



- f) Es gilt  $\vec{CD} = \vec{BA} = -\vec{c}$ . Damit ist  $\vec{OD} = \vec{OC} - \vec{c} = \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ -2 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} -2 \\ 3 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 \\ 0 \\ -3 \end{pmatrix}$ . Die Koordinaten sind also  $D = (4, 0, -3)$ .

✂ Lösung zu Aufgabe 15.11 ex-gleitschirm-im-wind

- a) 36 km/h entspricht genau 10 m/s. Der Geschwindigkeitsvektor ist also  $\vec{v} = \begin{pmatrix} 10 \\ 0 \\ z \end{pmatrix}$  mit Gleitzahl  $\frac{10}{-z} = 8$  (sinken bedeutet negative Geschwindigkeit in  $z$ -Richtung), also  $z = -1.25$  und damit

$$\vec{v} = \begin{pmatrix} 10 \\ 0 \\ -1.25 \end{pmatrix}$$

- b) 18 km/h Gegenwind entspricht dem Vektor  $\vec{w} = \begin{pmatrix} -5 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ . Die Summe aus Fluggeschwindigkeit gegenüber der Luft und der Windgeschwindigkeit ergeben die effektive Fluggeschwindigkeit über Grund:

$$\vec{v}_{\text{eff}} = \vec{v} + \vec{w} = \begin{pmatrix} 5 \\ 0 \\ -1.25 \end{pmatrix}$$

und damit eine Gleitzahl von  $5/1.25 = 4$ .

- c) Gleitzahl  $15/1.25 = 12$ .

- d) Jetzt ist  $\vec{w} = \begin{pmatrix} 0 \\ 5 \\ 0 \end{pmatrix}$  und damit  $\vec{v}_{\text{eff}} = \vec{v} + \vec{w} \approx \begin{pmatrix} 10 \\ 5 \\ -1.25 \end{pmatrix}$ . Die Geschwindigkeit über Boden ist nun  $\begin{pmatrix} 10 \\ 5 \end{pmatrix}$ , d.h. der Tangens vom Winkel ist  $\frac{5}{10}$ . Der gesuchte Winkel ist also  $\arctan(0.5) \approx 26.57^\circ$

- e) In der  $x/y$ -Ebene zeichnet man einen Kreis  $k$  um den Ursprung mit Radius 10. Das sind die Punkte, die bei Windstille nach 1 s erreicht werden. Diesen Kreis verschiebt man um 5 Einheiten in  $y$ -Richtung (Wind in 1 s) und erhält alle Punkte  $k'$ , wo sich der Gleitschirm mit Seitenwind nach 1 s befinden kann. Der Schnitt  $P$  von  $k'$  mit der  $x$ -Achse ergibt den Endpunkt des effektiven Geschwindigkeitsvektors. Davon subtrahiert man den Windvektor um den Geschwindigkeitsvektor des Gleitschirms gegenüber der Luft zu erhalten.

Für die Berechnung sucht man eine  $x$ -Koordinate so, dass der Schnittpunkt  $P = (x, 0, 0)$  den Abstand 10 vom Punkt  $Q = (0, 5, 0)$  hat. Also

$$\begin{aligned} |\vec{PQ}| &= 10 \\ \sqrt{x^2 + 5^2} &= 10 && |(\cdot)^2 \\ x^2 + 25 &= 100 && | : -25 \\ x^2 &= 75 \\ x &= \pm\sqrt{75} \end{aligned}$$

Damit ist  $\vec{v}_{\text{eff}} = \begin{pmatrix} \sqrt{75} \\ 0 \\ -1.25 \end{pmatrix}$  und daraus findet man  $\vec{v} = \vec{v}_{\text{eff}} - \vec{w} = \begin{pmatrix} \sqrt{75} \\ -5 \\ -1.25 \end{pmatrix}$ .

Alternativ hätte man einen 2-dimensionalen Vektor mit  $y$ -Komponente  $-5$  (Wind kompensieren) und Länge 10 bestimmen können.

Die Gleitzahl ist die Geschwindigkeit über Boden dividiert durch die Vertikalgeschwindigkeit, also

$$\frac{\sqrt{75}}{1.25} \approx 6.928$$