
Wärme- und Stoffübertragung I

Beispiel Fieberthermometer

Prof. Dr. -Ing. Reinhold Kneer
Dr. -Ing. Dr. rer. pol. Wilko Rohlf

- Fieberthermometer

- Anwendungsbeispiel für Objekte mit sehr hoher Wärmeleitfähigkeit → Vorgehensweise



[1] sciencing.com/different-parts-of-a-mercury-thermometer-12073649.html

Wie funktioniert ein Flüssigkeits-Thermometer



[1]

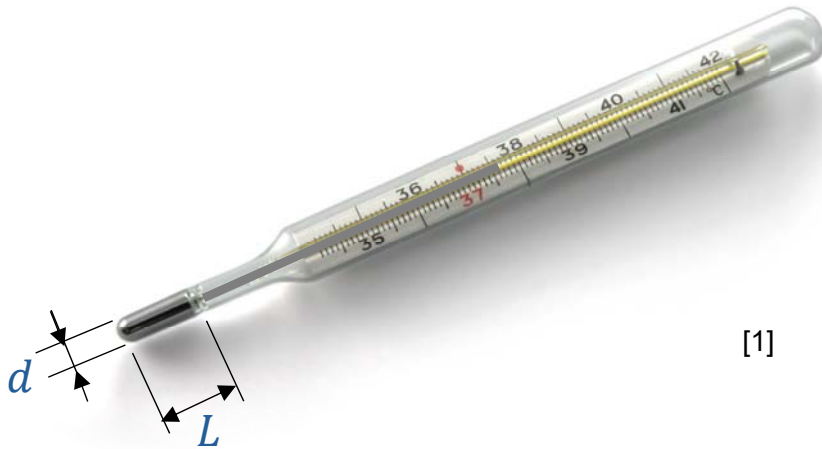
Durch Kontakt mit dem zu messenden Objekt wird die Spitze erwärmt.

Hier ist ein Quecksilber-Thermometer gezeigt
(heute nicht mehr gebräuchlich)

Prinzip: lineare Volumenausdehnung der
Flüssigkeit mit der Temperatur

[1] sciencing.com/different-parts-of-a-mercury-thermometer-12073649.html

Aufgabe



[1]

Gegebene Größen

$$\begin{aligned} L &= 30 \times 10^{-3} \text{ m} & d &= 4 \times 10^{-3} \text{ m} \\ T_0 &= 20^\circ \text{C} \\ c_{Hg} &= 140 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \\ \rho_{Hg} &= 14 \times 10^3 \text{ kg}/\text{m}^3 \\ \lambda_{Hg} &= 9 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K}) \end{aligned}$$

Aufgabenstellung

Kind misst seine Körpertemperatur zu zwei verschiedenen Zeitpunkten:

$$\begin{aligned} t_1 &= 40 \text{ s} & T_1 &= 34^\circ \text{C} \\ t_2 &= 100 \text{ s} & T_2 &= 39^\circ \text{C} \end{aligned}$$

- Wie hoch ist das Fieber?
- Wie groß ist der Wärmeübergangskoeffizient α ?
- Wie lange muss gemessen werden, um der Temperatur auf 0.1K genau zu bestimmen?
- Stimmen die Annahmen der Rechnung?

[1] sciencing.com/different-parts-of-a-mercury-thermometer-12073649.html

Rechnen

a) Wie hoch ist das Fieber?

Noch unbekannt:

- Parameter m
- „Fieber-Temperatur“ T_u

Im Prinzip rechenbar, erfordert Iteration

⇒ einfach mit gutem Schätzwert
Starten: $T_u = 40^\circ\text{C}$



<https://fieberthermometer-online.de/fieberthermometer-fuer-ihr-kind/>

$$\left\{ \ln \frac{T_u - T_2}{T_u - T_0} = -m t_2 \quad (2) \right.$$

Einsetzen 0.4 0.402 passt

$$m = -\frac{1}{t_1} \ln \frac{T_u - T_1}{T_u - T_0} \approx 0,03$$

Rechnen

b) Wie groß ist α ?

Körper mit „hoher“ Wärmeleitfähigkeit

$$m = \frac{\alpha A}{\rho c_p V} \approx 0,03$$

$$\text{mit } A = \pi d L; V = \frac{\pi d^2 L}{4} \Rightarrow \frac{A}{V} = \frac{4}{d}$$

$$\alpha = \frac{m \rho c_p d}{4} = 58,8 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

$$Bi \ll 1 ?$$

$$Bi = \frac{\alpha \cdot d/2}{\lambda_{Hg}} = 0,013 \ll 1 \quad \checkmark$$

d) Stimmen die Annahmen der Rechnung?

Rechnen

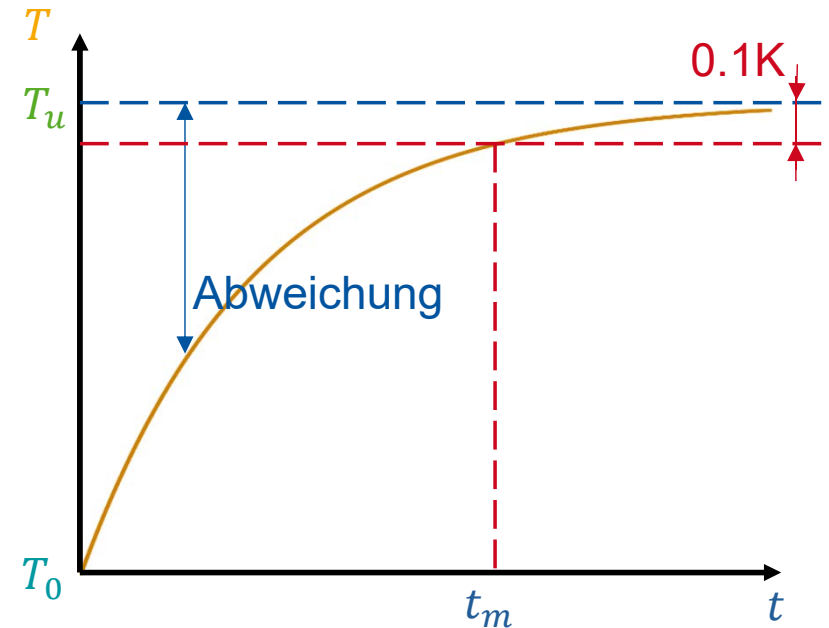
c) Wie lange muss gemessen werden, um der Temperatur auf 0.1K genau zu bestimmen?

Körper mit „hoher“ Wärmeleitfähigkeit

Meßzeit t_m für Genauigkeit 0,1K

$$t_m = -\frac{1}{m} \ln \frac{T_u - T}{T_u - T_0}$$

$$t_m = -\frac{1}{0,03} \ln \frac{0,1}{40-20} = 176,6s$$



Verständnisfragen

Aus Sicherheitsgründen werden Quecksilber-Thermometer im Handel nicht mehr angeboten.

Auch Thermometer mit Alkoholfüllung sind kaum noch gebräuchlich.

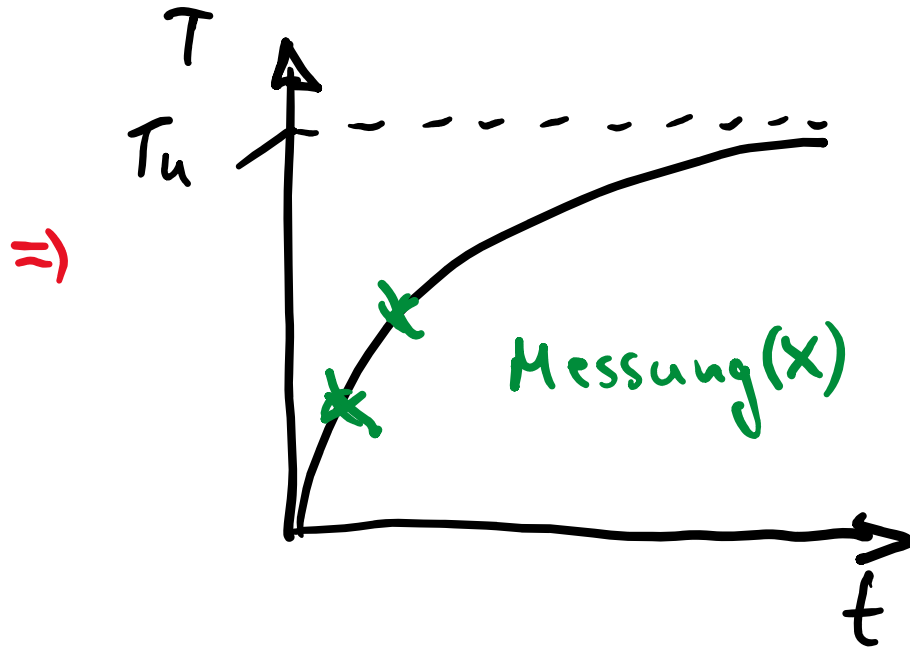
Weshalb? Welche Nachteile weisen diese Meßgeräte auf?

Die derzeit eingesetzten Standardgeräte sind digitale Thermometer. Wie wird damit die Körpertemperatur bestimmt?

Ich bringe die Auflösung nach ca. 15 sec auf der nächsten Folie (falls Sie selbst zuerst nachdenken möchten, stoppen sie das Video zuvor)

Auflösung Frage

Digitales Gerät:



ist im Gerät auf Chip gespeichert.

bei unbekanntem m und $T_u \Rightarrow 2$ Messungen und T_u kann über Auswertung der gespeich. Funktion berechnet werden