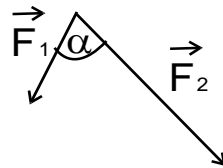


**Hinweis:** Es gibt auch den Mittelstufentext zu Vektoren. Der ist ein Stück einfacher. Wer also besonders viele Probleme hat, sollte vielleicht damit einsteigen.

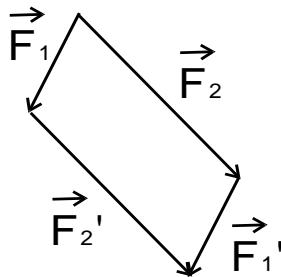
### Kräfte addieren (11.7.21)

Manchmal wird an einem Gegenstand mit zwei Kräften gezogen.  
Beispiel: Zwei Kinder streiten um eine Puppe und jedes Kind zieht so stark wie möglich zu sich selbst hin.

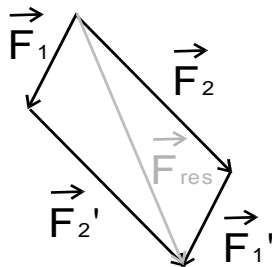
Wenn die Kräfte nicht auf einer Linie liegen, kann man sie nicht einfach ausrechnen. Dann werden Kräfteparallelogramme gezeichnet. Hierzu müssen die beiden Kräfte und der Winkel  $\alpha$  zwischen ihnen bekannt sein.



An die Spitze jedes Kraftpfeils wird dazu der andere Kraftpfeil gezeichnet. Achte dabei darauf, dass gleiche Kraftpfeile immer parallel sind.

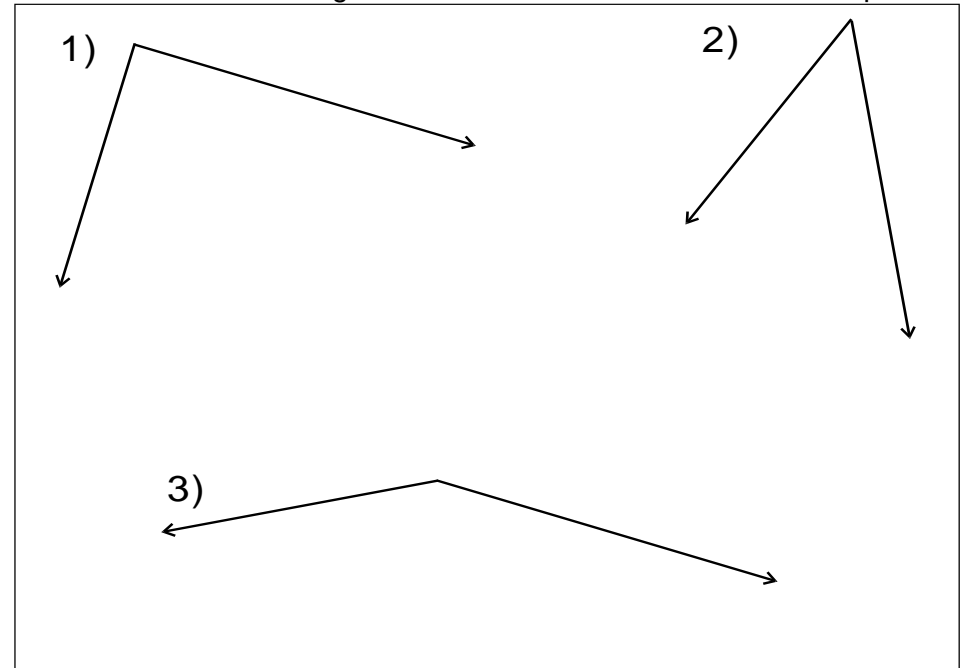


Die gesamte Zugkraft heißt resultierende Kraft. Man schreibt in der Schule meist  $F_{res}$ . Sie ist die Diagonale im Kräfteparallelogramm. Ihre Größe kann man ermitteln, indem man die Länge des entsprechenden Kraftpfeils misst.



### Aufgabe 1:

- Miss die Längen der Kraftpfeile in der Abbildung nach und bestimme die Größe der Kräfte für den Fall dass 0,5cm einer Kraft von 1N entspricht.
- Addiere die folgenden Kraftpfeile und bestimme die resultierende Kraft für den Fall dass eine Länge von einem cm einer Kraft von 1N entspricht.



### Aufgabe 2:

Zeichne Kräfte von  $F_1=1\text{N}$  und  $F_2=0,8\text{N}$  in einem Maßstab bei dem 1N 0,2cm entspricht. Die Winkel zwischen den Kräften sind in den Teilaufgaben angegeben.

Addiere die Kräfte und bestimme jeweils die resultierende Kraft:

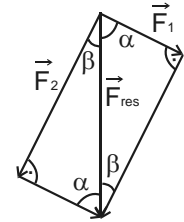
- $\alpha = 40^\circ$
- $\alpha = 50^\circ$
- $\alpha = 140^\circ$

Hinweis: Diese beiden Seiten sind aus der Mittelstufe. Auf der Homepage findest du die beiden Aufgaben und die Lösungen in der entsprechenden Mittelstufendatei.

Allerdings sind die Pfeile in Aufgabe 1 dort in einem anderen Maßstab gezeichnet.

## Kräfte zerlegen: Kräfteparallelogramme zeichnen

In vielen Fällen stehen Kräfte senkrecht aufeinander. Dann sind die Kräfteparallelogramme automatisch Kräfterechtecke. Die Seiten und Winkel können mit Hilfe von Sinus, Cosinus und Tangens ausgerechnet werden. Eine Anleitung dazu findest du in der Hilfsdatei O3. Die resultierende Kraft ist immer die Diagonale im Kräfterechteck.

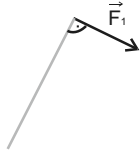


Bei allen Zeichnungen zu beachten:

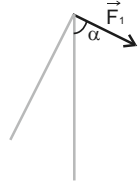
- Es handelt sich um Skizzen. D.h. sie dienen nur dazu, die Situation zu veranschaulichen. Die Länge der Kraftpfeile und Winkel ist meist egal. Aber: Der rechte Winkel muss  $90^\circ$  betragen, weil das im Unterricht eine Grundvoraussetzung ist. Es gibt Ausnahmen. Z.B. die Schwerkraft, die senkrecht nach unten zeigt...
- Wenn du die Länge eines Kraftvektors nicht kennst (graue Linien), zeichne lieber etwas länger, um ein wenig Reserve zu haben.

### Fall 1: $F_1$ und ein Winkel ( $\alpha$ ) sind bekannt.

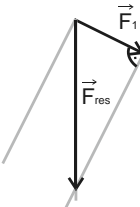
1. Zeichne  $F_1$ .  
Zeichne die Richtung von  $F_2$  senkrecht zu  $F_1$ .



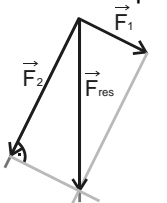
2. Zeichne die Richtung von  $F_{res}$  im Winkel  $\alpha$ .



3. Zeichne die dritte Rechteckseite durch die Spitze von  $F_1$ . Sie verläuft senkrecht zu  $F_1$  und parallel zu  $F_2$ . Dort, wo sich die Gerade von  $F_{res}$  und die dritte Seite schneiden, ist die dritte Ecke des Rechtecks. Zeichne  $F_{res}$ .



4. Zeichne die vierte Rechteckseite durch die Spitze von  $F_{res}$ . Sie verläuft senkrecht zu  $F_2$  und parallel zu  $F_1$ . Zeichne  $F_2$ .

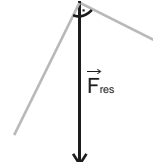


### Fall 2: $F_{res}$ und ein Winkel ( $\alpha$ ) sind bekannt

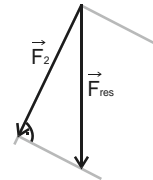
1. Zeichne  $F_{res}$ .  
Zeichne die Richtung von  $F_1$  im Winkel  $\alpha$  zu  $F_{res}$ .



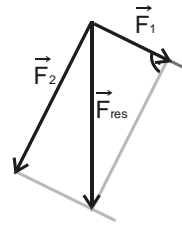
2. Zeichne die Richtung von  $F_2$  senkrecht zu  $F_1$ .



3. Zeichne die dritte Rechteckseite durch die Spitze von  $F_{res}$ . Sie verläuft senkrecht zur Richtung von  $F_2$  und parallel zu  $F_1$ . Zeichne  $F_2$ .

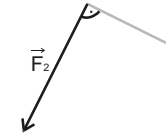


4. Zeichne die vierte Rechteckseite durch die Spitze von  $F_{res}$ . Sie verläuft senkrecht zur Richtung von  $F_1$  und parallel zu  $F_2$ . Zeichne  $F_1$ .



### Fall 3: $F_2$ und ein Winkel ( $\alpha$ ) sind bekannt

Übung zum selbst zeichnen. Die Konstruktion funktioniert nach demselben Prinzip wie in Fall 1. Beginne mit  $F_2$  und der Richtung von  $F_1$  senkrecht zu  $F_2$ .



### Allgemeiner Fall: Vektoren zerlegen

In der Physik können viele Größen mit Vektoren beschrieben werden. Praktisch heißt das: Die Richtung ist wichtig. Beispiele sind (neben Kräften): Geschwindigkeit, Magnetfeld, elektrisches Feld, Strom, .....

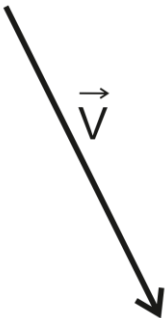
Nicht immer zeigen die Vektoren in die Richtung, die man braucht. Dann muss man den Vektor in eine Komponente in die „gewünschte Richtung“ und eine Komponente zerlegen, die gar nicht in die „gewünschte Richtung“ zeigt. Das heißt, die beiden Komponenten stehen senkrecht aufeinander.

In diesen Fällen muss man den Vektor in die beiden Komponenten zerlegen, um die gesuchte Komponente zu bestimmen. Das heißt: Ein Rechteck zeichnen, in dem der ursprüngliche Vektor die Diagonale ist. Die Länge der Komponenten wird mit Hilfe von Sinus, Cosinus und Tangens am rechtwinkligen Dreieck berechnet.

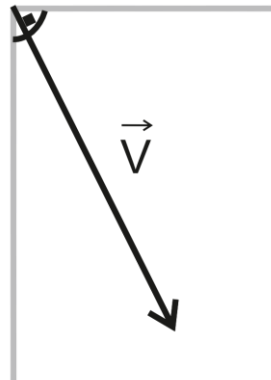
Anleitung an einem Beispiel: Der Vektorpfeil verläuft quer über das Blatt und soll in eine Komponente senkrecht zur linken Blattkante und eine Komponente parallel dazu zerlegt werden.

Wichtig ist dabei nicht die Richtung von  $V$ , da es sich nur um eine Skizze handelt. Für die beiden Komponenten  $V_{\perp}$  und  $V_{\parallel}$  dagegen ist wichtig, dass sie tatsächlich parallel bzw. senkrecht zur Blattkante sind.

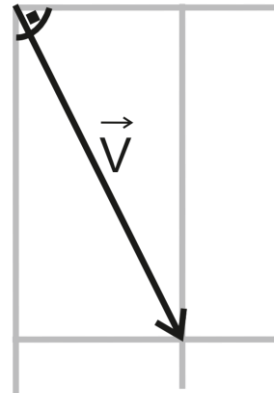
1. Zeichnen Sie den Vektorpfeil



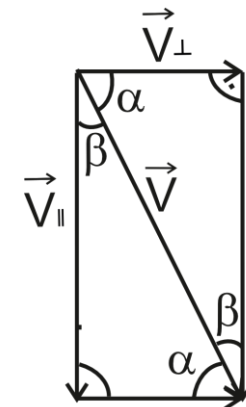
2. Zeichnen Sie am Ende des Vektors zwei Geraden, die parallel und senkrecht zur Blattkante laufen.



3. Ergänzen Sie die Zeichnung zu einem Rechteck, dessen vierte Ecke an der Spitze des Pfeils liegt.



4. Zeichnen Sie Vektorpfeile und Winkel ein.



### **Aufgabe 3:**

Statt des Winkels  $\alpha$  ist  $\beta$  gegeben. Die Konstruktionen funktionieren nach demselben Prinzip wie in den Fällen 1 bis 3.

Skizzieren Sie die Kräfteparallelogramme für die drei Fälle:

1.  $F_1$  und  $\beta$  sind gegeben.
2.  $F_{\text{res}}$  und  $\beta$  sind gegeben.
3.  $F_2$  und  $\beta$  sind gegeben.

Hinweis: Wenn Sie mit dieser Aufgabe Probleme haben, dann können Sie stattdessen Aufgabe 3 machen.

### **Aufgabe 4:**

Zeichnen Sie jeweils mit den Angaben das Kräfteparallelogramm.

Die unbekanntes Kräfte kann man mit Hilfe von Sinus, Cosinus und Tangens berechnen. Berechnen Sie alle Kräfte.

- a)  $F_1 = 5\text{N}$  ;  $\alpha = 30^\circ$
- b)  $F_2 = 5\text{N}$  ;  $\alpha = 30^\circ$
- c)  $F_{\text{res}} = 5\text{N}$  ;  $\alpha = 30^\circ$
- d)  $F_2 = 5\text{N}$  ;  $\beta = 30^\circ$
- e)  $F_{\text{res}} = 5\text{N}$  ;  $\beta = 30^\circ$

Zusatzaufgabe: Manche der Kräfteparallelogramme sind deckungsgleich und die Längen und Winkel sind nur vertauscht. Finden Sie Sie und überlegen Sie, woran man schon der Aufgabenstellung ansieht, dass die Parallelogramme am Ende deckungsgleich sein werden.

### **Aufgabe 5:**

Wenn du dir bei der Konstruktion der Kräfteparallelogramme unsicher bist, dann konstruiere alle Kräfteparallelogramme aus Aufgabe 2. Wähle dafür als Maßstab 1cm für 1N.

Du kannst die Kräfte nachmessen und mit der Lösung von Aufgabe 2 sehen, ob du richtig gezeichnet hast.

### **Lösung Aufgabe 4:**

- a)  $F_{\text{res}} = 5,77\text{N}$  ;  $F_{\text{res}} = 2,89\text{N}$
- b)  $F_{\text{res}} = 10\text{N}$  ;  $F_1 = 8,66\text{N}$
- c)  $F_1 = 4,33\text{N}$  ;  $F_2 = 2,5\text{N}$
- d)  $F_{\text{res}} = 5,77\text{N}$  ;  $F_1 = 2,89\text{N}$
- e)  $F_2 = 4,33\text{N}$  ;  $F_1 = 2,5\text{N}$

(zur Kontrolle von Aufgabe 3: bei Aufgabenteil a) – c) ist  $\beta = 60^\circ$ . Bei Aufgabenteil d und e ist  $\alpha = 60^\circ$ .)

### **Lösung zur Zusatzaufgabe:**

Die Parallelogramme a) und d) sind deckungsgleich.

Die Parallelogramme c) und e) sind deckungsgleich.

Das liegt daran, dass die Kräfte  $F_1$  mit  $F_2$  UND die Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  vertauscht sind.

### Aufgabe 5:

Ein Mensch ist  $s = 2\text{m}$  von einer Zimmerwand entfernt und läuft unter einem Winkel von  $30^\circ$  auf sie zu. Seine Geschwindigkeit beträgt  $0,5\text{m/s}$ . Um auszurechnen, wann er an der Wand ankommt, braucht man die Geschwindigkeit senkrecht zur Wand. Die Formel lautet dann:

$$t = \frac{s}{v_{\perp}}$$

wobei  $v_{\perp}$  die Geschwindigkeitskomponente senkrecht zur Wand ist.

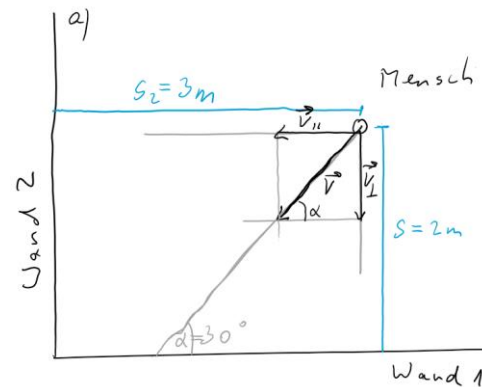
- Zeichnen Sie eine Skizze und zerlegen Sie die Geschwindigkeit in die Komponenten senkrecht und parallel zur Wand.
- Berechnen Sie beide Geschwindigkeitskomponenten. Berechnen Sie, wie lange der Mensch bis zur Wand braucht.
- Jedes Zimmer hat natürlich 4 Wände. Die zweite Wand (senkrecht zur Ersten) ist  $S_2=3\text{m}$  entfernt. Berechnen Sie mit Hilfe der Vektorzerlegung, an welcher Wand der Mensch zuerst ankommt.

### Aufgabe 6:

Eine Spule erzeugt ein homogenes Magnetfeld der Stärke  $B=2\text{T}$ . Quer durch die Spule verläuft ein Draht, in dem ein Strom  $I=0,5\text{A}$  fließt. Der Draht sollte eigentlich senkrecht zum Magnetfeld gespannt sein. Stattdessen beträgt der Winkel zwischen Draht und Magnetfeld nur  $88^\circ$ .

- Zeichnen Sie eine Skizze der Situation mit Magnetfeld, Draht und je einem Vektor für Magnetfeld und Strom. (Hinweis: Hier ist es nicht ratsam, den Winkel von  $88^\circ$  tatsächlich zu zeichnen, weil sonst das Rechteck zu schmal wird. Zeichnen Sie stattdessen einen anderen Winkel, bei dem das Rechteck leichter zu erkennen ist. Dieser Winkel muss bei der Skizze nicht exakt sein. Es geht um das Rechenprinzip.)
- Zerlegen Sie das Magnetfeld in eine Komponente senkrecht zum Strom und eine Komponente parallel zum Strom. Berechnen Sie die Größe der beiden Komponenten.
- Zerlegen Sie statt des Magnetfeldes nun den Strom in die Komponenten senkrecht bzw. parallel zum Magnetfeld.

### Lösung Aufgabe 5:



$$b) \quad v_{\perp} = v \sin \alpha = 0,25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$
$$v_{\parallel} = v \cos \alpha = 0,43 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

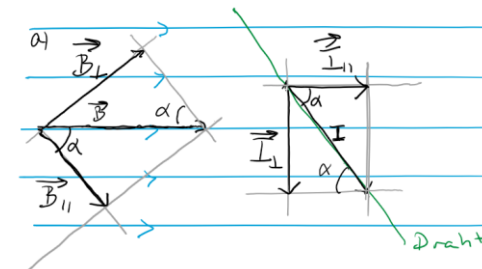
$$t = \frac{s}{v_{\perp}} = 8\text{s}$$

$$c) \quad t = \frac{s_2}{v_{\parallel}} = 6,97\text{s}$$

Der Mensch ist zuerst an Wand 2

Beachten Sie: Die Skizze sagt etwas anderes. Das ist aber hier nicht relevant. Es geht nur darum, das Prinzip aufgezeichnet zu haben, um rechnen zu können.

### Lösung Aufgabe 6:



$$b) \quad B = 2\text{T} \quad I = 0,5\text{A} \quad \alpha = 88^\circ$$

$$B_{\perp} = B \sin \alpha = 1,999\text{T}$$

$$B_{\parallel} = B \cos \alpha = 0,070\text{T}$$

$$d) \quad I_{\perp} = I \sin \alpha = 0,4997\text{T}$$

$$I_{\parallel} = I \cos \alpha = 0,017\text{T}$$