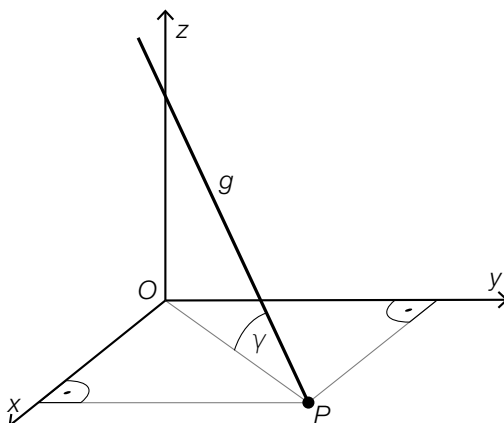


Landung eines Flugzeugs

- a) Ein Flugzeug steuert beim Landeanflug den Punkt $P = (13\,200 | 23\,100 | 0)$ an. Die Flugbahn des Flugzeugs wird näherungsweise durch die Gerade g mit dem Parameter λ beschrieben.
(Alle Angaben in Metern.)

$$g: X = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1\,500 \end{pmatrix} + \lambda \cdot \vec{b}$$

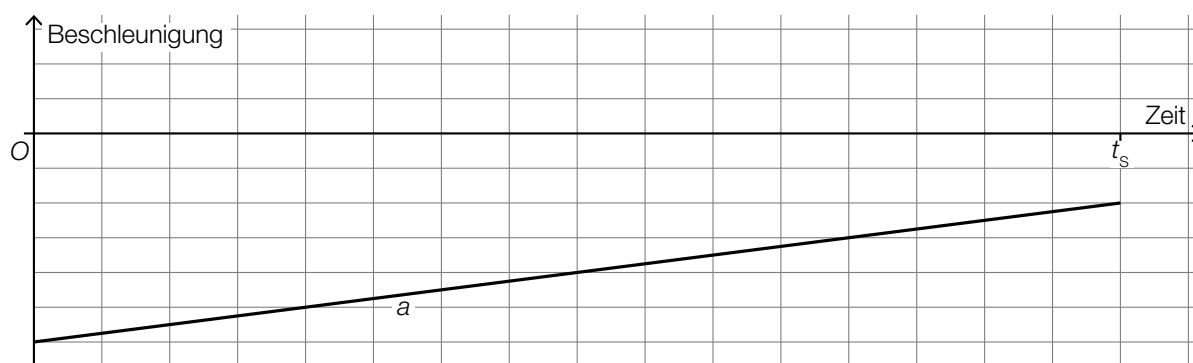
Die nachstehende Abbildung zeigt schematisch den Verlauf dieses Landeanflugs.



- 1) Berechnen Sie einen Richtungsvektor $\vec{b}$. [0/1 P.]
- 2) Berechnen Sie den spitzen Winkel γ . [0/1 P.]

- b) Die (negative) Beschleunigung eines Flugzeugs vom Aufsetzen ($t = 0$) bis zum Stillstand t_s kann modellhaft durch eine lineare Funktion a beschrieben werden (siehe unten stehende Abbildung).

- 1) Zeichnen Sie in der nachstehenden Abbildung den linearen Mittelwert $\bar{a}$ (Integralmittelwert) der Funktion a im Zeitintervall $[0; t_s]$ ein. [0/1 P.]



- c) Beim Starten und Landen eines Flugzeugs ist der sogenannte *Rollwiderstandskoeffizient* von Bedeutung. Der Rollwiderstandskoeffizient hängt unter anderem von der Geschwindigkeit ab. Diese wird in der Einheit *Knoten* angegeben.

Mithilfe von Messwerten wurde die nachstehende lineare Regressionsfunktion c ermittelt.

$$c(v) = 0,00023 \cdot v + 0,01177$$

v ... Geschwindigkeit in Knoten

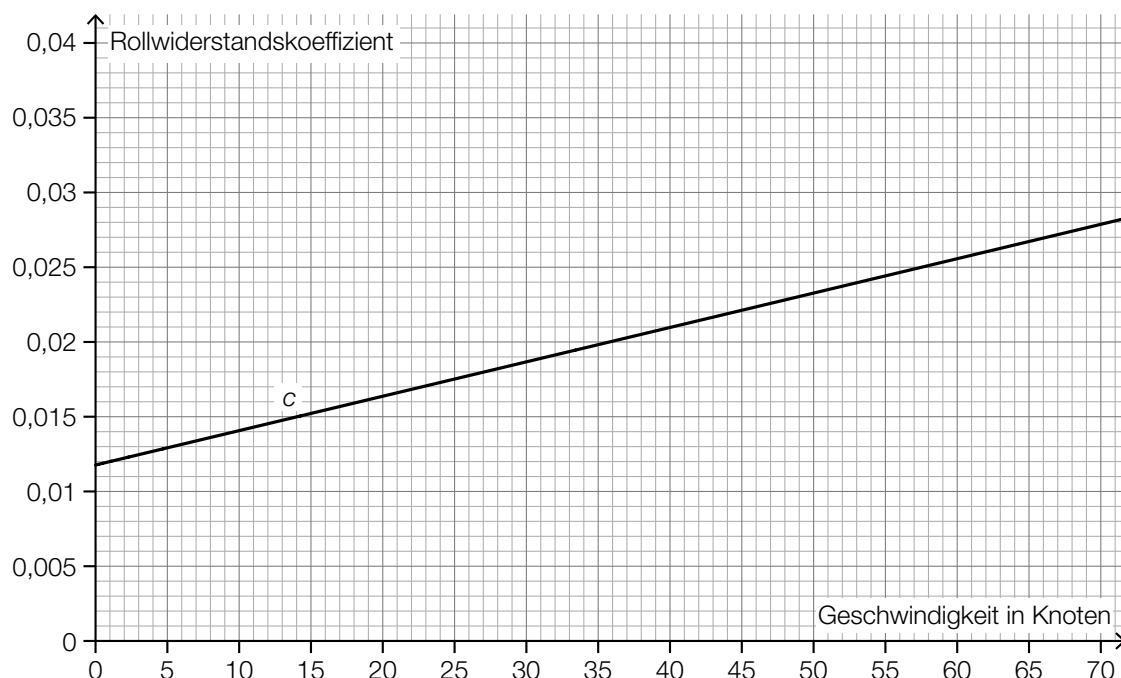
$c(v)$... Rollwiderstandskoeffizient bei der Geschwindigkeit v

- 1) Berechnen Sie, um wie viel Prozent der Rollwiderstandskoeffizient gemäß diesem Modell bei einer Geschwindigkeit von 60 Knoten größer als bei einer Geschwindigkeit von 30 Knoten ist. [0/1 P.]

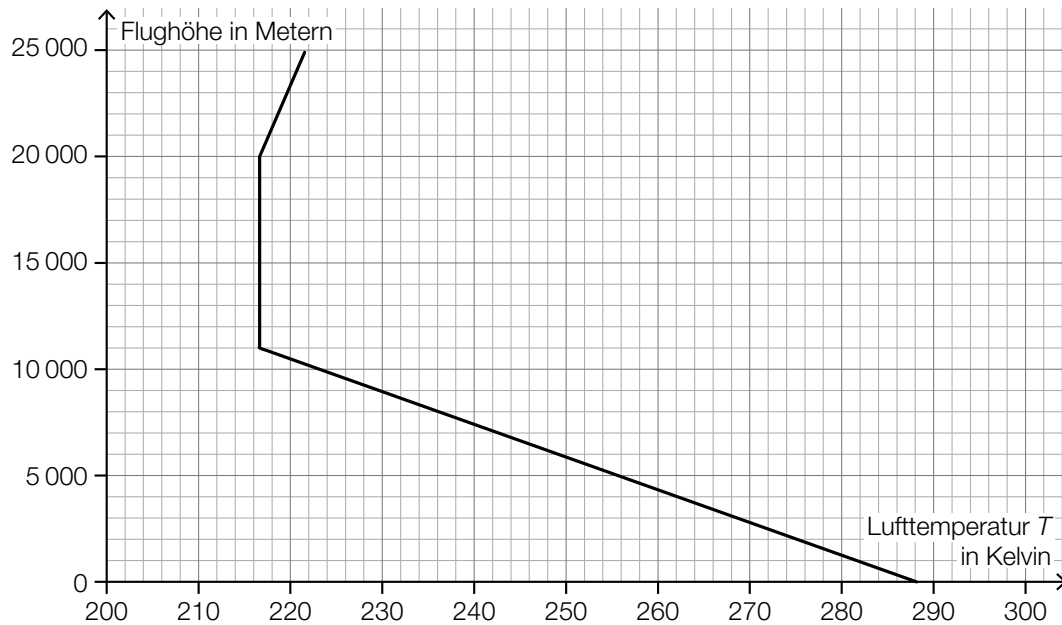
Für den Messwert $M = (40 | y_M)$ gilt:

$$c(40) - y_M = -0,004$$

- 2) Zeichnen Sie in der nachstehenden Abbildung den Punkt M ein. [0/1 P.]



- d) Flugzeuge fliegen in unterschiedlichen Höhen. Der Zusammenhang zwischen der Lufttemperatur T und der Flughöhe ist im nachstehenden Diagramm dargestellt.



Die Turbinen eines Flugzeugs wandeln einen Teil der Energie des Treibstoffs in Bewegungsenergie um. Dieser Anteil kann modellhaft durch den *Carnot-Wirkungsgrad* η beschrieben werden. Für einen bestimmten Turbinentyp gilt:

$$\eta = \frac{1\,230 - T}{1\,230}$$

T ... Lufttemperatur in Kelvin

- 1) Ermitteln Sie mithilfe des obigen Diagramms den Carnot-Wirkungsgrad in einer Flughöhe von 9 km. [0/1 P.]

Möglicher Lösungsweg

Landung eines Flugzeugs

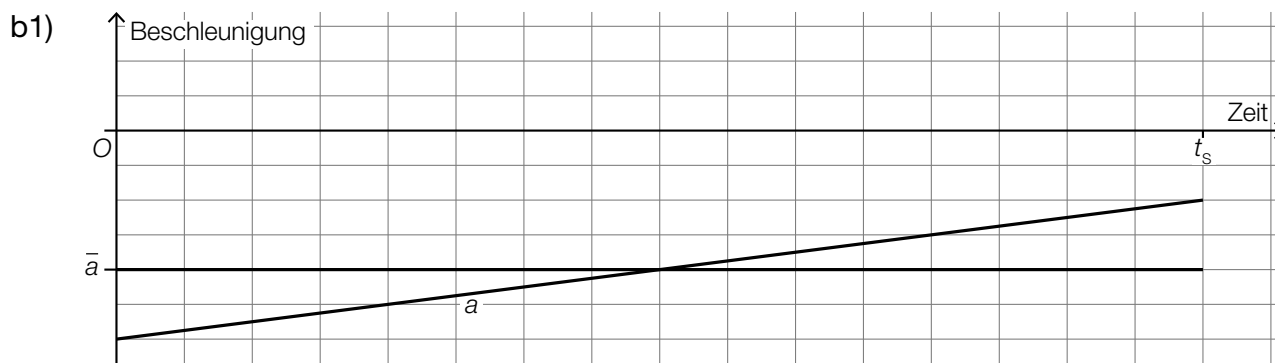
$$\text{a1) } \vec{b} = \begin{pmatrix} 13200 \\ 23100 \\ 0 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1500 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 13200 \\ 23100 \\ -1500 \end{pmatrix}$$

Auch ein Richtungsvektor, der ein Vielfaches des angegebenen Richtungsvektors ist, ist als richtig zu werten.

$$\text{a2) } \gamma = \arccos\left(\frac{\vec{b} \cdot \overrightarrow{OP}}{|\vec{b}| \cdot |\overrightarrow{OP}|}\right) = 3,22\dots^\circ$$

a1) Ein Punkt für das richtige Berechnen des Richtungsvektors $\vec{b}$.

a2) Ein Punkt für das richtige Berechnen des spitzen Winkels γ .



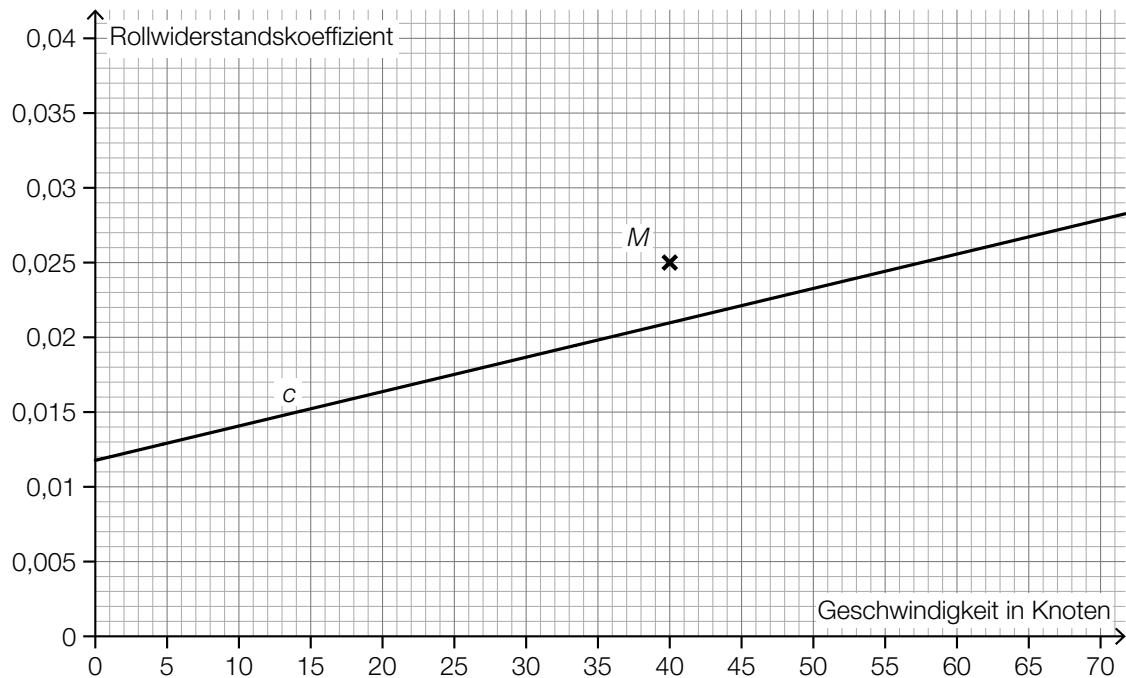
Der Punkt ist auch zu vergeben, wenn der lineare Mittelwert nur auf der senkrechten Achse markiert ist.

b1) Ein Punkt für das richtige Einzeichnen des linearen Mittelwerts $\bar{a}$.

c1) $\frac{c(60) - c(30)}{c(30)} = 0,369...$

Der Rollwiderstand ist bei einer Geschwindigkeit von 60 Knoten um rund 37 % größer als bei einer Geschwindigkeit von 30 Knoten.

c2)



c1) Ein Punkt für das richtige Berechnen des Prozentsatzes.

c2) Ein Punkt für das richtige Einzeichnen des Punktes M.

d1) Ablesen der Lufttemperatur in einer Flughöhe von 9 km: 230 K

$$\eta = \frac{1230 - 230}{1230} = 0,813...$$

Der Carnot-Wirkungsgrad in einer Flughöhe von 9 km beträgt rund 0,81.

d1) Ein Punkt für das richtige Ermitteln des Carnot-Wirkungsgrads.