PRÜFUNG WÄRMELEHRE II – Lösungen

1. *Im Physikzimmer (4 Punkte)*

   Rechtes Bild (IR-Kamera): Radiator gibt **Wärmestrahlung** ab. (0.5 P)

   Wäre wohl noch stärker, wenn Radiator schwarz. (0.5 P)

   ⇒ Radiator soll nicht zu viel Wärmestrahlung abgeben! Strahlung erhöht v.a. die Temperatur der Gegenstände im Raum, nicht aber die Luft. (0.5 P)

   (Alternativ könnte man auch vermuten, dass der Radiator nur im optischen Wellenlängenbereich weiß erscheint, aber im Infraroten eben schwarz, sodass er sehr gut Wärmestrahlung aussenden kann. Tatsächlich trifft aber die obige Antwort zu.)

   ⇒ Zimmerluft soll durch **Wärmeleitung** erwärmt werden ⇒ Erwärmung der Luft, die am Radiator vorbeiströmt und Luft-**Konvektion** im Zimmer (warme Luft steigt über dem Radiator auf ⇒ **Umwälzung**). (1.5 P)

   Fazit: Radiatoren sind weiss gestrichen, damit die Wärmestrahlung nicht zu dominant und die Wärme v.a. zur Erwärmung der Luft verwendet wird ⇒ Name eigentlich ein bisschen falsch gewählt. (1 P)

2. *Wärmeleitung im Versuch (5 Punkte)*

   (a) Wir berechnen zuerst die Querschnittsfläche des Bügels: (1 P)

   $$A = \frac{\pi d^2}{4} \overset{0.5}{=} \frac{\pi \cdot (0.026\,\mathrm{m})^2}{4} \overset{0.5}{=} 0.000531\,\mathrm{m}^2$$

   Nun können wir direkt die Wärmeleitungsgleichung verwenden und erhalten: (2 P)

   $$J \overset{0.5}{=} \frac{\lambda \cdot A \cdot \Delta\vartheta}{l} \overset{1}{=} \frac{390\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}\cdot{}^\circ\mathrm{C}} \cdot 0.000531\,\mathrm{m}^2 \cdot 45\,^\circ\mathrm{C}}{0.25\,\mathrm{m}} \overset{0.5}{=} 37.3\,\mathrm{W} \simeq \underline{\underline{37\,\mathrm{W}}}$$

   (b) Der Golfstrom transportiert die Wärme mittels **Konvektion**. Dies ermöglicht viel grössere Wärmeströme, da die Wärme nicht via Wärmeleitung weitergegeben werden muss, sondern direkt durch die Verschiebung des Materials an neue Orte gelangt. (1 P)

3. *Proxima Centauri b – ein potenziell lebensfreundlicher Exoplanet? (11 Punkte)*

(a) Distanz zu Proxima Centauri in Metern: (1.5 P)

$$r = 4.247\,\mathrm{LJ} \stackrel{1}{=} 4.247 \cdot 2.998 \cdot 10^8\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot 365.26 \cdot 24 \cdot 3600\,\mathrm{s} \stackrel{0.5}{=} 4.018 \cdot 10^{16}\,\mathrm{m}$$

Aus dem Abstandsgesetz folgt damit: (1.5 P)

$$I = \frac{L}{4\pi r^2} \quad \Leftrightarrow \quad L \stackrel{0.5}{=} I \cdot 4\pi r^2 \stackrel{0.5}{=} 2.37 \cdot 10^{-11}\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2} \cdot 4\pi \cdot (4.018 \cdot 10^{16}\,\mathrm{m})^2$$

$$\stackrel{0.5}{=} 4.808 \cdot 10^{23}\,\mathrm{W} \simeq \underline{\underline{4.81 \cdot 10^{23}\,\mathrm{W}}}$$

(b) Im Spektrum von Proxima Centauri hat die Wellenlänge maximaler Intensität einen Wert von ca. $\lambda_{\mathrm{max}} = 950\,\mathrm{nm}$. (0.5 P)
Damit ergibt sich aus dem Wien'schen Verschiebungsgesetz: (1.5 P)

$$\lambda_{\mathrm{max}} = \frac{2898\,\mu\mathrm{m} \cdot \mathrm{K}}{T} \quad \Rightarrow \quad T = \frac{2898\,\mu\mathrm{m} \cdot \mathrm{K}}{\lambda_{\mathrm{max}}} \stackrel{0.5}{=} \frac{2\,898\,000\,\mathrm{nm} \cdot \mathrm{K}}{950\,\mathrm{nm}}$$

$$\stackrel{0.5}{=} 3050\,\mathrm{K} = 2780\,^\circ\mathrm{C} \stackrel{0.5}{\simeq} \underline{\underline{2800\,^\circ\mathrm{C}}}$$

(c) Zunächst ermitteln wir aus dem Abstandsgesetz die Strahlungsintensität von Proxima Centauri auf Höhe von Proxima Centauri b: (1.5 P)

$$I = \frac{L}{4\pi r^2} \stackrel{1}{=} \frac{4.808 \cdot 10^{23}\,\mathrm{W}}{4\pi \cdot (0.0538 \cdot 1.496 \cdot 10^{11}\,\mathrm{m})^2} \stackrel{0.5}{=} 590.6\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2}$$

Für die Temperatur an der Oberfläche von Proxima Centauri b folgt aus dem Strahlungsgleichgewicht: (3.5 P)

$$\begin{aligned}
& & P_{\mathrm{emit}} &\stackrel{0.5}{=} P_{\mathrm{abs}} && |\,\text{Leistungsformeln einsetzen} \\
&\Rightarrow & A_{\mathrm{emit}} \cdot \sigma \cdot T^4 &\stackrel{0.5}{=} (1-\beta) \cdot S \cdot A_{\mathrm{abs}} && |\,\text{Flächenformeln einsetzen} \\
&\Rightarrow & 4\pi R^2 \cdot \sigma \cdot T^4 &\stackrel{1}{=} (1-\beta) \cdot S \cdot \pi R^2 && |\;:(\pi R^2) \\
&\Leftrightarrow & 4\sigma \cdot T^4 &= (1-\beta) \cdot S && |\;:(4\sigma) \\
&\Leftrightarrow & T^4 &= \frac{(1-\beta) \cdot S}{4\sigma} && |\;\sqrt[4]{\ldots} \\
&\Leftrightarrow & T &\stackrel{0.5}{=} \sqrt[4]{\frac{(1-\beta) \cdot S}{4\sigma}} && |\,\text{Werte einsetzen} \\
& & &= \sqrt[4]{\frac{(1-0.15) \cdot 590.6\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2}}{4 \cdot 5.670 \cdot 10^{-8}\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2 \cdot \mathrm{K}^4}}} \stackrel{0.5}{=} 216.9\,\mathrm{K} \stackrel{0.5}{\simeq} \underline{\underline{-56\,^\circ\mathrm{C}}}
\end{aligned}$$

Mit der alternativen Leuchtkraft von $L = 5.00 \cdot 10^{23}\,\mathrm{W}$ ergeben sich die folgenden Werte:
$I = 614.2\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2}$ und $T = 219.0\,\mathrm{K} \simeq \underline{\underline{-54\,^\circ\mathrm{C}}}$.

(d) Proxima Centauri b könnte sehr wohl eine **Atmosphäre** aufweisen, die aufgrund eines **Treibhauseffektes** für wesentlich höhere Temperaturen an der Oberfläche sorgen würde. (1 P)