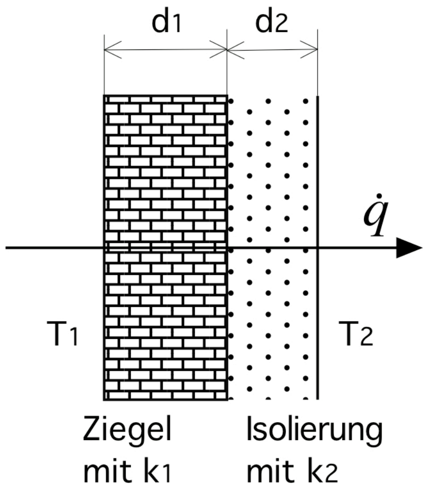
5. Übung am 21. 1. 2019

5.1 Wärmeleitung in einem Stab:
Ein Messingstab der Länge L_1 und Querschnitt A ist mit einem Stahlstab der Länge L_2 mit gleichem Querschnitt verbunden. Das freie Ende des Messingstabes wird auf einer konstanten Temperatur T_1, jenes des Stahlstabes auf der konstanten Temperatur T_2 gehalten. Die Wärmeverluste an die Umgebung sollen vernachlässigt werden. Berechnen Sie unter dieser Voraussetzung die Wärmestromdichte $\dot{Q}/A$ (Wärmemenge, welche pro Sekunde und m^2 fließt) im Stab sowie die Temperatur, die sich an den Berührungsflächen der beiden Teile einstellt.
Rechnen Sie zunächst allgemein und dann für:
$L_1 = 20$ cm; $L_2 = 12$ cm; $T_1 = 120$ ºC; $T_2 = 30$ ºC,
$\lambda_{Messing} = 397{,}5\ JK^{-1}m^{-1}s^{-1}$; $\lambda_{Stahl} = 58{,}6\ JK^{-1}m^{-1}s^{-1}$ **(2 Pkt)**

5.2 Ziegelwand mit Isolierung:
Gegeben ist eine ebene Ziegelwand der Dicke d_1 und k-Wert k_1, die mit einer Isolierung der Stärke d_2 und k-Wert k_2 bedeckt ist. Der k-Wert ist gegeben durch $k = \lambda / d$ mit λ als Wärmeleitfähigkeit. Man kann annehmen, dass konvektionsbedingt die Temperatur an der Innen- und Außenseite jeweils gleichmäßig ist. Des weiteren, dass ein Gleichgewicht herrscht, sodass T_1 und T_2 als konstant angenommen werden können, wobei im vorliegenden Fall $T_1 > T_2$ sein soll. Berechnen sie die Wärmestromdichte $\dot{q}$.
(2 Pkte)



5.3 Heizungsrohr:
Seitdem sie ihr Physikstudium aufgenommen haben besuchen sie zum 1. Mal ihren Onkel. Er will sogleich ihre fachkundige Meinung zu seinem Heizungssystem im Keller einholen. Er möchte wissen ob die offen daliegende reine Kupferverrohrung für den Transport des Warmwassers Energieverschwendung ist und ob er eine Isolierung anbringen muss.
a) Leiten sie zunächst die Gleichung für den Wärmestrom und somit Wärmeverlust durch eine Rohrwand ab. Innenradius r_1, Warmwassertemperatur T_1, Außenradius r_2, Lufttemperatur T_2, Rohrlänge l, Wärmeleitfähigkeit des Rohrmaterials λ_1.

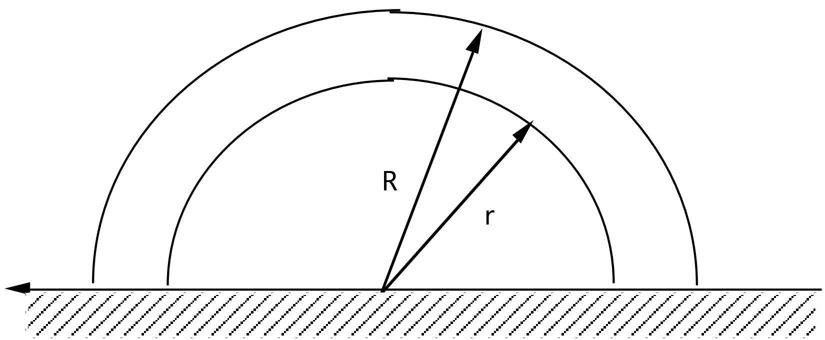
Lösung: $$\dot{Q} = 2\pi \cdot l \cdot \frac{(T_1 - T_2)\cdot\lambda}{\ln(r_2 / r_1)}$$

b) Mit diesem Wissen können sie auch den Wärmeverlust nach dem Anbringen eines zusätzlichen Isolierrohres herleiten.
Isolierrohrinnenradius r_2, Temperatur an Grenzschicht T_2, Isolierrohraußendurchmesser r_3, Lufttemperatur T_3, Wärmeleitfähigkeit des Dämmmaterials λ_2.

Lösung: $$\dot{Q} = 2\pi l \cdot \left(\frac{T_1 - T_3}{\frac{\ln(r_2/r_1)}{\lambda_1} + \frac{\ln(r_3/r_2)}{\lambda_2}} \right)$$

c) Bei der Erhebung der Daten für das vorliegende Problem im Keller ergibt sich:
Länge des Leitungsstückes l = 10 m, Warmwassertemperatur 40 °C, Lufttemperatur 10°C
Cu-Rohr: Innenradius 10 mm, Außenradius 11 mm, Wärmeleitfähigkeit 380 W/m·K
Für die Isolierung erheben sie Daten bei einem Baumarkt und finden passende kostengünstige Isolierrohre aus geschäumtem Polyethylen.
Isolierrohr: Innenradius 11 mm, Außenradius 24 mm, Wärmeleitfähigkeit 0,049 W/m·K
Welche Energieersparnis würde sich für einen Tag in J bzw. kWh für den vorliegenden Fall ergeben?
(2 Pkte)

5.4 Temperatur im Inneren eines Iglus:
In einem Iglu (r = 1,5 m und R = 1,8 m) befinden sich 3 Menschen, die infolge ihrer Körperwärme den Innenraum des Iglu mit P = 150 W pro Person aufwärmen. Der Boden des Iglus ist ein perfekter Wärmeisolator. Außerhalb des Iglus herrscht eine Temperatur von T_A = -20 °C. Die Wärmeleitfähigkeit des Wandmaterials beträgt λ = 0,4602 W m^{-1} K^{-1}. Welche Temperatur T stellt sich im Iglu ein? Sie können annehmen, dass sich der Raum durch Konvektion gleichmäßig erwärmt.



(1 Pkt)

5.5 Die Solarkonstante ist die Strahlungsleistung der Sonne, die beim mittleren Abstand zwischen Sonne und Erde pro Flächeneinheit, die auf der Strahlungsrichtung senkrecht steht, auf die Erdoberfläche trifft. Sie beträgt in der oberen Atmosphäre rund 1,37 kW/m^2. Nehmen Sie die Sonne als schwarzen Strahler an und berechnen Sie ihre effektive Oberflächentemperatur. (Der Sonnenradius beträgt r_S = $6{,}96 \cdot 10^8$ m;) **(1 Pkt)**

5.6 Ein massiver Metallwürfel mit der Kantenlänge a = 0,05 m hängt isoliert an einem Faden in einer evakuierten Kammer. Er hat anfänglich eine Temperatur T_1 = 1000 K. Der Würfel soll wie ein idealer schwarzer Körper strahlen und von seiner Umgebung keine weitere Energie aufnehmen. Berechnen sie, welche Zeit vergeht, bis die Temperatur des Würfels auf den Wert T_2 = 400 K abgesunken ist. Die Dichte des Stoffes, aus dem der Würfel besteht, ist ρ = 19300 kg m^{-3} und seine spezifische Wärmekapazität c = 138 J kg^{-1} K^{-1}. **(2 Pkte)**