

## Papierflieger\*

Aufgabennummer: B\_020

Technologieeinsatz:

möglich ☒

erforderlich ☐

- a) Für die Flugeigenschaften eines Papierfliegers ist unter anderem der Strömungskoeffizient  $c$  mitbestimmend.

$$c = \frac{F_w}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot A}$$

$c$  ... Strömungskoeffizient

$F_w$  ... Strömungswiderstand

$A$  ... Flächeninhalt der angeströmten Fläche

$v$  ... Strömungsgeschwindigkeit

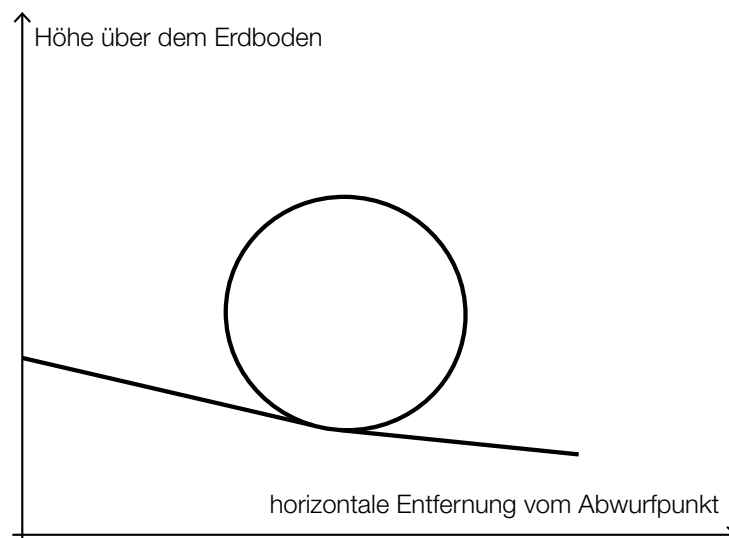
$\rho$  ... Dichte der Luft

- 1) Formen Sie die obige Formel nach  $F_w$  um.

$$F_w = \underline{\hspace{10cm}}$$

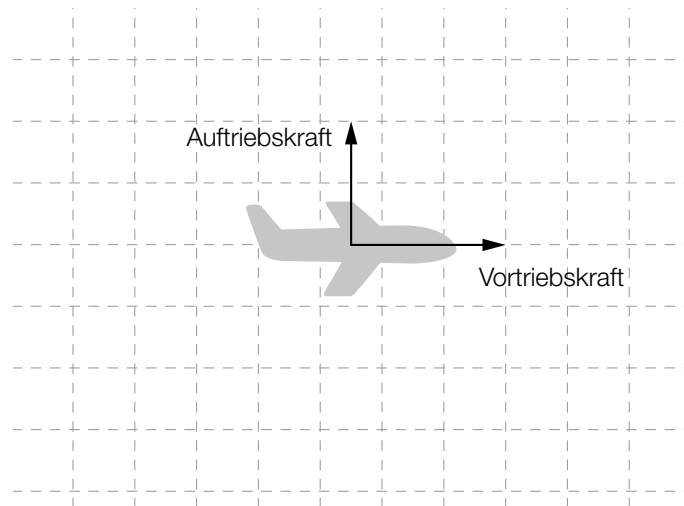
- 2) Beschreiben Sie, wie sich  $F_w$  verändert, wenn  $v$  verdoppelt wird und alle anderen Größen unverändert bleiben.

- b) Im nachstehenden Diagramm ist modellhaft die Flugbahn eines Papierfliegers dargestellt, wenn dieser einen sogenannten Looping fliegt.



- 1) Begründen Sie, warum die dargestellte Flugbahn nicht als Funktionsgraph aufgefasst werden kann.

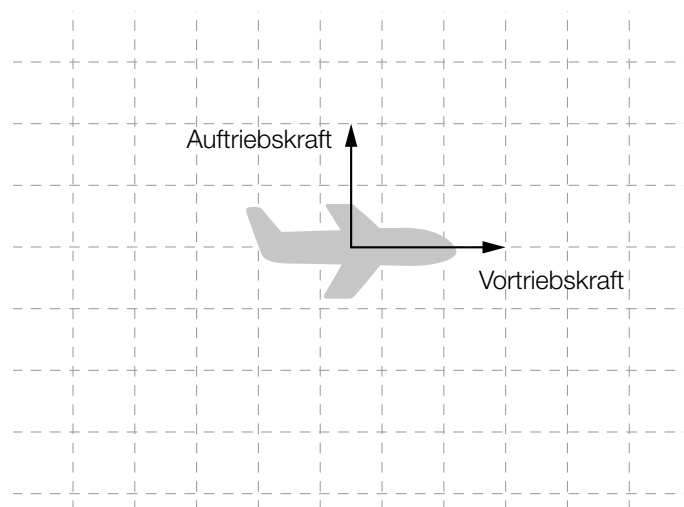
- c) Bei einem angetriebenen Flugzeug wirken unter anderem die Auftriebskraft und die Vortriebskraft ein. In der nachstehenden Abbildung sind die zugehörigen Kraftvektoren als Pfeile dargestellt.



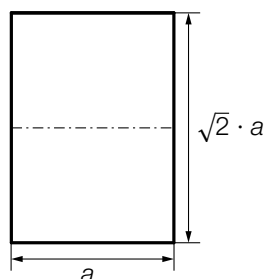
- 1) Zeichnen Sie in der obigen Abbildung die aus Auftriebskraft und Vortriebskraft resultierende Kraft als Pfeil ein.

Bei einem angetriebenen Flugzeug gilt während einer Flugphase:  
Der Strömungswiderstand ist der Gegenvektor zur Vortriebskraft.  
Die Schwerkraft ist der Gegenvektor zur Auftriebskraft.

- 2) Zeichnen Sie in der nachstehenden Abbildung den Vektor für die Schwerkraft und den Vektor für den Strömungswiderstand als Pfeile ein.



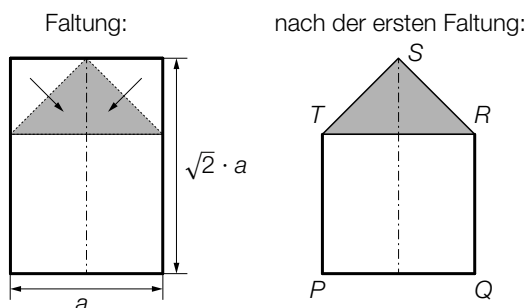
- d) Zum Falten von Papierfliegern wird sehr oft Papier in einem DIN-Format verwendet. Für diese Formate gilt, dass die Seitenlängen im Verhältnis  $1 : \sqrt{2}$  stehen (siehe nachstehende Abbildung).



Ein solches Papier wird entlang der Blattmitte (siehe strichpunktiert eingezeichnete Linie) gefaltet.

- 1) Zeigen Sie, dass die Seitenlängen des dabei entstandenen Rechtecks wieder im Verhältnis  $1 : \sqrt{2}$  stehen.

In der nachstehenden Abbildung ist der erste Faltschritt für einen Papierflieger aus einem Papier in einem DIN-Format dargestellt. (Die eingezeichnete strichpunktierte Linie verläuft entlang der Mitte.)



- 2) Begründen Sie, warum das in der obigen Abbildung grau markierte Dreieck  $RST$  rechtwinkelig ist.

Der Papierflieger soll nach der ersten Faltung bemalt werden.

- 3) Erstellen Sie mithilfe von  $a$  eine Formel zur Berechnung des Flächeninhalts  $A$  des Fünfecks  $PQRST$ .

$A =$  \_\_\_\_\_

Bei Papier im DIN-A4-Format ist die kürzere Seite 210 mm lang.

- 4) Berechnen Sie den Flächeninhalt des Fünfecks  $PQRST$  für ein Papier im DIN-A4-Format in  $\text{cm}^2$ .

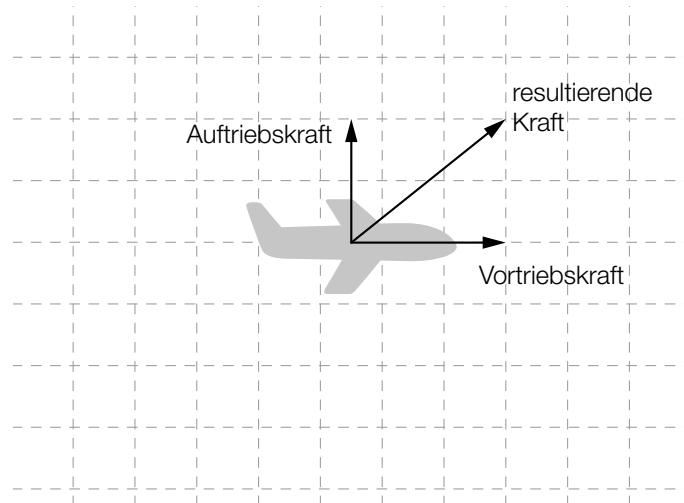
## Möglicher Lösungsweg

a1)  $F_w = \frac{1}{2} \cdot c \cdot \rho \cdot v^2 \cdot A$

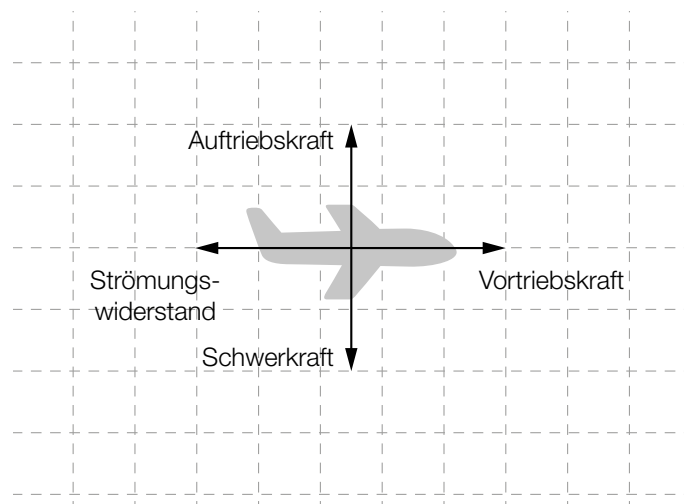
a2) Wird  $v$  verdoppelt, so wird  $F_w$  vervierfacht.

b1) Dies ist keine Funktion, weil man nicht jeder horizontalen Entfernung vom Abwurfpunkt genau eine Höhe über dem Erdboden zuordnen kann.

c1)



c2)



*Sind die Vektoren als Pfeile ausgehend von anderen Anfangspunkten eingezeichnet, so ist dies ebenfalls als richtig zu werten.*

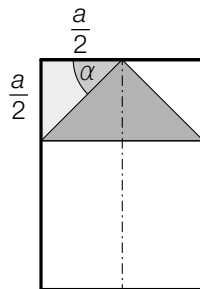
d1) Wird das Papier so wie eingezeichnet gefaltet, so ergibt sich für die Seitenlängen des entstehenden Rechtecks:

längere Seite:  $a$

kürzere Seite:  $\frac{\sqrt{2} \cdot a}{2} = \frac{a}{\sqrt{2}}$

Die beiden Seitenlängen stehen also im Verhältnis  $\frac{a}{\sqrt{2}} : a = 1 : \sqrt{2}$ .

d2)



Da das kleine linke Dreieck (siehe obige Skizze) gleichschenkelig und rechtwinklig ist, gilt für den eingezeichneten Winkel  $\alpha = 45^\circ$ . Dasselbe gilt auch im kongruenten Dreieck rechts, und somit gilt für den Winkel an der Spitze des markierten Dreiecks:  
 $180^\circ - 2 \cdot \alpha = 90^\circ$ .

$$\text{d3)} \quad A = (a \cdot \sqrt{2} \cdot a) - \left(\frac{a}{2}\right)^2 = \sqrt{2} \cdot a^2 - \frac{a^2}{4}$$

$$\text{d4)} \quad A = \sqrt{2} \cdot 21^2 - \frac{21^2}{4} = 513,41 \dots$$

Der Flächeninhalt der zu bemalenden Fläche beträgt rund  $513 \text{ cm}^2$ .

## Lösungsschlüssel

a) 1 × B: für das richtige Umformen der Formel

1 × C: für die richtige Beschreibung

b) 1 × D: für die richtige Begründung

c) 1 × A1: für das richtige Einzeichnen der resultierenden Kraft als Pfeil

1 × A2: für das richtige Einzeichnen der beiden Gegenvektoren als Pfeile

d) 1 × D1: für den richtigen Nachweis

1 × D2: für die richtige Begründung

1 × A: für das richtige Erstellen der Formel zur Berechnung des Flächeninhalts  $A$

1 × B: für die richtige Berechnung des Flächeninhalts in  $\text{cm}^2$