarbeit oder als Aufgabenpool für Ihren Unterricht.

## Vorkenntnisse

Der Kraftbegriff ist für die Physik grundlegend. In der klassischen Physik versteht man darunter eine Einwirkung, die einen Körper verformen und/oder beschleunigen kann. Kräfte sind nötig, um Arbeit zu verrichten, wobei sich die Energie eines Körpers oder eines physikalischen Systems ändert.

Kräfte sind vektorielle (gerichtete) Größen. Wenn auf einen Körper zwei Kräfte wirken, so setzen sich diese Teilkräfte vektoriell zu einer resultierenden Kraft zusammen. Die resultierende Kraft, kurz auch *Gesamtkraft* oder *Resultierende* genannt, kann rechnerisch oder zeichnerisch ermittelt werden. Der *Betrag* der resultierenden Kraft hängt vom Betrag der beiden Teilkräfte und vom *Winkel* zwischen ihnen ab. Man kann die Resultierende zeichnerisch oder rechnerisch ermitteln.

Man kann eine Kraft auch in Teilkräfte oder Komponenten zerlegen. Voraussetzung dafür ist aber, dass die Richtung der Komponenten bekannt ist. Wie bei der Kräftezusammensetzung können auch bei der Kräftezerlegung die Teilkräfte zeichnerisch oder rechnerisch ermittelt werden.

## Ziele der Unterrichtseinheit

Die Schüler ...

- kennen einige skalare und vektorielle Größen und einfache/zusammengesetzte Einheiten.
- können Kraftwirkungen auf Körper beobachten und dokumentieren.
- können Kräfte zeichnerisch und rechnerisch addieren.
- können eine Kraft zeichnerisch und rechnerisch in Teilkräfte zerlegen.
- erkennen verschiedenen Kräfte, können sie benennen und sortieren.
- können die Wirkungen von Kräften auf Körper in verschiedenen Situationen vorhersagen.

## M1 Die Addition von Kräften

### Die resultierende Kraft von zwei Teilkräften

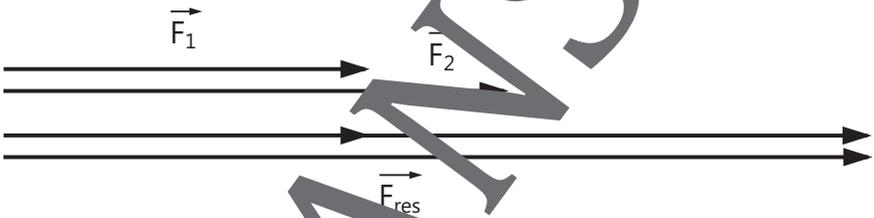
#### Definition

Wenn zwei oder mehr Kräfte im gleichen Punkt angreifen, dann hat diese **Ersatzkraft** (**resultierende Kraft**) als Einzelkraft die gleiche Wirkung wie die Kräfte zusammen.

**Anmerkung:** Die Ersatzkraft bezeichnet man als  $\vec{F}_{\text{res}}$  oder, falls die Einzelkräfte  $\vec{F}_1$  und  $\vec{F}_2$  sind, als  $\vec{F}_{12}$ . Man findet die Ersatzkraft, indem man den Anfangspunkt der einen Kraft an die Spitze der anderen setzt.

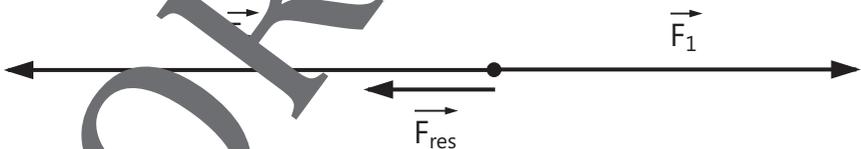
#### Fall 1

Zwei Kräfte  $\vec{F}_1$  und  $\vec{F}_2$  greifen am selben Punkt in gleicher Richtung an:



#### Fall 2

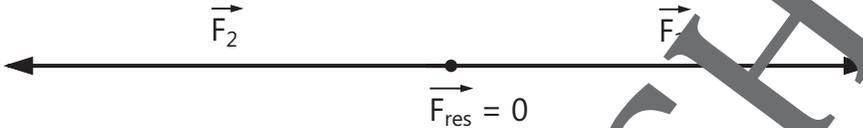
Zwei Kräfte  $\vec{F}_1$  und  $\vec{F}_2$  greifen am selben Punkt in entgegengesetzter Richtung an:



Grafiken: Dr. W. Zettlmeier

**Fall 3**

Wenn zwei Kräfte  $\vec{F}_1$  und  $\vec{F}_2$  sich neutralisieren (kompensieren), spricht man von einem Kräftegleichgewicht von  $\vec{F}_1$  und  $\vec{F}_2$ . Es gilt dann:  $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$  oder  $\vec{F}_{\text{res}} = \vec{0}$ .



Grafik: Dr. W. Zettlmeier

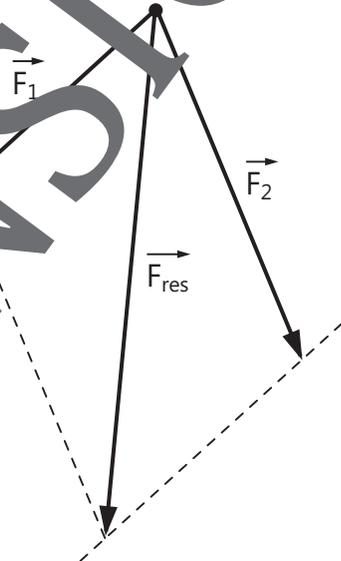
**Fall 4**

Zwei Kräfte  $\vec{F}_1$  und  $\vec{F}_2$  greifen am selben Punkt an. Ihre Richtungen bilden einen von  $0^\circ$  und  $180^\circ$  verschiedenen Winkel:

Hier kann man folgendermaßen vorgehen:

Man zeichnet durch die Spitze von  $\vec{F}_1$  eine Parallele zu  $\vec{F}_2$  und umgekehrt durch die Spitze von  $\vec{F}_2$  die Parallele zu  $\vec{F}_1$ . Die Ersatzkraft  $\vec{F}_{\text{res}}$  geht vom gemeinsamen Ursprungspunkt der Einzelkräfte zum Schnittpunkt der Parallelen.

Anmerkung: Die entstehende Figur heißt Kräfteparallelogramm.



Grafik: Dr. W. Zettlmeier

**Merke**

In jedem Fall gilt (definitionsgemäß):  $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{F}_{\text{res}}$ .

## M2 Die Zerlegung einer Kraft in zwei Teilkräfte

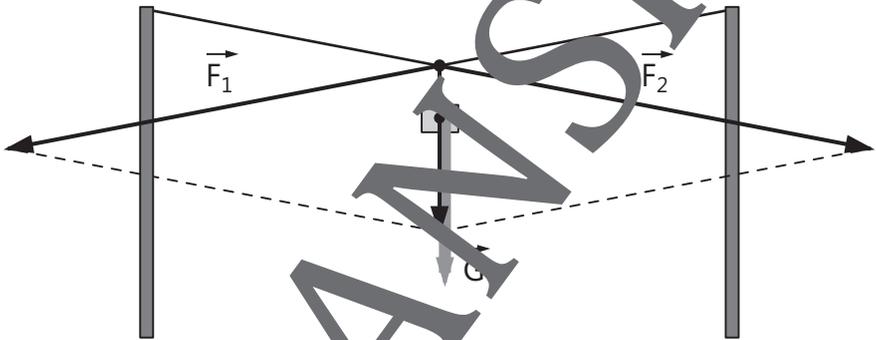
### 1. Beispiel: Lampe über einer Straße

Gesucht sind die Zugkräfte  $\vec{F}_1$  und  $\vec{F}_2$  in den beiden Seilen.

#### Vorgehensweise:

Man verschiebt den Anfangspunkt der Gewichtskraft in den Aufhängepunkt der Lampe. Dann zeichnet man durch die Spitze von  $\vec{G}$  die Parallelen zu den (gespannten) Seilen. Wo sich diese Parallelen mit den Verlängerungen der (gespannten) Seilstücke schneiden, sind die Spitzen der gesuchten Zugkräfte.

1



© RAABE 2020

Grafik: Dr. W. Zettlmeier



#### Tipp

Legt man einen geeigneten Maßstab fest, z. B.  $1 \text{ cm} \hat{=} 100 \text{ N}$ , kann man die Beträge der Kraftpitze bestimmen. Hierzu misst man die Länge des jeweiligen Kraftpfeils mit einem Lineal und rechnet mithilfe des Maßstabs um.

<sup>1</sup> vgl. Anmerkungen zu den Abbildungen unter „Überblick“

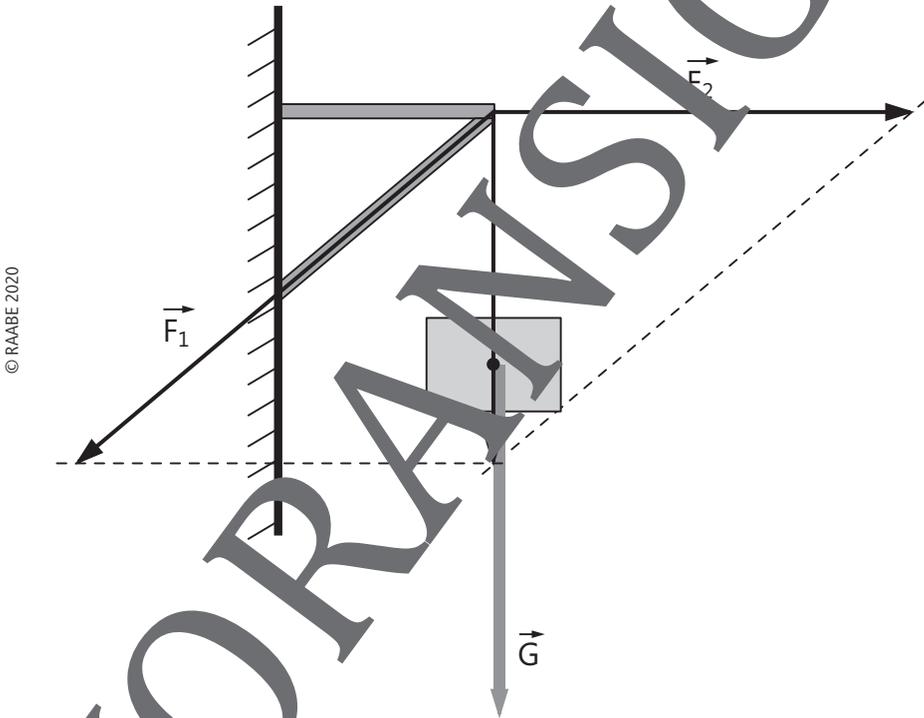
## 2. Beispiel: Schild an einer Wand

Konstruiere die Kräfte (als Pfeile), die in den Streben wirken.

### Vorgehensweise:

Man verschiebt den Anfangspunkt der Gewichtskraft in den Aufhängepunkt des Schildes. Dann zeichnet man durch die Spitze von  $\vec{G}$  die Parallelen zu den Streben. Wo sich diese Parallelen mit den Verlängerungen der Streben schneiden, sind die Spitzen der gesuchten Kräfte.

2

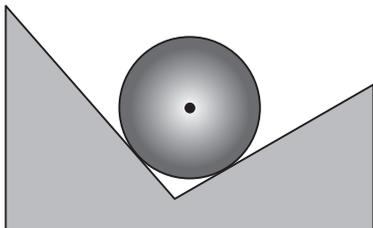


© RAABE 2020

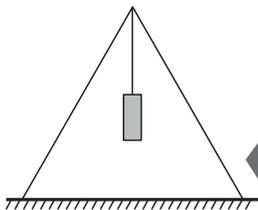
Gepr. Dr. Wilfried Meier

zurück zu den Abbildungen unter „Überblick“

3. Eine Stahlkugel der Gewichtskraft  $30,0\text{ N}$  liegt auf einer Schiene mit dem abgebildeten Profil. Bestimme durch eine entsprechende Konstruktion die Beträge der Druckkräfte auf die Schiene in den Berührungspunkten.

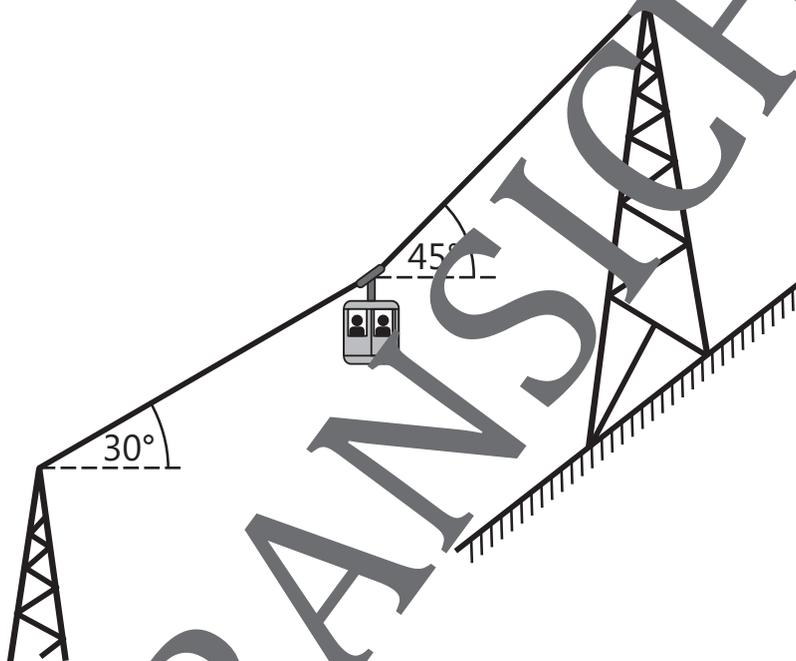


4. Eine Last ( $500\text{ N}$ ) hängt an zwei gleich langen Stützen, die einen Winkel von  $60^\circ$  miteinander bilden (siehe Abbildung). Bestimme durch Konstruktion die Beträge der Druckkräfte in den Stützen.



Grafiken: Dr. W. Zettlmeier

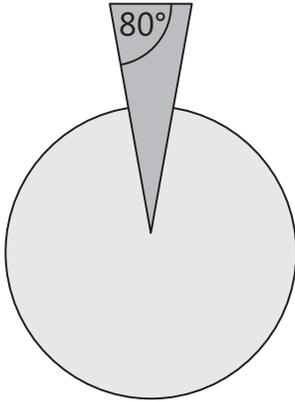
6. Eine Gondel hängt wie abgebildet an einem Tragseil zwischen zwei Stützen. Konstruiere die Kräfte in den beiden Tragseilstücken und bestimme ihre Beträge, wenn die Gondel samt Insassen eine Masse von 380 kg hat. Gib auch die Art der Kräfte an, welche in den beiden Tragseilstücken wirken.



© RAABE 2020

Grafik: Dr. W. Zühlmeier

7. Ein Baumstamm soll mit einem Keil, dessen Querschnitt die Form eines gleichschenkligen Dreiecks hat (siehe Abbildung), gespalten werden. Bestimme die Kräfte, welche dabei der Keil auf den Stamm ausübt, wenn man von oben mit einer Kraft von 8,5 kN auf den Keil schlägt.

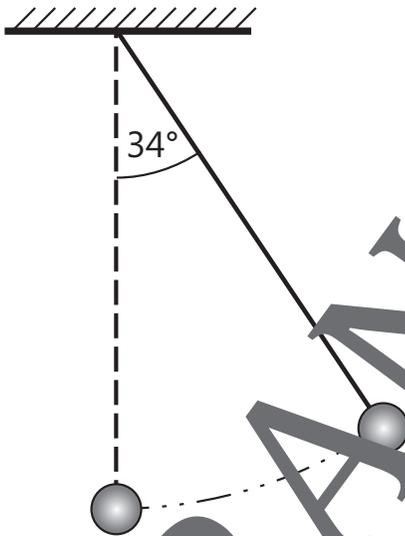


8. Ein Mann zieht, wie abgebildet, an einem Leiterwagen mit einer Kraft von 450 N. Konstruiere die Kraft, welche den Leiterwagen nach vorne zieht, und lies ihren Betrag ab. Was bewirkt die andere Kraftkomponente, welche bei dieser Kräftezerlegung entsteht? Lies auch ihren Betrag ab.



Illustrationen: Dr. v. Zettlmeier

9. Ein Pendelkörper der Masse  $2,0\text{ kg}$  hängt an einem Faden (siehe Skizze) und wird um  $\alpha = 34^\circ$  ausgelenkt. Wenn er losgelassen wird, setzt er sich beschleunigend in Bewegung.  
In welche Richtung wirkt diese beschleunigende Kraft?  
Konstruiere sie und lies ihren Betrag ab.  
Was bewirkt die andere Kraftkomponente, welche bei dieser Kräftezerlegung entsteht? Lies auch ihren Betrag ab. Welche (Gegen-)Kraft kompensiert diese Kraftkomponente?



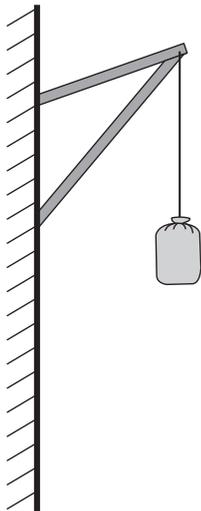
Grafik: Dr. W. Zeitmeier

3. An zwei Streben wird eine Last mit einer Gewichtskraft von 250 N befestigt.

a) Konstruiere (hier auf diesem Blatt) die Kräfte, die in den Streben wirken.

Maßstab:  $1 \text{ cm} \hat{=} 50 \text{ N}$ .

(6 BE)



Grafik: Dr. W. Zettlmeier

b) Bestimme die Beträge der Kräfte in den Streben.

(2 BE)

c) Beschreibe die Richtung der Kräfte in den Streben.

(2 BE)

Gesamt-BE: 31

## Der RAABE Webshop: Schnell, übersichtlich, sicher!



### Wir bieten Ihnen:



Schnelle und intuitive Produktsuche



Übersichtliches Kundenkonto



Komfortable Nutzung über  
Computer, Tablet und Smartphone



Höhere Sicherheit durch  
SSL-Verschlüsselung

**Mehr unter: [www.raabe.de](http://www.raabe.de)**