



6 Transportprozesse / Wärmetransport



6.1 Wärmeleitung

6.2 Konvektion

6.3 Wärmestrahlung

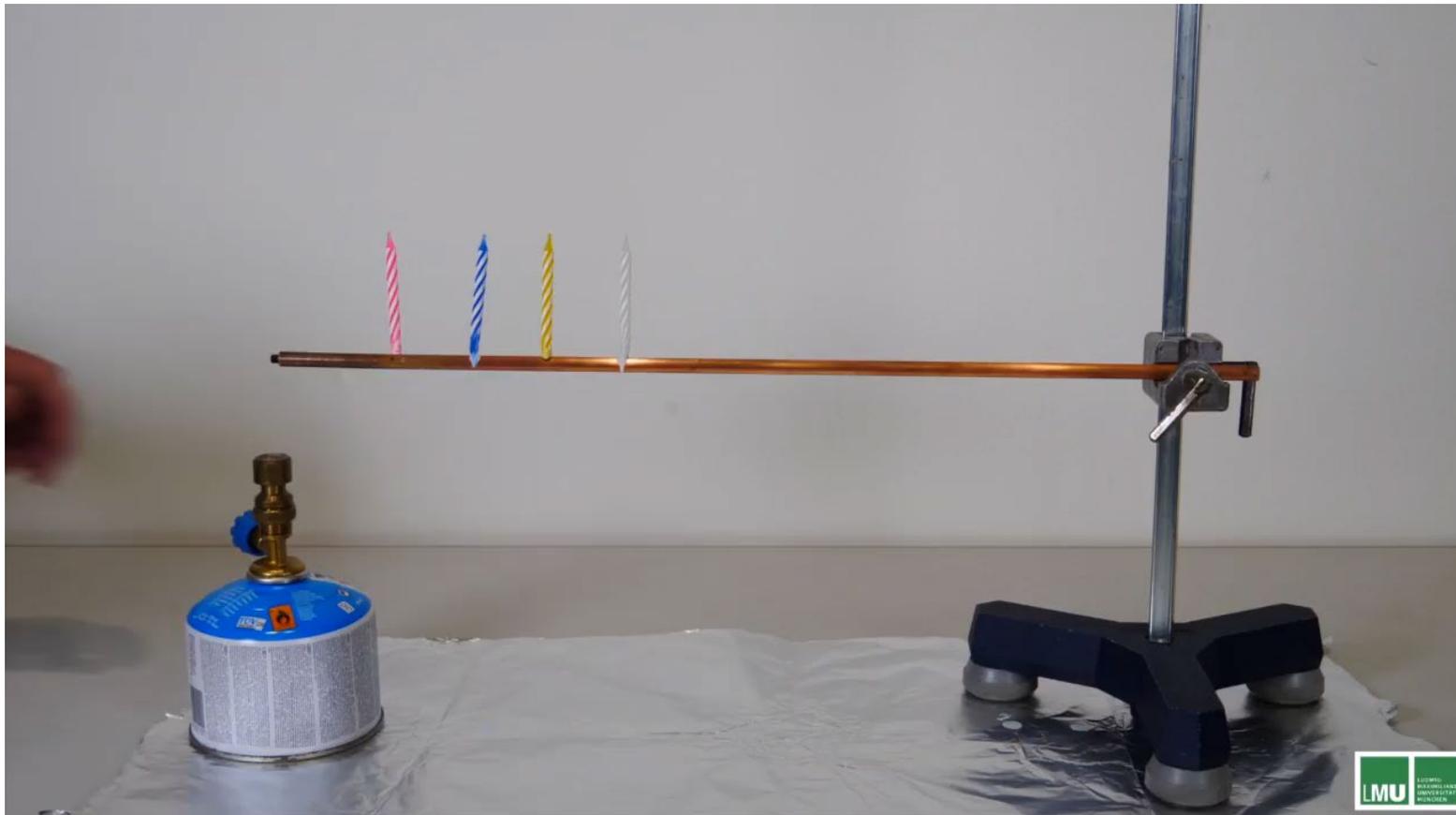


Link zum Experiment:

https://www.didaktikonline.physik.uni-muenchen.de/EP2_W_Video/6-1-1Abschmelzen-Kerzen-1.m4v

6 Wärmeübertragung

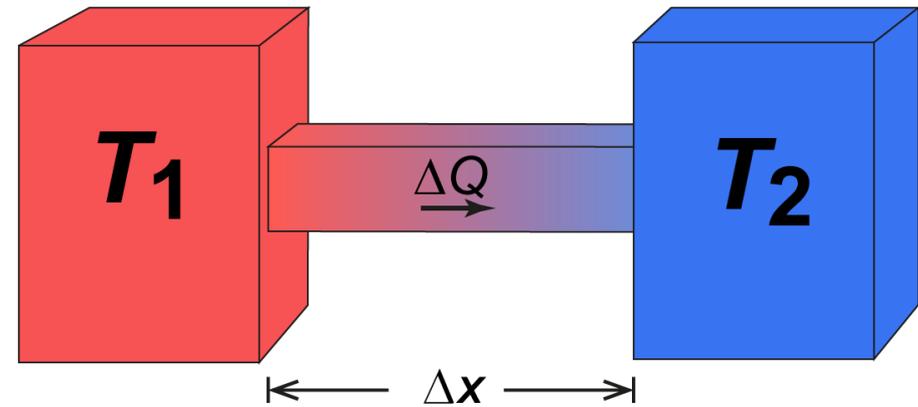
6.1 Wärmeleitung

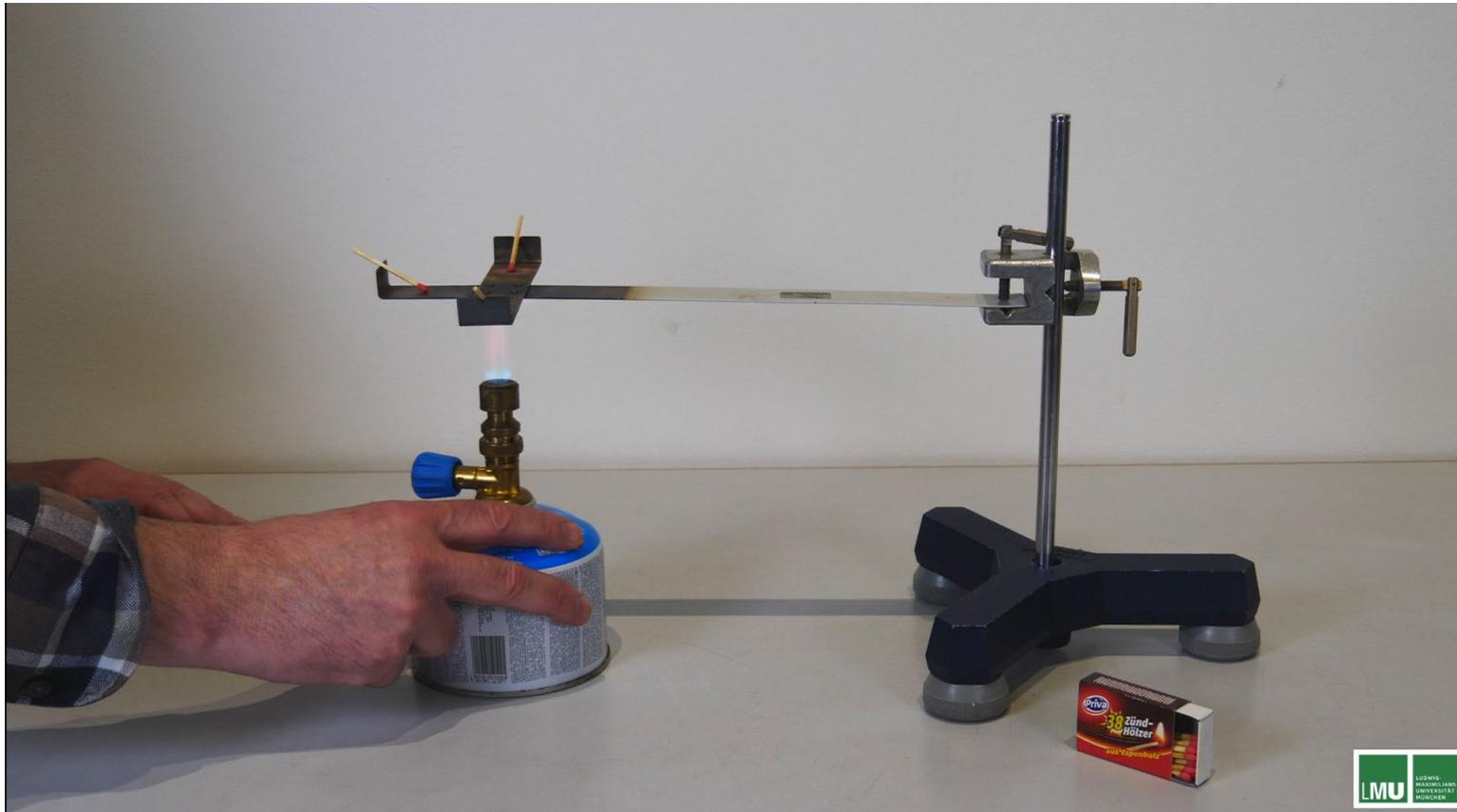






Wärmestrom



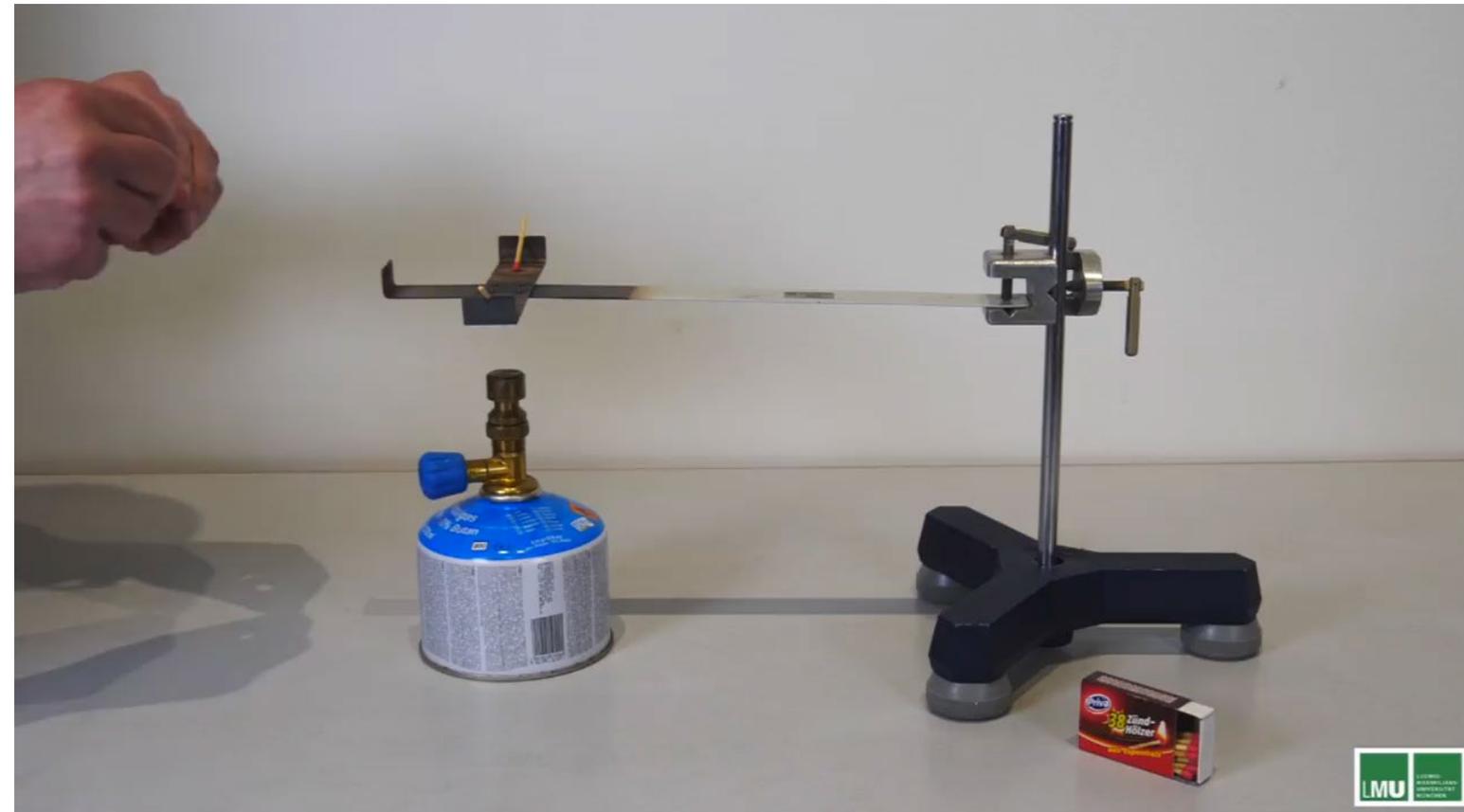


Link zum Experiment:

https://www.didaktikonline.physik.uni-muenchen.de/EP2_W_Video/6-1-2Waermeleitung_Zuendhoelzer-Kurz-1.m4v

6 Wärmeübertragung

6.1 Wärmeleitung

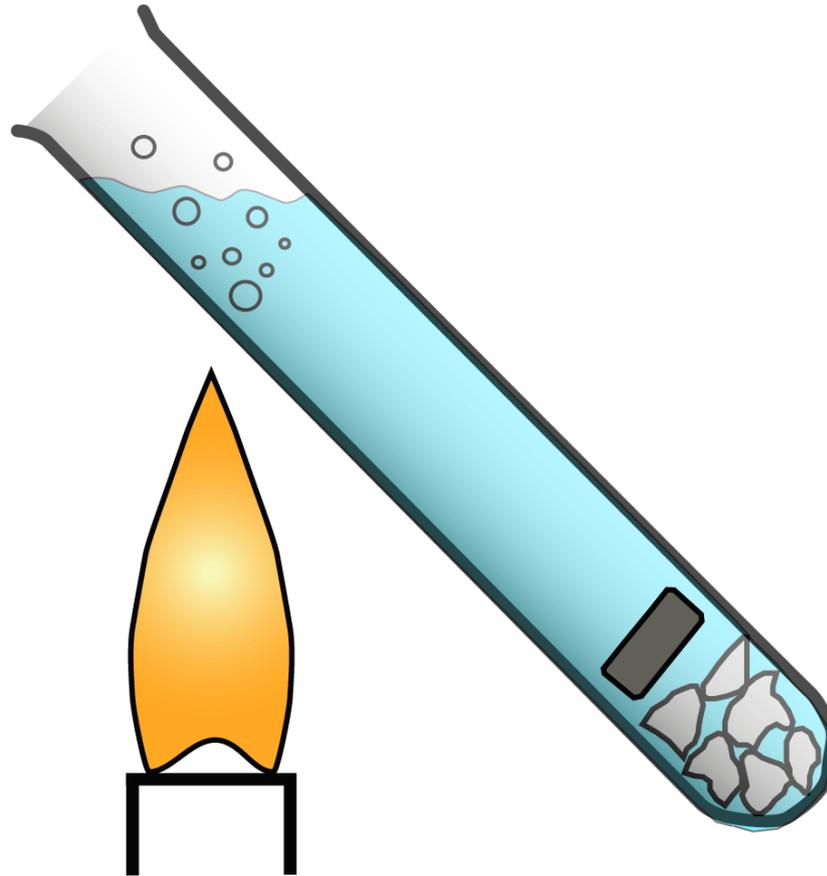




n	$\frac{W}{m \cdot K}$
	0,600
	0,086
	0,026
	0,015
	0,031



Wärmeleitung



Link zum Experiment:

https://www.didaktikonline.physik.uni-muenchen.de/EP2_W_Video/6-1-3T03leitwasser-1.m4v

6 Wärmeübertragung

6.1 Wärmeleitung



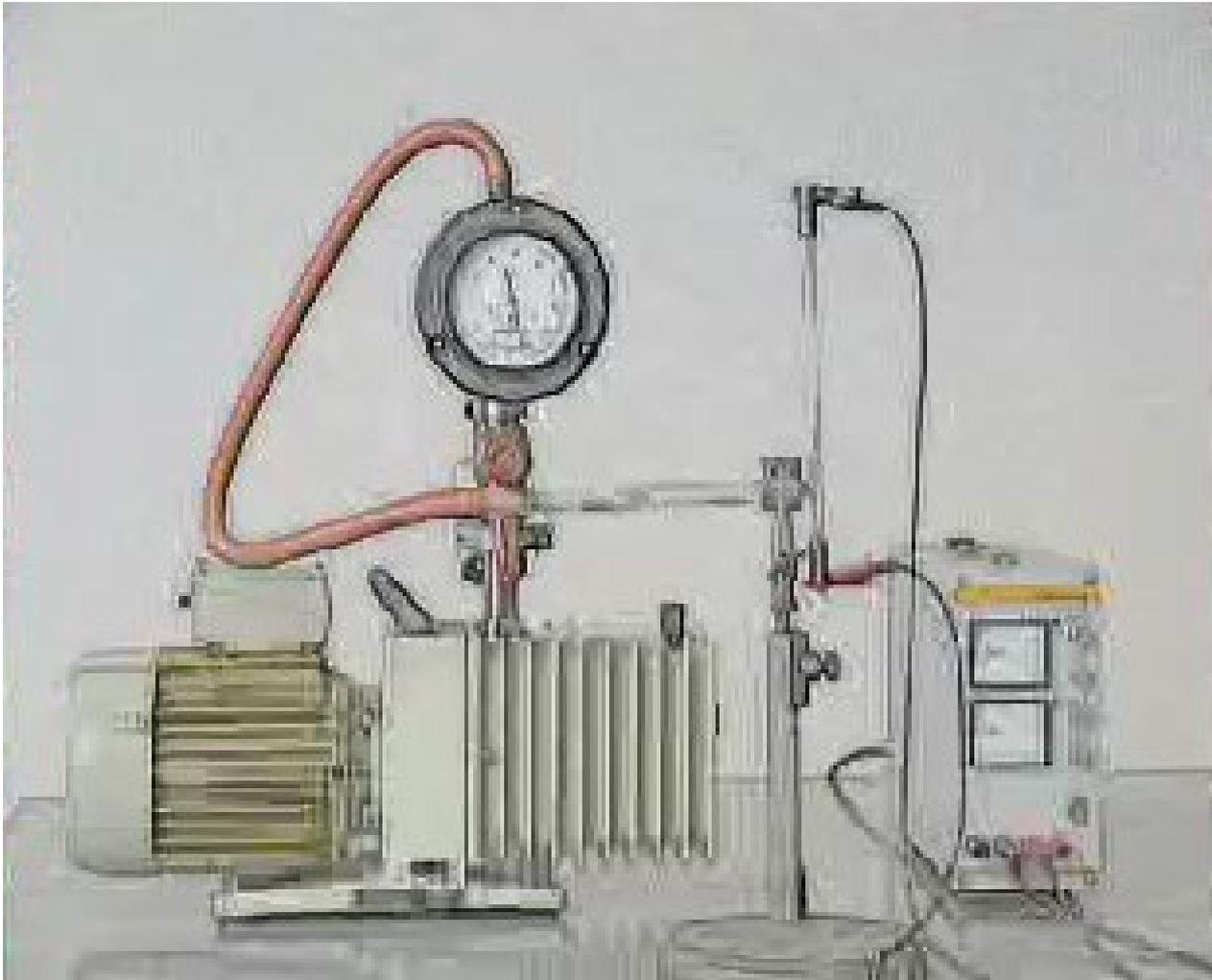


Link zum Experiment:

https://www.didaktikonline.physik.uni-muenchen.de/EP2_W_Video/6-1-4T01leitvak-1.m4v

6 Wärmeübertragung

6.1 Wärmeleitung





Wärmewiderstände – Analogie zur elektrischen Strömen

E-Lehre:

$$U = R \cdot I;$$

$$I = \frac{U}{R};$$



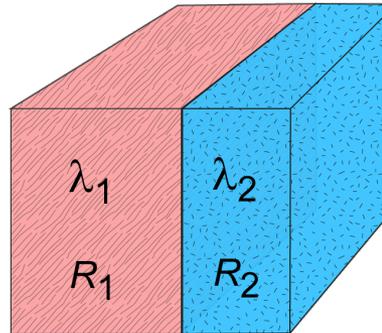
Wärmelehre:



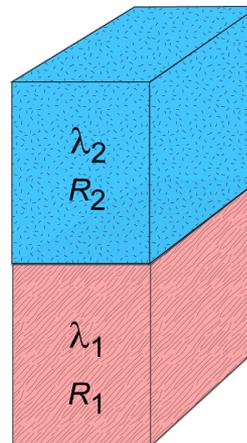
Wärmewiderstände



- in Reihenschaltung



- in Parallelschaltung





Leidenfrost'sches Phänomen



Leidenfrost'sches Phänomen

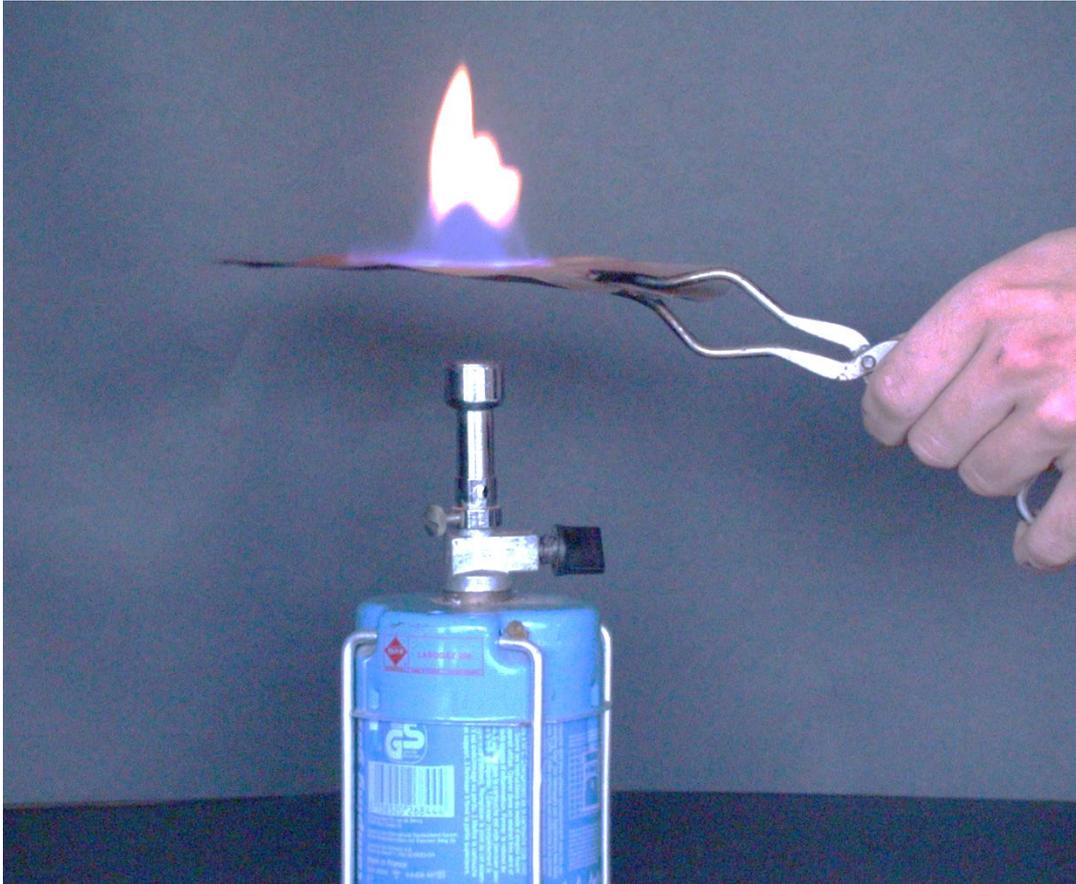


Link zum Experiment:

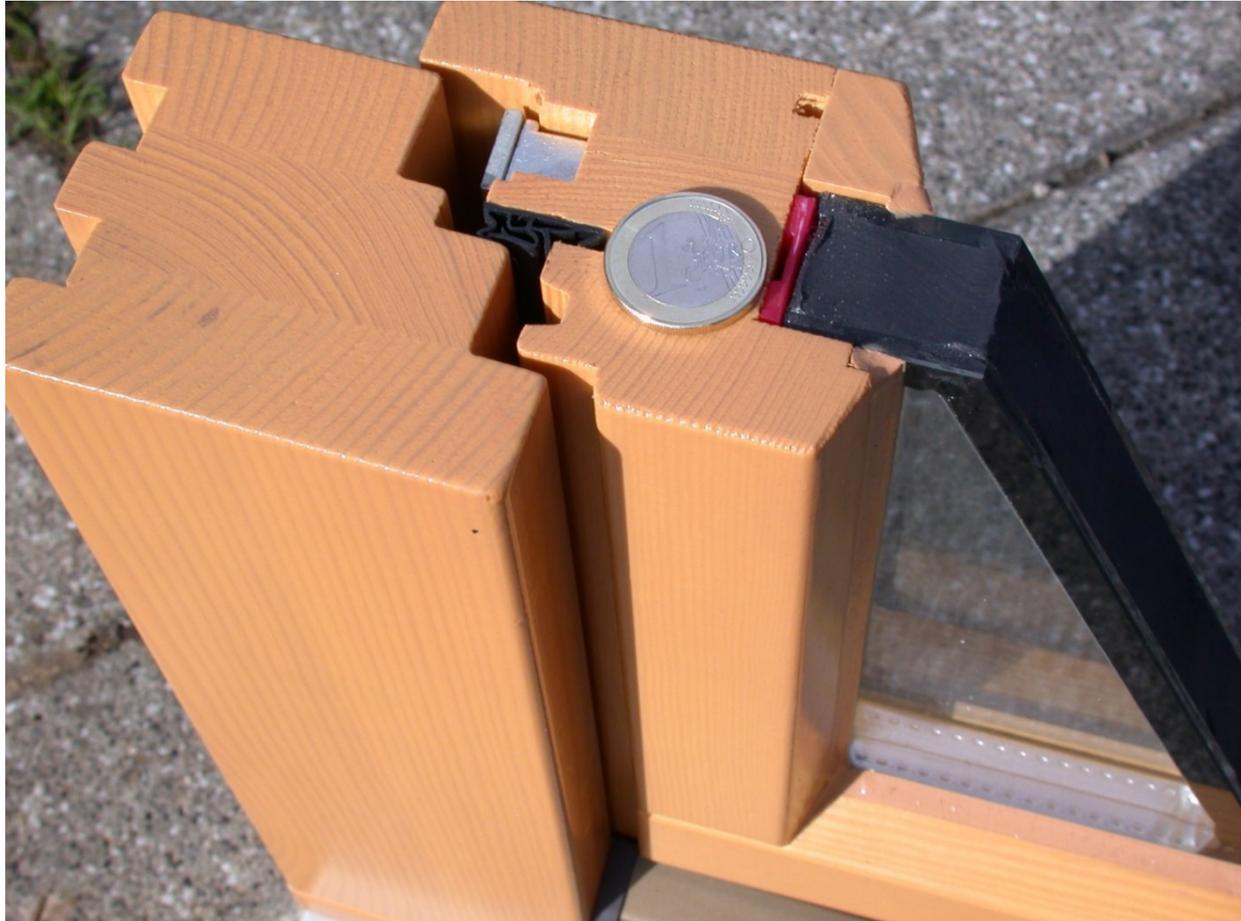
https://www.didaktikonline.physik.uni-muenchen.de/EP2_W_Video/6-1-5Leidenfrost-1-1.m4v



Wärmeleitung



Wärmeleitung





Wärmeleitung





Wärmeleitung





Konvektion

am Kühlturm KKW Neckarwestheim



R.G.

Link zum Experiment:

[https://www.didaktikonline.physik.uni-muenchen.de/EP2_W_Video/6-2-Kuehlturm 3Kurzt-1.m4v](https://www.didaktikonline.physik.uni-muenchen.de/EP2_W_Video/6-2-Kuehlturm%203Kurzt-1.m4v)



Konvektion





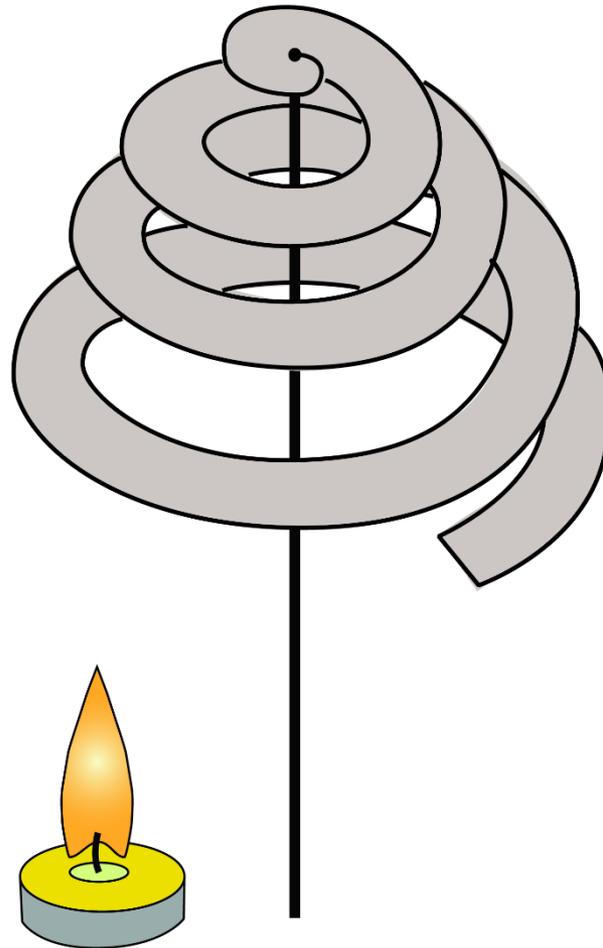
Konvektion

am Kühlturm KKW Neckarwestheim



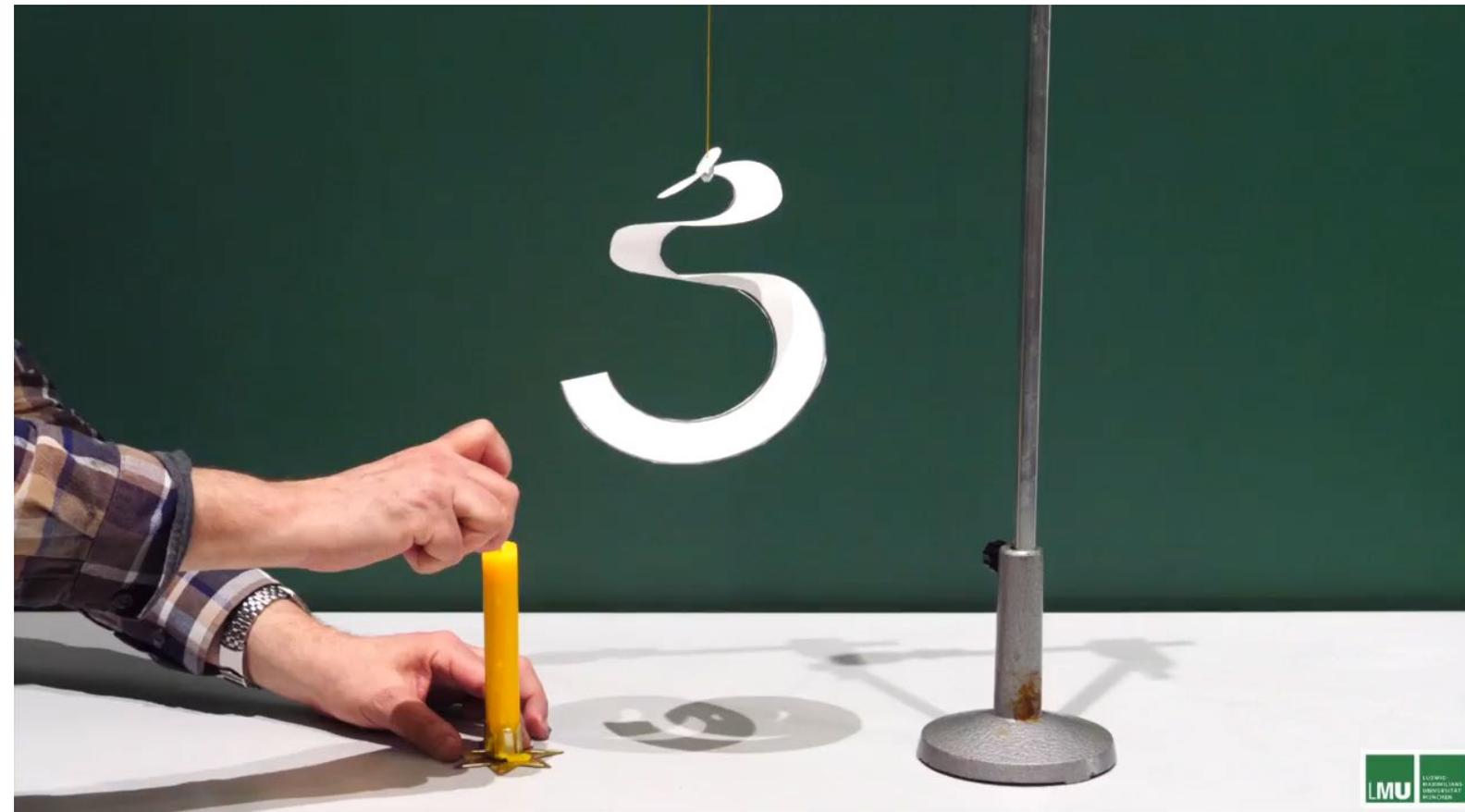
Link zum Experiment:

[https://www.didaktikonline.physik.uni-muenchen.de/EP2_W_Video/6-2-Kuehlturm 3Kurzt-1.m4v](https://www.didaktikonline.physik.uni-muenchen.de/EP2_W_Video/6-2-Kuehlturm%203Kurzt-1.m4v)



Link zum Experiment:

https://www.didaktikonline.physik.uni-muenchen.de/EP2_W_Video/6-2-1Konvektion-Spirale-1.m4v



Konvektion – Wärme mit Stofftransport

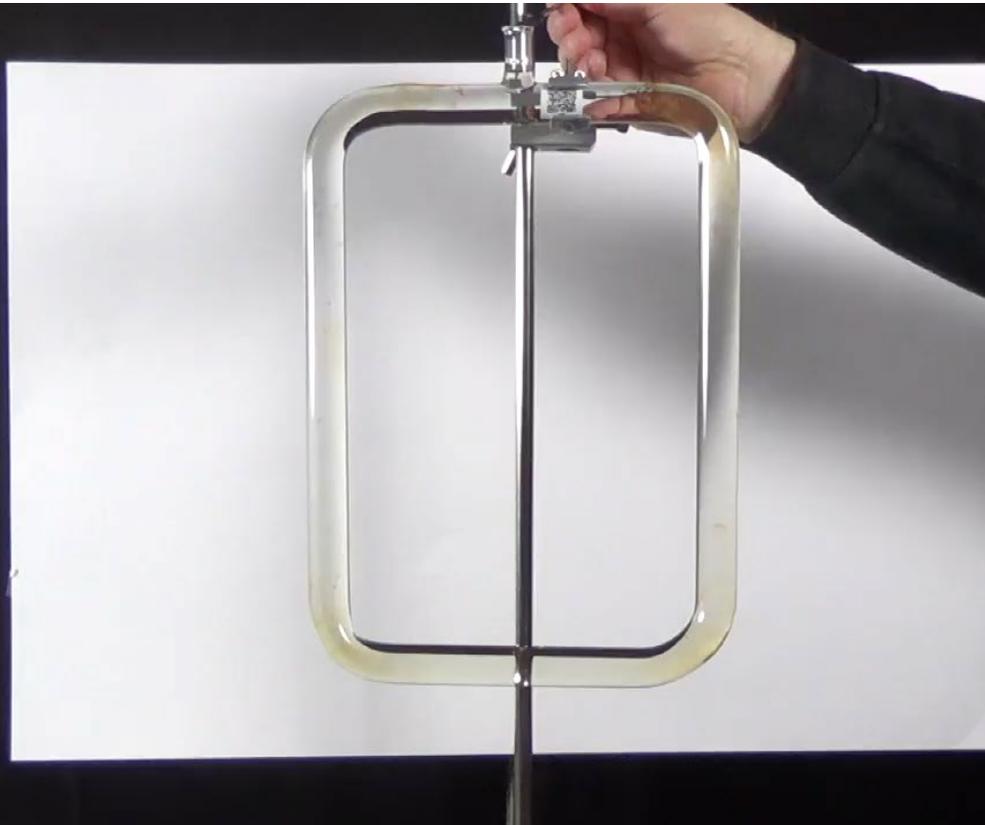


Link zum Experiment:

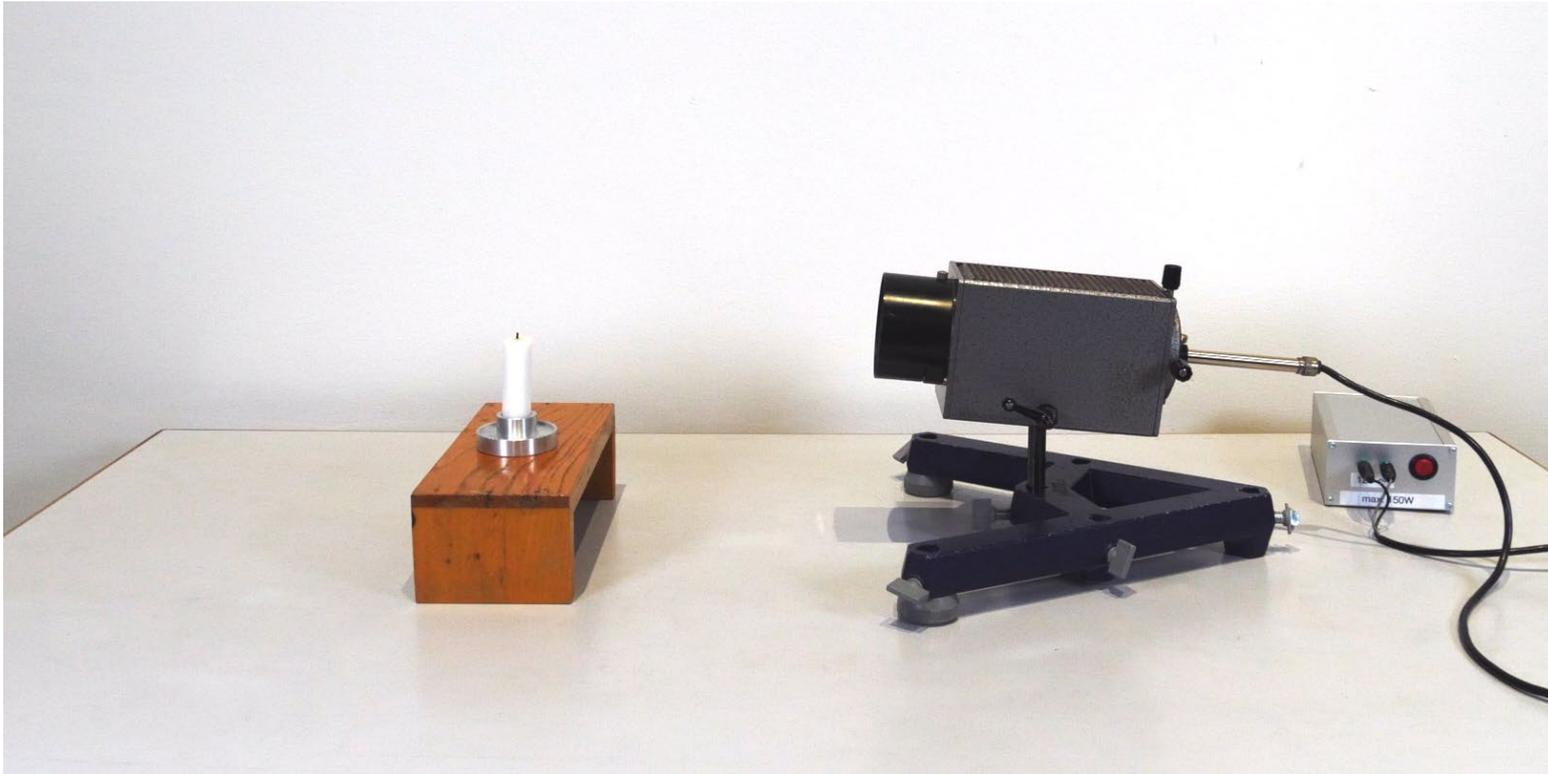
https://www.didaktikonline.physik.uni-muenchen.de/EP2_W_Video/6-2-2Konvektion-Stroemung-1.m4v

6 Wärmeübertragung

6.1 Wärmeleitung



Konvektion – Wärme mit Stofftransport



Link zum Experiment:

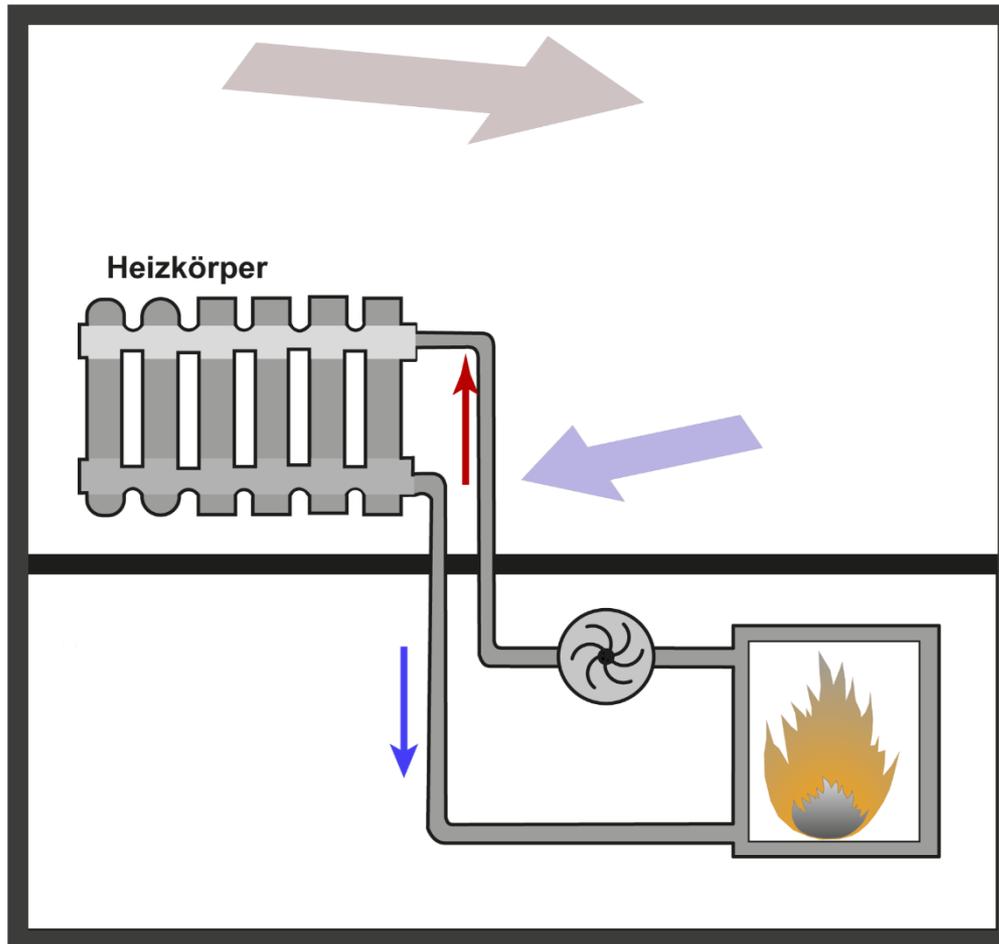
https://www.didaktikonline.physik.uni-muenchen.de/EP2_W_Video/6-2-5Konvektion-Schlieren-1.m4v



Konvektion – Wärme mit Stofftransport

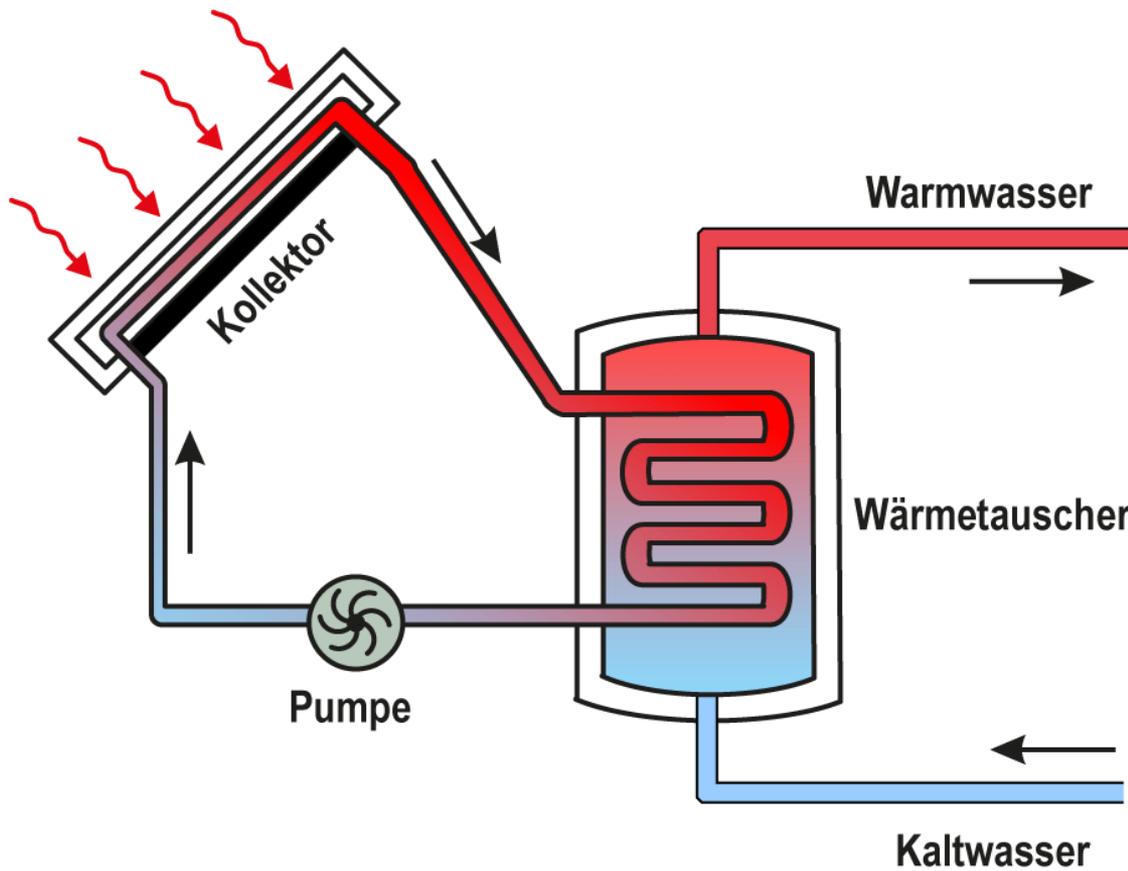


Konvektion – Wärme mit Stofftransport





Konvektion – Wärme mit Stofftransport





Konvektion – Wärme mit Stofftransport



Konvektion – Wärme mit Stofftransport





ohne Wärmeleiter



"Energie tanken" beim Sonnenbaden

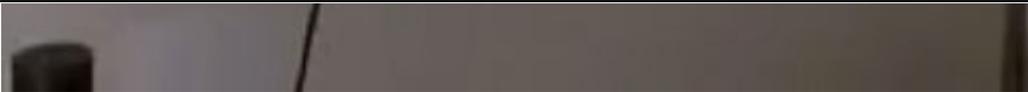
Strahlungsenergie



Mit einem Brennglas lassen sich sogar Gegenstände entzünden



Wärmetransport durch Strahlung



Link zum Experiment:

https://www.didaktikonline.physik.uni-muenchen.de/EP2_W_Video/6-3-1T16reflexion-1.m4v

6 Wärmeübertragung

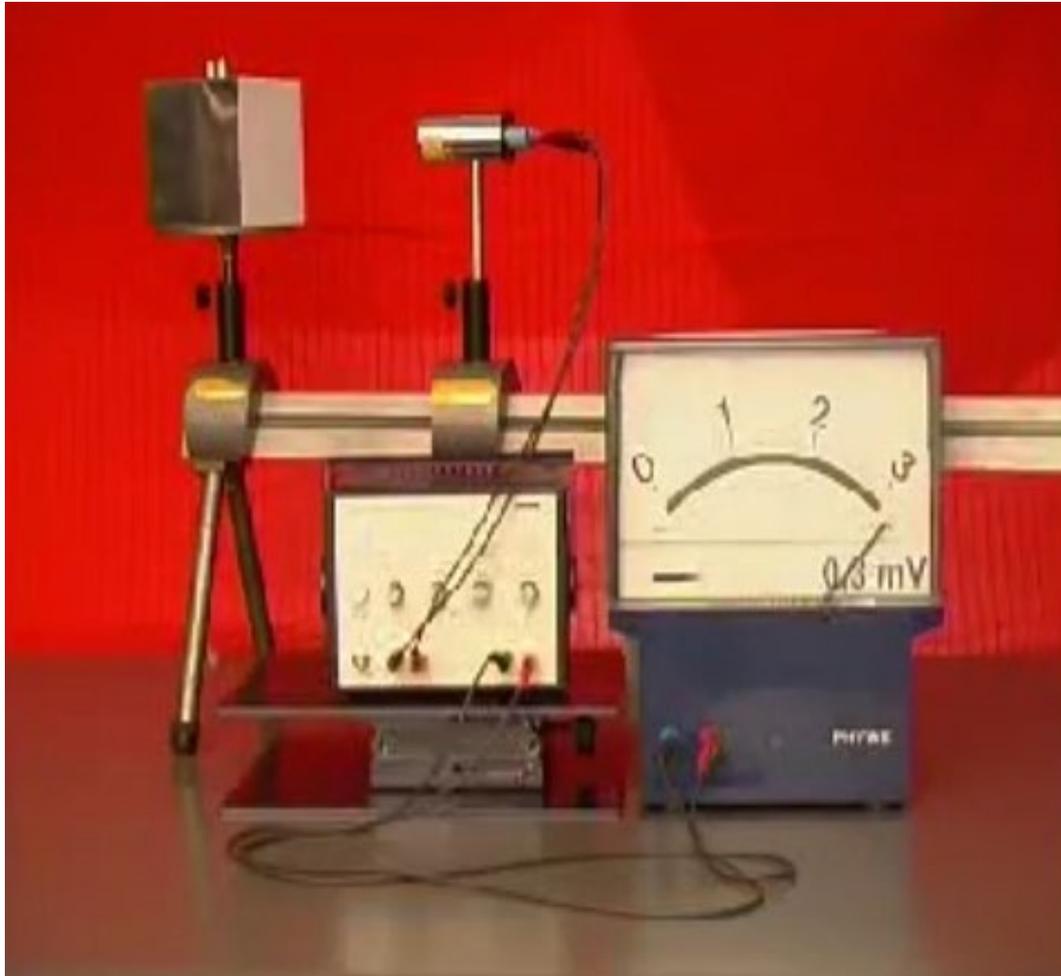
6.3 Wärmestrahlung



Strahlungsenergie



Wärmestrahlung

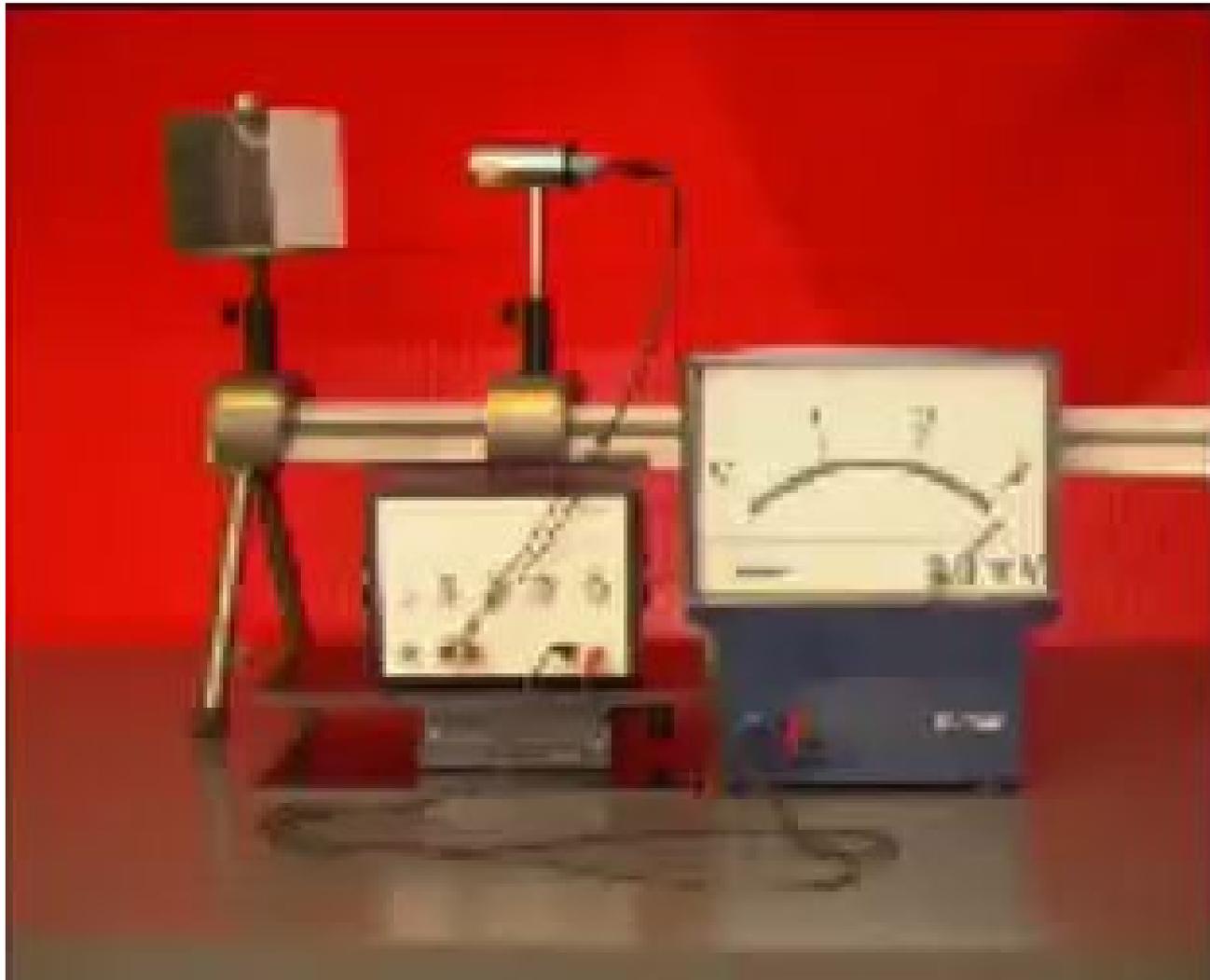


Link zum Experiment:

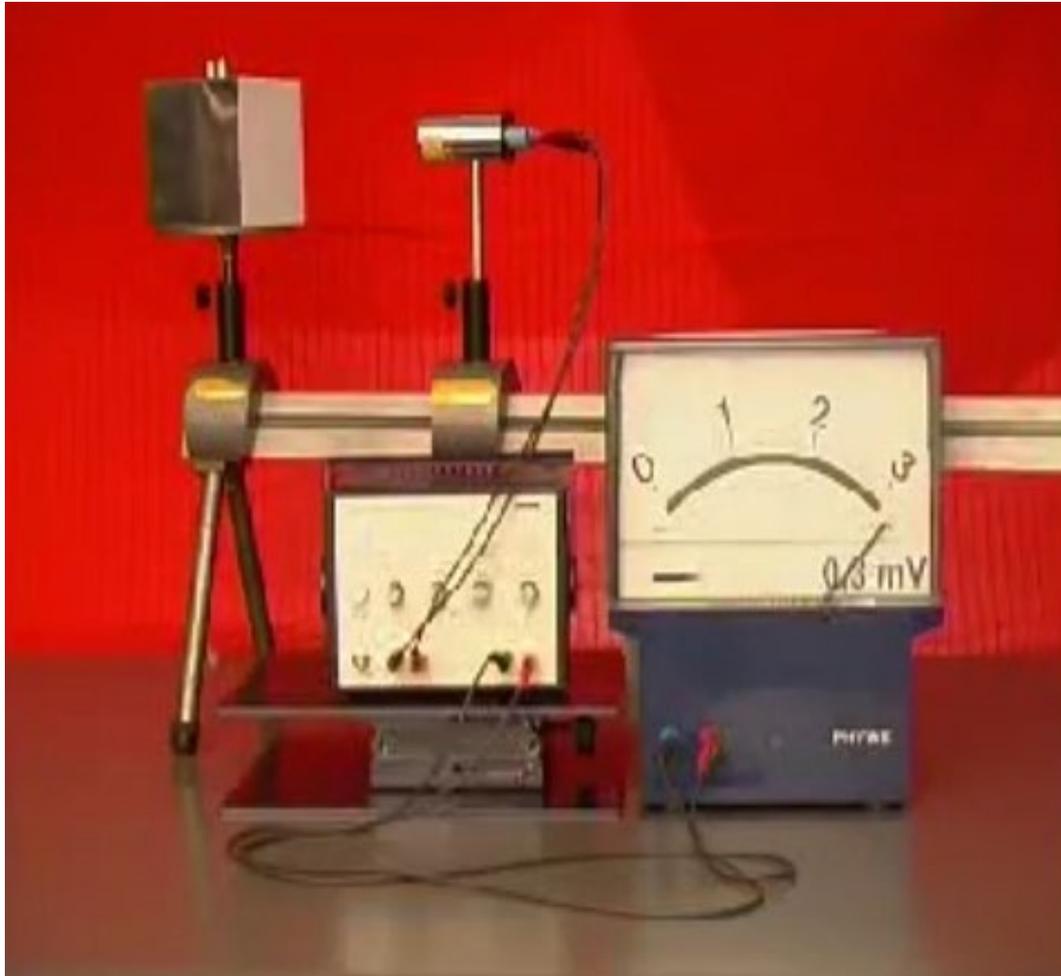
https://www.didaktikonline.physik.uni-muenchen.de/EP2_W_Video/6-3-2T14emission-1.m4v

6 Wärmeübertragung

6.3 Wärmestrahlung



Wärmestrahlung

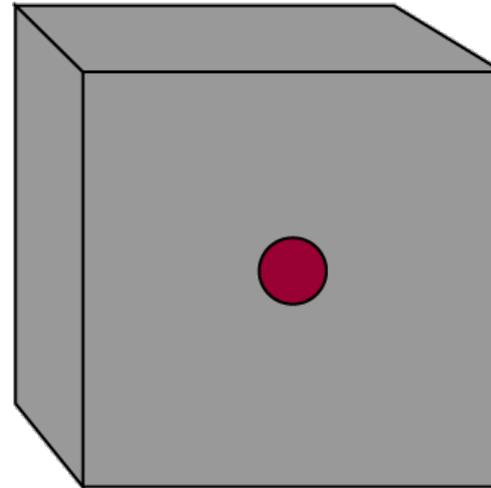
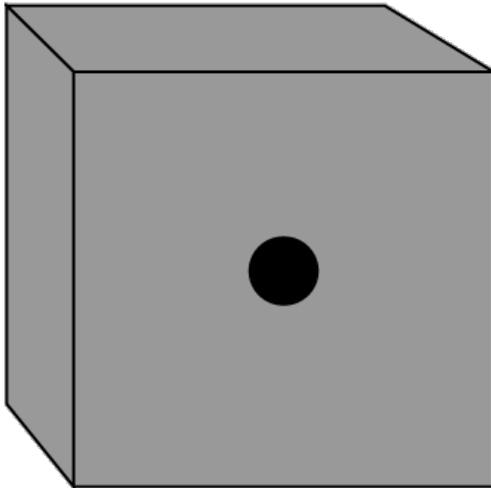


Link zum Experiment:

https://www.didaktikonline.physik.uni-muenchen.de/EP2_W_Video/6-3-2T14emission-1.m4v

Wärmestrahlung ist temperaturabhängig

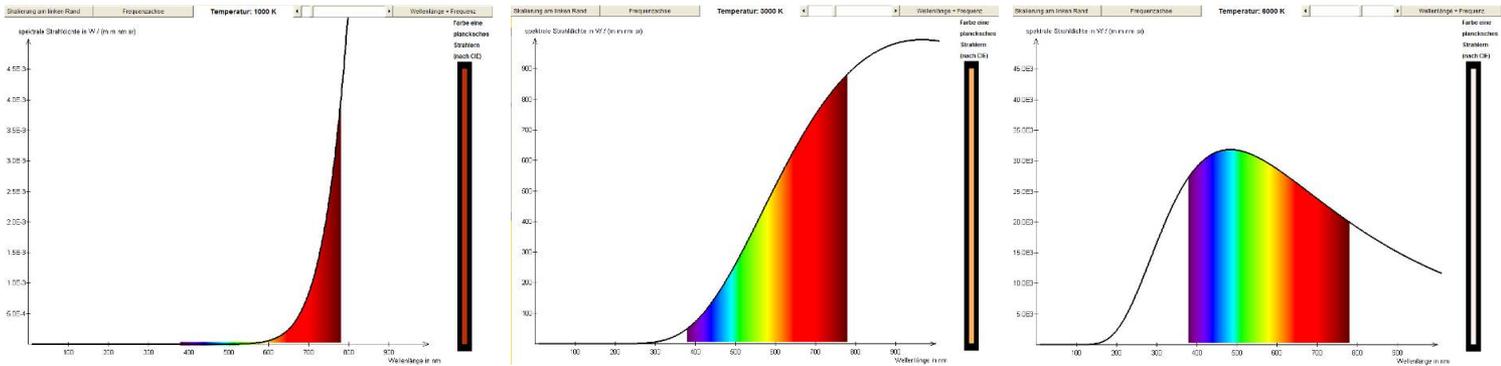
Mit zunehmender Temperatur wird die Strahlung immer besser sichtbar und intensiver.



Wärmestrahlung ist temperaturabhängig

Mit zunehmender Temperatur wird die Strahlung immer besser sichtbar und intensiver.

Die Sonnenoberfläche (fast 6000 K) strahlt optimal im sichtbaren Bereich.



1000 K

Intensität * 1000000

3000 K

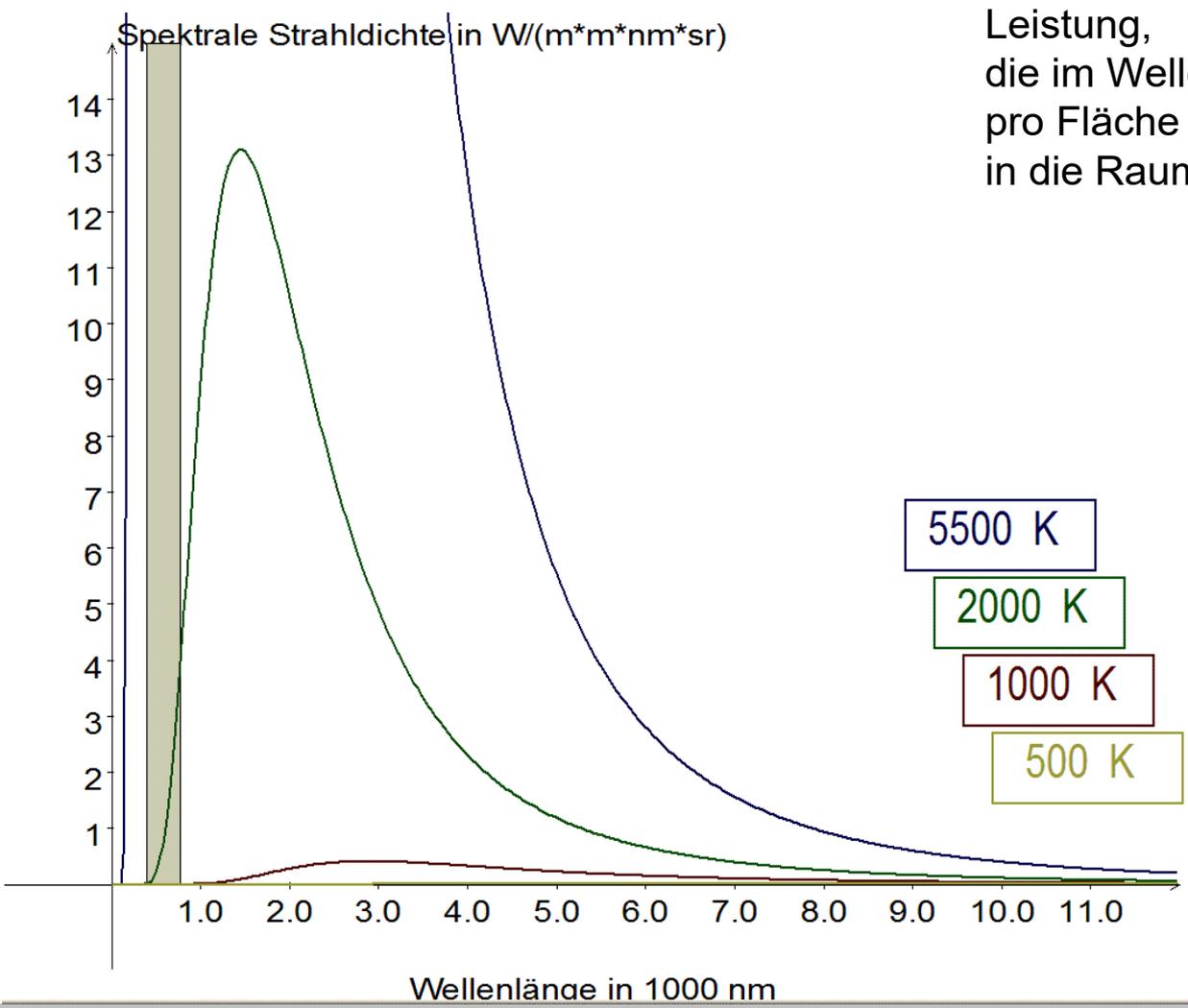
Intensität * 1000

6000 K

Intensität * 1



Die Planck'sche Strahlungsformel für Wellenlängen



Leistung, die im Wellenlängenbereich $d\lambda$ um λ pro Fläche in die Raumwinkeleinheit abgestrahlt wird.

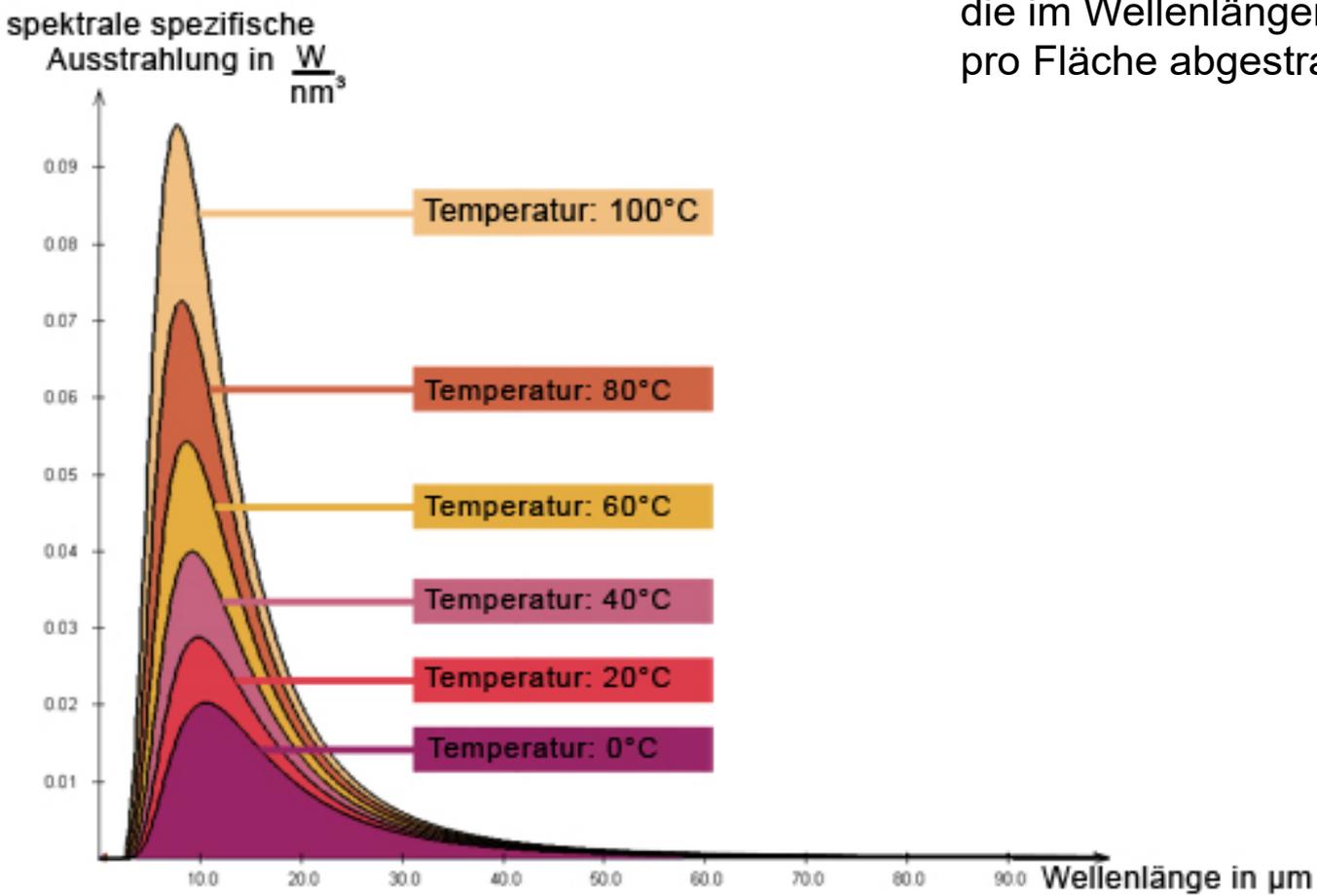
$$S_{\lambda} = \frac{2hc_0^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{hc_0/\lambda kT} - 1}$$

- 5500 K
- 2000 K
- 1000 K
- 500 K



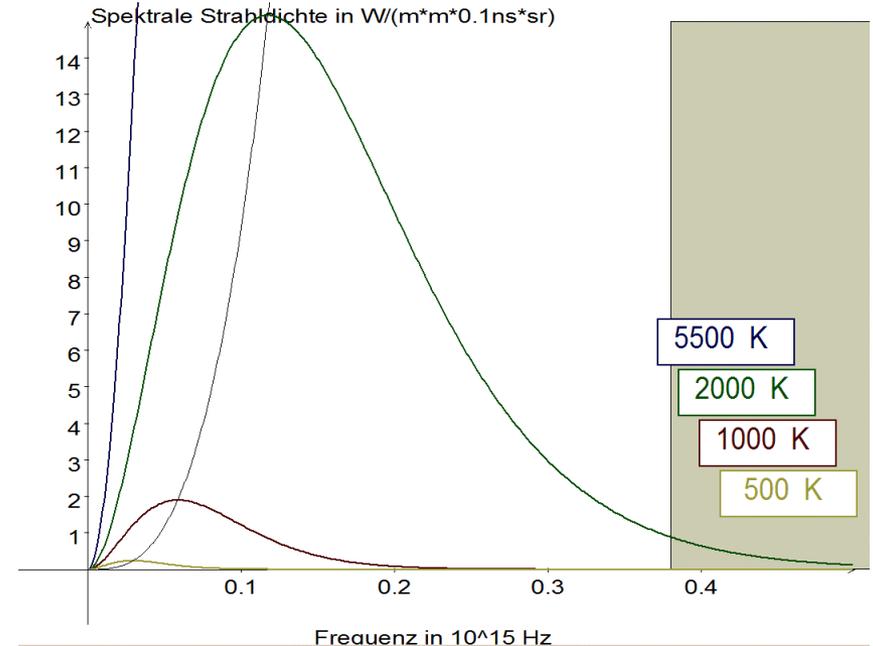
Die Planck'sche Strahlungsformel für Wellenlängen

Leistung,
die im Wellenlängenbereich $d\lambda$ um λ
pro Fläche abgestrahlt wird.



Die Planck'sche Strahlungsformel und das Stefan-Boltzmann-Gesetz

$$S_f = \frac{2hf^3}{c_0^2} \cdot \frac{1}{e^{hf/kT} - 1}$$



Die Gesamtenergie,
und damit das **Stefan-Boltzmann-Gesetz**
ergibt sich durch Integration
über alle Frequenzen und den vollen Raumwinkel:

$$P = \sigma \cdot A \cdot T^4$$



Stefan-Boltzmann-Gesetz:

$$P = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4$$

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

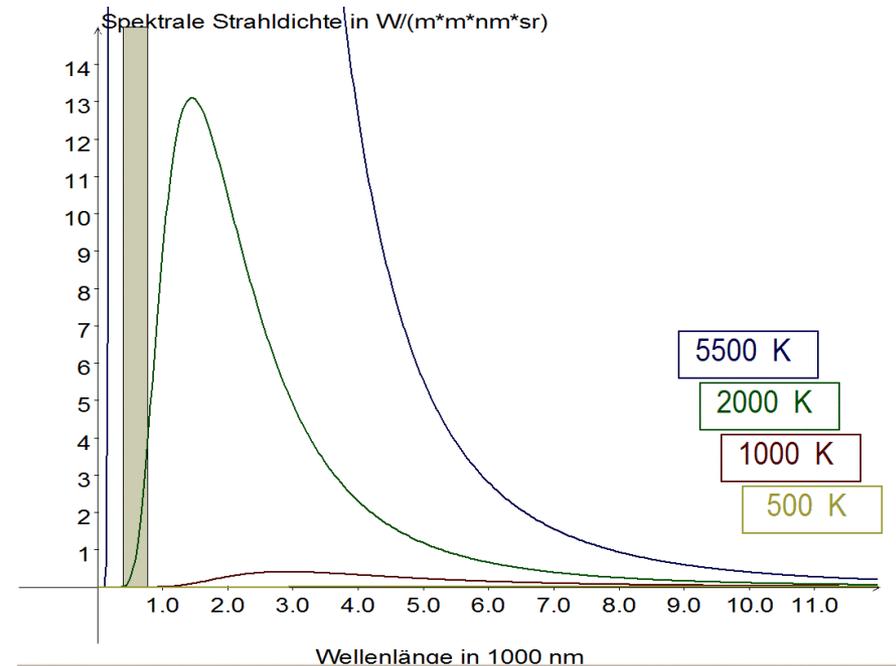
A) Vergleichen Sie die Gesamtstrahlung eines Körpers bei 0 °C und 100 °C .



B) Wie viel Energie strahlt die Seite eines Stahlwürfels (Seitenlänge 10 cm) bei einer Temperatur von 400 °C ($\varepsilon = 0,97$) in einer Sekunde ab?



Das Wien'sches Verschiebungsgesetz



Die Wellenlänge λ_{max} , bei der die Intensität der emittierten Strahlung ein Maximum hat, verschiebt sich mit steigender Temperatur zu kürzeren Wellenlängen.

$$\lambda_m \cdot T = konst = 0,2898 \text{ cm} \cdot \text{K}$$



Zum Wien'schen Verschiebungsgesetz

- Die durchschnittliche Hauttemperatur des Menschen liegt bei ca. 33°C . Bei welcher Wellenlänge liegt bei dieser Temperatur das Strahlungsmaximum des "schwarzen Strahlers"?



- Die Temperatur an der Sonnenoberfläche beträgt etwa 5700 K . Bei welcher Farbe liegt das Maximum des Sonnenlichts?

Wärmestrahlung ?



Link zum Experiment:

https://www.didaktikonline.physik.uni-muenchen.de/EP2_W_Video/6-3-5Lichtmuehle-1.m4v



Wärmestrahlung ?



Link zum Experiment:

https://www.didaktikonline.physik.uni-muenchen.de/EP2_W_Video/6-3-5Lichtmuehle-1.m4v



Durchführung

