Lösung 27.3.10.1 (10 Punkte) **Ein Radfahrer ist kein Schwimmer**

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot s}{t} = F \cdot v$$ ✓ ohne Reibung wirkt nur Luftwiderstandskraft

ohne Wind: $F_0 = \frac{1}{2} c_w \rho_{Luft} A \cdot v_0^2$ ✓

mit Gegenwind: $F_G = \frac{1}{2} c_w \rho_{Luft} A \cdot (v_G + v_W)^2$ ✓

mit Rückenwind: $F_o = \frac{1}{2} c_w \rho_{Luft} A \cdot (v_R - v_W)^2$ ✓

da $P_{Rückenwind} = P_{Gegenwind} = P_{ohne\ Wind}$ ✓
folgt $F_R \cdot v_R = F_G \cdot v_G = F_o \cdot v_o$
und mit oben $(v_R - v_w)^2 \cdot v_R = (v_G + v_w)^2 \cdot v_R = (v_o)^3$ ✓ (I)

greift man Rückenwind und Gegenwind aus Gleichung (I) heraus, gilt:

$$v_R^3 - 2v_R^2 v_W + v_W^2 v_R = v_G^3 + 2v_G^2 v_W + v_W^2 v_G$$ ✓

$$v_R^3 - v_G^3 = 2v_G^2 v_W + 2v_R^2 v_W + v_W^2 v_G - v_W^2 v_R$$

$$0 = (v_G^3 - v_R^3) + 2(v_G^2 + v_R^2) v_W + (v_G - v_R) v_W^2$$

$$0 = v_W^2 + 2\frac{(v_G^2 + v_R^2)}{(v_G - v_R)} v_W + \frac{(v_G^3 - v_R^3)}{(v_G - v_R)}$$ ✓

$$v_{W1/2} = -2\frac{(v_G^2 + v_R^2)}{(v_G - v_R)} \pm \sqrt{\frac{(v_G^2 + v_R^2)^2}{(v_G - v_R)^2} - \frac{(v_G^3 - v_R^3)}{(v_G - v_R)}}$$

$$v_{W1/2} = -77,6 + \sqrt{77,6^2 - 2128} = -15,2$$ ✓ (alle Angaben von v in km/h; - bezieht sich auf die Richtung)

$$v_{W1/2} = \underline{\underline{15,2}}$$ (neg. Wurzel entfällt, da $v_W < v_R$)

greift man Rückenwind und ohne Wind aus Gleichung (I) heraus, gilt:

$$v_o = \sqrt[3]{(v_R - v_W)^2 \cdot v_R} = \underline{\underline{24,97 km/h}}$$ ✓

Lösung 27.3.10.2 (10 Punkte) **Wärmetauscher-Wirkung**

Beim Abkühlen auf -15°C muss Wasser kondensieren: ✓

$$\Delta F_{H2O} = 0,6 \cdot F_{25} - F_{-15} = 0,6 \cdot 23,1 \frac{g_{H2O}}{m^3_{Luft}} - 1,4 \frac{g_{H2O}}{m^3_{Luft}} = \underline{0,01246 \frac{kg_{H2O}}{m^3_{Luft}}}$$

Damit laut Annahme Aufgabenstellung betragsmäßig:

$$\Delta Q_{aufgen.} = 0,7 \cdot \Delta Q_{abgeg.}$$ ✓

Erwärmg. Kaltluft = 70% von { Abkühlg. Warmluft + Kondens. Wasserdampf + Abkühlg. Wasser + Erstarrg. Eis +Abkühlg. Eis }

$$m_K c_p (T_{endK} - T_{anfK}) = 0,7 \cdot \{m_W c_p (-T_{endW} + T_{anfW}) + m_{H2O} q_V + m_{H2O} c_{H2O} (-0°C + T_{anfW}) + m_{H2O} q_S + m_{H2O} c_{Eis} (-T_{endW} + 0°C)\}$$ ✓ ✓ ✓ ✓

mit $m = \rho \cdot V$ bzw. $m_{H2O} = \Delta F_{H2O} \cdot V$ und V Luftvolumen in m^3

$$\rho_K c_p (T_{endK} - T_{anfK}) = 0,7 \cdot \{\rho_W c_p (-T_{endW} + T_{anfW}) + \Delta F_{H2O} q_V + \Delta F_{H2O} c_{H2O} (-0°C + T_{anfW}) + \Delta F_{H2O} q_S + \Delta F_{H2O} c_{Eis} (-T_{endW} + 0°C)\}$$ ✓

$$T_{endK} = \frac{0,7 \cdot \{\rho_W c_p(-T_{endW} + T_{anfW}) + \Delta F_{H2O} q_V + \Delta F_{H2O} c_{H2O}(-0°C + T_{anfW}) + \Delta F_{H2O} q_S + \Delta F_{H2O} c_{Eis}(-T_{endW} + 0°C)\} + \rho_K c_p T_{anfK}}{\rho_K c_p}$$

nach Gay-Lussac (p=konst) gilt, dass die Raumluft eine geringere Dichte als die Kaltluft hat:

$V_{25} = V_0 \cdot \frac{T_{25}}{T_0}$ daraus mit V=m/ρ und gleicher Masse $\rho_{25} = \rho_0 \cdot \frac{T_0}{T_{25}} = 1,29 \frac{kg}{m^3} \cdot \frac{273K}{298K} = 1,18 \frac{kg}{m^3} = \rho_W$ ✓

und analog $\rho_{-20} = \rho_0 \cdot \frac{T_0}{T_{-20}} = 1,29 \frac{kg}{m^3} \cdot \frac{273K}{253K} = 1,39 \frac{kg}{m^3} = \rho_K$

außerdem einsetzen: ✓

$T_{anfW} = 298K \quad T_{anfK} = 253K \quad T_{endW} = 258K$

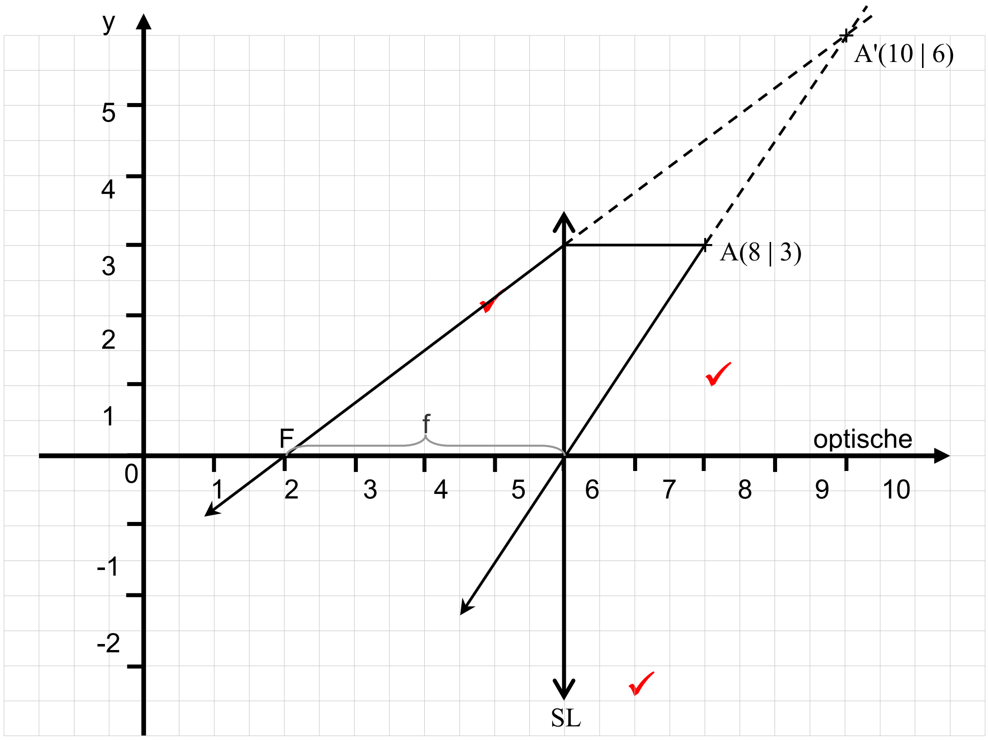
$c_p = 1001 \frac{J}{kgK} \quad c_{H2O} = 4190 \frac{J}{kgK} \quad c_{Eis} = 2090 \frac{J}{kgK} \quad q_V = 2256000 \frac{J}{kgK} \quad q_S = 334000 \frac{J}{kgK}$

Damit:

$T_{endK} = 293,9K \qquad \vartheta_{endK} = \underline{\underline{20,9°C}}$ ✓

<u>Lösung 27.3.10.3 (10 Punkte)</u> **Koordinatenlinse**

a)



Die Brennweite beträgt f = 4cm. ✓ (Eine Berechnung, z. B. mit Strahlensatz, war nicht gefordert.)

b) Für $x_B < 2$ entsteht ein reelles Bild, da g > f ist.

Aus: $\frac{1}{b} = \frac{1}{f} - \frac{1}{g}$ ✓ wird mit $f = 4$ und $g = 6 - x_B$ ✓ schließlich: $\frac{1}{b} = \frac{1}{4} - \frac{1}{6 - x_B} \Rightarrow \underline{b = 4 + \frac{16}{2 - x_B}}$ ✓

Die Bildweite wird ab der Linsenmitte gemessen. Es gilt somit: $\underline{\underline{x_B'}} = 6 + b = \underline{\underline{10 + \frac{16}{2 - x_B}}}$ ✓

Für y_B' ist der Vorzeichenwechsel zu beachten.

Aus: $\frac{y_B'}{y_B} = -\frac{b}{g}$ ✓ wird mit $g = 6 - x_B$ und $b = 4 + \frac{16}{2 - x_B}$ schließlich: $\underline{\underline{y_B'}} = -y_B \cdot \frac{4 + \frac{16}{2 - x_B}}{6 - x_B} = \underline{\underline{\frac{-4y_B}{2 - x_B}}}$ ✓

Ergebnis: $\underline{\underline{B'\left(10 + \frac{16}{2 - x_B} \middle| \frac{-4y_B}{2 - x_B}\right)}}$

Lösung 27.3.10.4 (10 Punkte) **geheimer Widerstand**

a) Reihenschaltung Widerstand - Spule.
Begründung: Der Gesamtinnenwiderstand ist somit sehr groß, wodurch der Stromfluss durch das Messgerät sehr klein ist. Die ist wichtig, da das Voltmeter im normalen Einsatz parallel geschaltet wird und somit nur einen im Vergleich zum Hauptstrom winzig kleinen Messstrom für sich abzweigt.

b) Das Voltmeter wird mit dem Widerstand in Reihe an das Spannungsversorgungsgerät angeschlossen.

Es zeigt eine Spannung an. $U_V = 4V$ Dies ist genau die Spannung, die am Voltmeter anliegt, nicht am Einzelwiderstand, da der Einzelwiderstand quasi wie ein Innenwiderstand zur Spannungsquelle wirkt.

Am Einzelwiderstand liegt die Differenzspannung zur Ausgangsspannung an: $U_W = 12V - 4V = 8V$

Es fließt somit eine Stromstärke von $I = \frac{U_W}{R_W} = \frac{8V}{200000\Omega} = 4{,}0 \cdot 10^{-4}\,A$ durch Widerstand und Voltmeter.

Die Ausgangsspannung bleibt also stabilisiert, da die 1,0A-Grenze nicht erreicht wird.

Der Innenwiderstand des Voltmeters ergibt sich damit zu: $R_V = \frac{U_V}{I_V} = \frac{4V}{4{,}0 \cdot 10^{-4}\,A} = 100k\Omega$

(Der eigentliche Lösungsweg geht "rückwärts": $I = \frac{12V}{100000\Omega + 200000\Omega} = 4{,}0 \cdot 10^{-4}\,A$

$$U_V = 100k\Omega \cdot 4{,}0 \cdot 10^{-4}\,A = 4V$$

$$U_W = 12V - 4V = 8V$$)