

Übungen zur Wärmelehre – Lösungen Serie 1

1. Die Temperaturskala nach Anders Celsius

- (a) Zur Festlegung der Temperaturskala nach Celsius wird einerseits der Umstand benötigt, dass ein gegebener Stoff, bei Celsius ist das Wasser, **Fixpunkte** kennt. D.h., die **Phasenübergänge** stellen sich immer auf denselben Temperaturen ein. In der Celsius-Skala ist 0°C per Definition die Temperatur von Eiswasser (fest+flüssig), währenddem 100°C als Temperatur von siedendem Wasser definiert werden. Wieder verwendet Celsius die **thermische Ausdehnung** von Materialien. Mit der Ausdehnung resp. dem Zusammenziehen des Quecksilbers in seinem Steigrohr können auch andere Temperaturen als diejenige der Fixpunkte gemessen werden.
- (b) Die Fixpunkte von Wasser, aber eigentlich von allen Stoffen, sind vom Druck abhängig. In den Bergen siedet Wasser beispielsweise bereits bei niedrigeren Temperatur, weil dort der Luftdruck geringer ist. Entsprechend muss eben gesagt werden, bei welchem Druck die Festlegung der 0°C - und der 100°C -Marken am Steigrohr erfolgt, sonst könnte man da verschiedene Marken und somit eine andere Temperaturskala erhalten.
- (c) Tatsächlich ist es so, dass der Siedepunkt von Wasser deutlich stärker vom Druck abhängt als der Schmelzpunkt (was sich durch entsprechende Internet-Recherche herausfinden lässt, also nicht im Skript steht).
Das bedeutet, der Siedepunkt von Wasser liegt auf 2000 m.ü.M. ein paar $^\circ\text{C}$ tiefer, währenddem der Schmelzpunkt praktisch immer noch unverändert ist. Würde man auf dieser Höhe ein Steigrohr neu eichen, so lägen alle darauf angegebenen Temperaturen oberhalb von 0°C etwas zu tief, weil bereits die 100°C -Marke zu tief angebracht wird. Umgekehrt würde man bei Minustemperaturen etwas zu hohe Werte ablesen.

2. Umrechnungen zwischen Temperaturskalen

- (a) Für die Celsius-Sprungtemperatur von **Yttrium-Barium-Kupferoxid** ergibt sich:

$$\vartheta = \left(\frac{T}{\text{K}} - 273.15 \right) ^\circ\text{C} = \left(\frac{92\text{K}}{\text{K}} - 273.15 \right) ^\circ\text{C} = -181.15^\circ\text{C} \simeq \underline{\underline{-181^\circ\text{C}}}$$

Diese Temperatur liegt höher als die Siedetemperatur von flüssigem Stickstoff. Also lässt sich die Sprungtemperatur von Yttrium-Barium-Kupferoxid unter Verwendung von flüssigem Stickstoff, der sich relativ leicht herstellen lässt erreichen.

- (b) Für die absolute Temperatur der Photosphäre erhalten wir:

$$\vartheta = \left(\frac{\vartheta}{^\circ\text{C}} + 273.15 \right) \text{K} = \left(\frac{5500^\circ\text{C}}{^\circ\text{C}} + 273.15 \right) \text{K} = 5773.15\text{K} \simeq \underline{\underline{5800\text{K}}}$$

- (c) Temperaturunterschiede sind bezüglich der Zahlenwerte in beiden Skalen identisch. Es gilt also:

$$\frac{\Delta\vartheta}{^\circ\text{C}} = \frac{\Delta T}{\text{K}} \quad \Leftrightarrow \quad \Delta\vartheta = \frac{\Delta T}{\text{K}} ^\circ\text{C} = \frac{396\text{K}}{\text{K}} ^\circ\text{C} = \underline{\underline{396^\circ\text{C}}}$$

- (d) Der Temperaturwert ist so riesig, dass die Subtraktion der Umrechnungszahl 273.15 keine Rolle mehr spielt. Sie geht hinter den signifikanten Ziffern unter.

3. "A Day's Wait" – Temperaturskalen in der Literatur

- (a) In Amerika ist die Temperaturskala nach **Fahrenheit**, also nach **Daniel Gabriel Fahrenheit** (1686 – 1736), auch heute noch offiziell gebräuchlich. Auch in Grossbritannien findet sie, allerdings zunehmend weniger, Anwendung.

Auch Fahrenheit bediente sich bei der Festlegung seiner Skala Temperatur-Fixpunkten. Diese waren aber aus heutiger Sicht definitiv weniger geschickt gewählt als diejenigen von Celsius. Ich zitiere aus dem Wikipedia-Artikel "Grad Fahrenheit" (Abruf: 29.8.22):

Fahrenheit entwickelte seine Temperaturskala nach einem Besuch bei dem dänischen Astronomen Ole Rømer in Kopenhagen. Rømer war der Erste, der ein Thermometer entwickelte, das mit Hilfe zweier Fixpunkte kalibriert wurde. In der Rømer-Skala liegt der Gefrierpunkt des Wassers bei ca. $7.5^{\circ}\text{R}_{\emptyset}$, der Siedepunkt bei $60^{\circ}\text{R}_{\emptyset}$ und die durchschnittliche Körpertemperatur eines Menschen bei ca. $26.9^{\circ}\text{R}_{\emptyset}$.

"Fahrenheit verwendete demgegenüber als Nullpunkt seiner Skala die tiefste Temperatur, die er mit einer Mischung aus Eis, Wasser und Salmiak (= Ammoniumchlorid) oder Seesalz (Kältemischung) erzeugen konnte: -17.8°C , welche 0°F entsprechen. Dadurch wollte er in seiner Skala negative Werte vermeiden, wie sie bei der Rømer-Skala bei Temperaturen unter -14.3°C auftreten.

Als zweiten und dritten Fixpunkt legte Fahrenheit 1714 den Gefrierpunkt des reinen Wassers (Eispunkt) bei 32°F und die Körpertemperatur eines "gesunden Menschen" bei 96°F fest. Allerdings entsprechen 96°F rund 35.6°C ; dieser Wert liegt, verglichen mit heute üblichen Messmethoden, unterhalb des menschlichen Normaltemperaturbereichs."

- (b) Aufgrund der Unsicherheiten der von Fahrenheit gewählten Fixpunkte wurde die Fahrenheit-Skala später nochmals neu definiert, sodass sich heute exakte Umrechnungen zwischen dem Temperaturwert ϑ in $^{\circ}\text{C}$ und dem Wert t_{F} in $^{\circ}\text{F}$ angeben lassen:

$$t_{\text{F}} = \left(\frac{\vartheta}{^{\circ}\text{C}} \cdot \frac{9}{5} + 32 \right)^{\circ}\text{F} \quad \text{und} \quad \vartheta = \left(\frac{t_{\text{F}}}{^{\circ}\text{F}} - 32 \right) \cdot \frac{5}{9}^{\circ}\text{C}$$

Für die 102°F Körpertemperatur, die beim Jungen im Text offenbar gemessen wurden, erhalten wir somit in der Celsius-Skala:

$$\vartheta = \left(\frac{102^{\circ}\text{F}}{^{\circ}\text{F}} - 32 \right) \cdot \frac{5}{9}^{\circ}\text{C} = 70 \cdot \frac{5}{9}^{\circ}\text{C} \approx 38.9^{\circ}\text{C}$$

Das ist schon Fieber, aber sicher nicht lebensgefährlich. . .