

Herzlich willkommen zur Kinderuni-Vorlesung

„Warum bleibt die Wärme nicht im Haus?“

Stefan Lecheler

27. Februar 2012

Kinderuni Vorlesung (S. Lecheler)

1

Vorstellung

- Stefan Lecheler
 - Geboren und aufgewachsen in Ulm
 - 53 Jahre alt
 - Wohnhaft in Bad Tölz
 - Verheiratet, 2 Töchter (19+17 Jahre)
 - Studium und Promotion an der Universität Stuttgart in Luft- und Raumfahrttechnik
 - 12 Jahr in der Kraftwerksentwicklung bei den Firmen ABB + ALSTOM in Baden (Schweiz)
 - Seit 7 Jahren an UniBw als Professor für Thermodynamik an der Fakultät für Maschinenbau
- Heike Zapfe (Laborleiterin)
- Constantin Schosser (Doktorand)



27. Februar 2012

Kinderuni Vorlesung (S. Lecheler)

2

Programm für heute

- Zwei Definitionen
 - Temperatur
 - Wärmestrom
- Wärmeleitung in der ebenen Wand
 - Formel
 - Erklärung der Größen
 - Berechnungsbeispiele
 - Thermografie am Modellhaus
- Zum Abschluss für Interessierte
 - Wärmeporträts mit der Thermografiekamera
 - Stromerzeugung auf dem Energiefahrrad

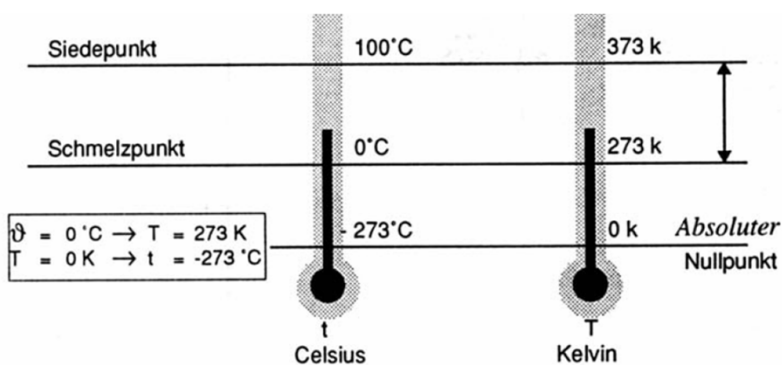
27. Februar 2012

Kinderuni Vorlesung (S. Lecheler)

3

Temperatur

- Welche Einheiten kennt Ihr?



27. Februar 2012

Kinderuni Vorlesung (S. Lecheler)

4

Temperatur

- Wie kann man sie messen?



Thermometer

Pyrometer

27. Februar 2012

Kinderuni Vorlesung (S. Lecheler)

5

Thermo ist toll

Temperatur

- Wie kann man sie messen?



Thermoelement (grün)
Widerstandsthermometer
(orange)



Thermografiekamera

27. Februar 2012

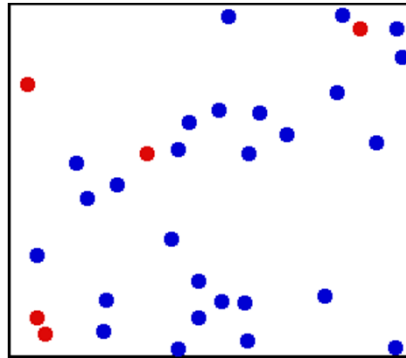
Kinderuni Vorlesung (S. Lecheler)

6

Thermo ist toll

Temperatur

- Thermodynamisch ist sie ein Mass für die Bewegung der Moleküle
 - ⇒ schnell = warm
 - ⇒ langsam = kalt



Thermo ist toll

27. Februar 2012

Kinderuni Vorlesung (S. Lecheler)

7

Programm für heute

- Zwei Definitionen
 - Temperatur
 - **Wärmestrom**
- Wärmeleitung in der ebenen Wand
 - Formel
 - Erklärung der Größen
 - Berechnungsbeispiele
 - Thermografie am Modellhaus
- Zum Abschluss für Interessierte
 - Wärmeporträts mit der Thermografiekamera
 - Stromerzeugung auf dem Energiefahrrad

Thermo ist toll

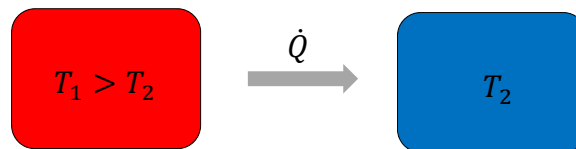
27. Februar 2012

Kinderuni Vorlesung (S. Lecheler)

8

Wärmestrom

- Durch Temperaturunterschiede entsteht ein Wärmestrom \dot{Q}



- Wärmestrom ist Energie pro Zeit
- Einheit
 - Watt [W] z.B. Glühbirne 40 W
 - Kilowatt [kW] z.B. Automotor 100 kW
 - Megawatt [MW] z.B. Kraftwerk 500 MW

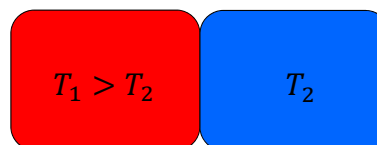
27. Februar 2012

Kinderuni Vorlesung (S. Lecheler)

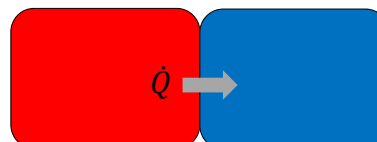
9

Wärmestrom

- Was passiert wenn sich ein heißer und ein kalter Körper berühren?



⇒ Der warme Körper gibt Wärme ab
und der kalte Körper nimmt Wärme auf



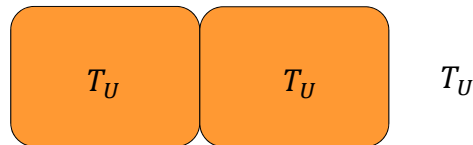
27. Februar 2012

Kinderuni Vorlesung (S. Lecheler)

10

Wärmestrom

- Wie lange geht dieser Vorgang?
 - ⇒ Wärme überträgt sich so lange, bis beide Temperaturen gleich sind bzw. Umgebungstemperatur erreicht haben

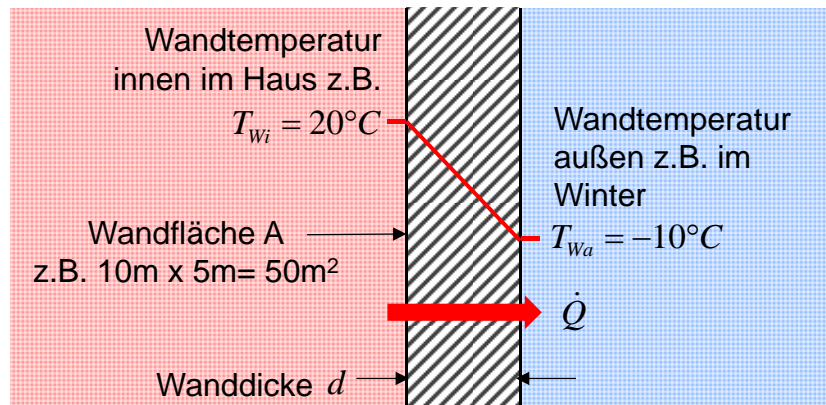


Programm für heute

- Zwei Definitionen
 - Temperatur
 - Wärmestrom
- **Wärmeleitung in der ebenen Wand**
 - Formel
 - Erklärung der Größen
 - Berechnungsbeispiele
 - Thermografie am Modellhaus
- Zum Abschluss für Interessierte
 - Wärmeporträts mit der Thermografiekamera
 - Stromerzeugung auf dem Energiefahrrad

Wärmeleitung in der ebenen Wand

- Formel für Wärmestrom $\dot{Q} = \frac{\lambda \cdot A}{d} \cdot (T_{wi} - T_{wa})$



27. Februar 2012

Kinderuni Vorlesung (S. Lecheler)

13

Wärmeleitung in der ebenen Wand

- Test: was bedeuten die Größen?

$\dot{Q} [W]$	Wärmestrom
$A [m^2]$	Wandfläche
$d [m]$	Wanddicke
$T_{wi} - T_{wa} [K]$	Temperaturdifferenz innen-außen
$\lambda \left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$	Wärmeleitfähigkeit

27. Februar 2012

Kinderuni Vorlesung (S. Lecheler)

14

Wärmeleitung in der ebenen Wand

- Die Wärmeleitfähigkeit ist eine Eigenschaft des Materials, z.B.

$$\lambda_{\text{Metall}} \approx 50 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$$

$$\lambda_{\text{Ziegel}} \approx 0,5 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$$

$$\lambda_{\text{Styropor}} \approx 0,05 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$$

$$\lambda_{\text{Luft}} \approx 0,025 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$$

- Welches Material fühlt sich kälter an und warum?

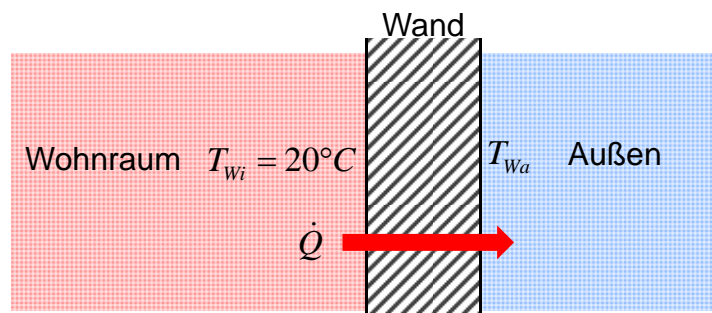
Programm für heute

- Zwei Definitionen
 - Temperatur
 - Wärmestrom
- Wärmeleitung in der ebenen Wand
 - Formel
 - Erklärung der Größen
 - **Berechnungsbeispiele**
 - Thermografie am Modellhaus
- Zum Abschluss für Interessierte
 - Wärmeporäts mit der Thermografiekamera
 - Stromerzeugung auf dem Energiefahrrad

Berechnungsbeispiel Hauswand

- Typische Hauswand aus Ziegeln

- Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{\text{Ziegel}} = 0,5 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$
- Wandfläche $A = h \cdot b = 5 \text{ m} \cdot 10 \text{ m} = 50 \text{ m}^2$
- Wanddicke $d = 0,25 \text{ m}$



27. Februar 2012

Kinderuni Vorlesung (S. Lecheler)

17

Beispiel 1: Vergleich Sommer-Winter

- Sommertag mit $T_{Wa} = 30^\circ\text{C}$

$$\dot{Q}_{\text{Sommer}} = \frac{\lambda \cdot A}{d} \cdot (T_{Wi} - T_{Wa}) = \frac{0,5 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \cdot 50 \text{ m}^2 \cdot (20^\circ - 30^\circ)}{0,25 \text{ m}} = -1000 \text{ W}$$

⇒ Minus bedeutet Wärmestrom ins Haus rein

- Wintertag mit $T_{Wa} = -10^\circ\text{C}$

$$\dot{Q}_{\text{Winter}} = \frac{\lambda \cdot A}{d} \cdot (T_{Wi} - T_{Wa}) = \frac{0,5 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \cdot 50 \text{ m}^2 \cdot (20^\circ + 10^\circ)}{0,25 \text{ m}} = 3000 \text{ W}$$

⇒ Dreifacher Wärmestrom aus dem Haus raus

⇒ Wärmestrom hängt von Temperaturunterschied ab

27. Februar 2012

Kinderuni Vorlesung (S. Lecheler)

18

Beispiel 2: Einfluss der Wanddicke

- Dünne Wand mit $d = 0,25m$

$$\dot{Q}_{\text{Dünne Wand}} = \frac{\lambda \cdot A}{d} \cdot (T_{Wi} - T_{Wa}) = \frac{0,5 \frac{W}{m \cdot K} \cdot 50 m^2 \cdot (20^\circ + 10^\circ)}{0,25 m} = 3000 W$$

- Dicke Wand mit $d = 0,5m$

$$\dot{Q}_{\text{Dicke Wand}} = \frac{\lambda \cdot A}{d} \cdot (T_{Wi} - T_{Wa}) = \frac{0,5 \frac{W}{m \cdot K} \cdot 50 m^2 \cdot (20^\circ + 10^\circ)}{0,5 m} = 1500 W$$

⇒ Wärmestrom halbiert sich, dicke Wand ist besser

Beispiel 3: Vergleich Ziegel-Glas

- Ziegelwand $\lambda_{\text{Ziegel}} = 0,5 \frac{W}{m \cdot K}$, $d_{\text{Ziegel}} = 0,5 m$

$$\dot{Q}_{\text{Ziegel}} = \frac{\lambda \cdot A}{d} \cdot (T_{Wi} - T_{Wa}) = \frac{0,5 \frac{W}{m \cdot K} \cdot 50 m^2 \cdot (20^\circ + 10^\circ)}{0,5 m} = 1500 W$$

- Glaswand $\lambda_{\text{Glas}} = 0,8 \frac{W}{m \cdot K}$, $d_{\text{Glas}} = 1 cm = 0,01 m$

$$\dot{Q}_{\text{Glas}} = \frac{\lambda \cdot A}{d} \cdot (T_{Wi} - T_{Wa}) = \frac{0,8 \frac{W}{m \cdot K} \cdot 50 m^2 \cdot (20^\circ + 10^\circ)}{0,01 m} = 120'000 W$$

⇒ Wärmestrom 80 mal größer durch Glaswand

Beispiel 3: Vergleich Ziegel-Fenster

- Was können wir gegen die großen Wärmeströme durch die Fenster machen?
 - Fensterflächen klein halten
 - Scheiben dicker machen
 - Wärmeleitzahl der Scheiben verbessern durch Mehrfachverglasung mit Luft zwischen den Scheiben
- Demonstration am Modellhaus

27. Februar 2012

Kinderuni Vorlesung (S. Lecheler)

21

Demonstration am Modellhaus

- Temperaturunterschied zwischen innen und außen ca. 10°C
- Temperaturmessung mit Thermografiekamera



27. Februar 2012

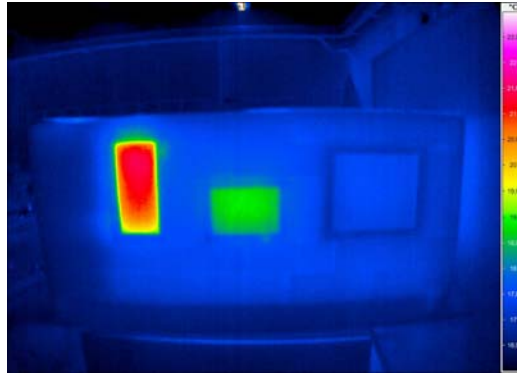
Kinderuni Vorlesung (S. Lecheler)

22

Demonstration am Modellhaus

- Was fällt auf?

- Temperaturen an den Fenstern unterschiedlich
- Warum?



Thermo ist toll

- Links Einfachverglasung
- Mitte Doppelverglasung
- Rechts Dreifachverglasung

27. Februar 2012

Kinderuni Vorlesung (S. Lecheler)

23

Schlussfolgerungen

- Wärmestrom hängt ab von
 - Wandmaterial
 - Wanddicke
 - Temperaturunterschied innen-außen
- Was kann ich tun um den Wärmestrom klein zu halten und Heizkosten zu sparen?
 - Gute Wärmedämmung der Wand (Material mit kleiner Wärmeleitfähigkeit, dicke Wand, Mehrfachverglasung)
 - Innenraumtemperatur eventuell reduzieren

Thermo ist toll

27. Februar 2012

Kinderuni Vorlesung (S. Lecheler)

24

Und nun Freiwillige vor

- Wärmeporraits mit Thermografiekamera
 - Bitte links anstellen
 - Tut nicht weh 😊

- Stromerzeugung mit dem Energiefahrrad
 - Bitte rechts anstellen
 - Wie stark muss ich treten für eine
 - LED-Lampe 5 W
 - Radio 15 W
 - Glühbirne 40 W
 - Wasserkocher 1000 W (strengt schon an ☹)