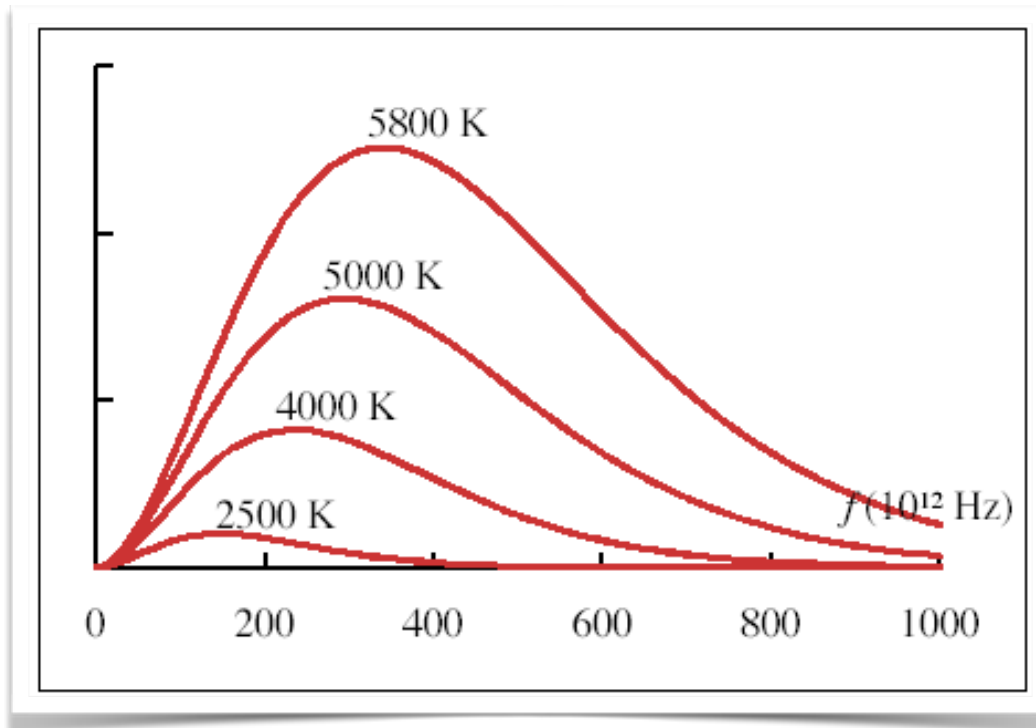


Wärmetransport von der Sonne



www.kpk-akademie.de

www.physikdidaktik.uni-karlsruhe.de



$$\frac{dj_E}{df} = \frac{2\pi h}{c^2} \cdot \frac{f^3}{e^{\frac{hf}{kT}} - 1}$$

j Energiestromdichte

f die Frequenz

h das Plancksche Konstante

c die Lichtgeschwindigkeit

k die Boltzmannkonstante

T absolute Temperatur

Eine völlig „entropiefreie“ Strahlung, die von einem nicht thermischen Strahler stammt, führt zur gleichen Erwärmung, wie die Strahlung eines schwarzen, thermischen Strahlers, wenn beide gleichviel Energie transportieren und diese vollständig absorbiert werden.

Folgerung:

An der Erwärmung eines Absorbers lässt sich nicht feststellen, ob die absorbierte Strahlung Wärme transportiert.

Dies lässt sich erst entscheiden, wenn man weiß, ob der Strahler abkühlt oder nicht.

Die durch elektromagnetische Strahlung transportierte Wärme

Der Begriff Wärme ist zunächst „umgangssprachlich“ besetzt.
In einer Wärmflasche steckt Wärme
Der Holzofen strahlt Wärme ab.

Zwei Arten von Strahlung: Licht und Wärmestrahlung
Holzofen: Wärmestrahlung
Mond: nur Licht
Sonne: Wärmestrahlung und Licht

Thermodynamik Plancks und Maxwells Elektrodynamik
Welche physikalische Größe deckt sich mit dem Begriff Wärme
am besten?

Die durch elektromagnetische Strahlung transportierte Wärme

$$dE = TdS$$

Energieänderung wird
Wärme genannt

$$\frac{dE}{dt} = T \frac{dS}{dt}$$

zeitlich Änderung der
Energie und der Entropie

$$\frac{dE}{dt} = P \quad \frac{dS}{dt} = I_S$$

Wenn Änderung von
Energie und Entropie
nur durch Ströme

Die durch elektromagnetische Strahlung transportierte Wärme

$$dE = TdS$$

Energieänderung wird
Wärme genannt

$$\frac{dE}{dt} = T \frac{dS}{dt}$$

zeitlich Änderung der
Energie und der Entropie

$$\frac{dE}{dt} = P \quad \frac{dS}{dt} = I_S + \sum S$$

Wenn Änderung der Energie
nur durch einen Strom,
Änderung der Entropie durch
einen Strom **und** durch
Erzeugung

$$P = T \cdot I_S$$

Die durch elektromagnetische Strahlung transportierte Wärme

$$dE = TdS$$

Energieänderung wird
Wärme genannt

$$\frac{dE}{dt} = T \frac{dS}{dt}$$

zeitlich Änderung der
Energie und der Entropie

$$\frac{dE}{dt} = P \quad \frac{dS}{dt} = I_S + \sum S$$

Wenn Änderung der Energie
nur durch einen Strom,
Änderung der Entropie durch
einen Strom **und** durch
Erzeugung

$$P = \frac{3}{4} T \cdot I_S$$

Bedingung: Schwarzer Strahler
und Strahlung ins Leere

Gesamtenergiestrom eines schwarzen Strahlers.
Wie viel Wärme transportiert die Strahlung?

(1) Wärmestromstärke = $T \cdot I_S$

(2) Wärmestromstärke = $\frac{3}{4} T \cdot I_S$

(3) Wärmestromstärke = P

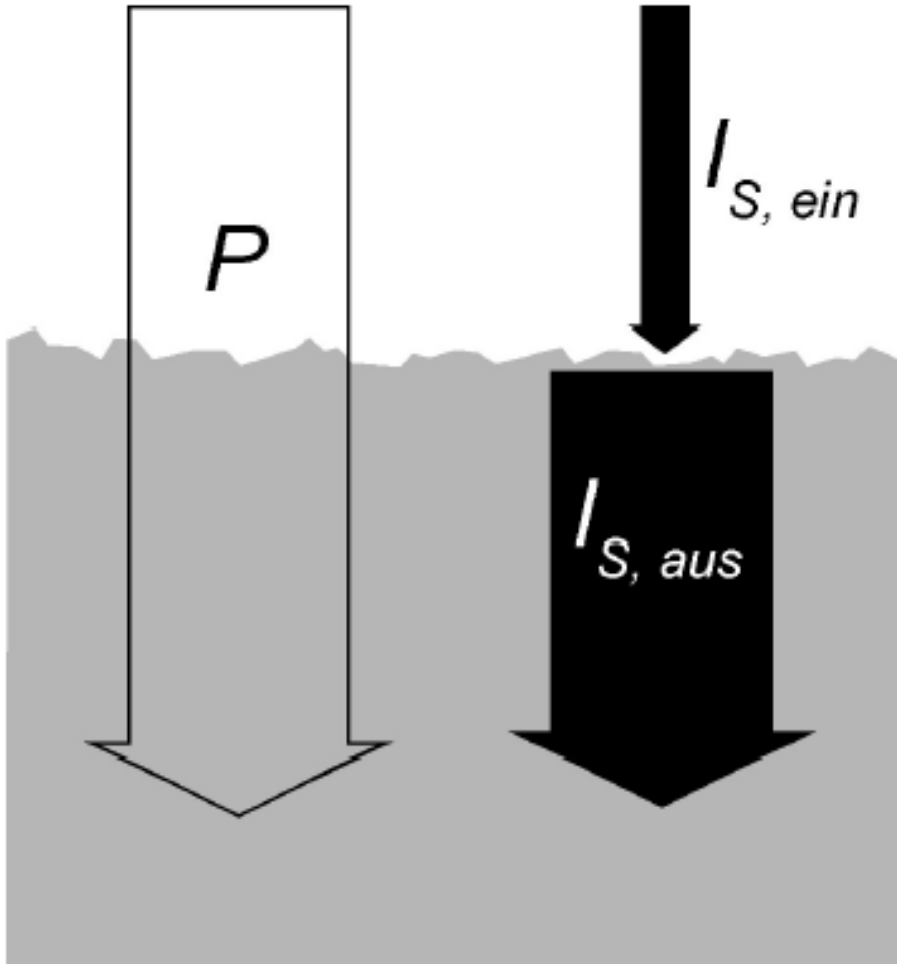
Welche physikalische Größe als Wärmemaß?

Sonnenlicht

$$I_s = \frac{3 P}{4 T} = \frac{3 \cdot 1000 \text{ W}}{4 \cdot 6000 \text{ K}} = 0,22 \frac{\text{Ct}}{\text{s}}$$

Ist das die Wärme, die man spürt?

Absorption von Strahlung



$$P_{\text{ein}} = P_{\text{aus}}$$

$$\frac{3}{4} T_{\text{Strahlung}} \cdot I_{S, \text{ein}} = T_{\text{Absorber}} \cdot I_{S, \text{aus}}$$

mit $I_{S, \text{erz}} = I_{S, \text{aus}} - I_{S, \text{ein}}$

$$\frac{I_{S, \text{erz}}}{I_{S, \text{aus}}} = 1 - \frac{I_{S, \text{ein}}}{I_{S, \text{aus}}} = 1 - \frac{4}{3} \frac{T_{\text{Absorber}}}{T_{\text{Strahlung}}}$$

$$\frac{I_{S,erz}}{I_{S,aus}} = 1 - \frac{I_{S,ein}}{I_{S,aus}} = 1 - \frac{4 T_{\text{Absorber}}}{3 T_{\text{Strahlung}}}$$

$$= 1 - \frac{4 T_{\text{Erde}}}{3 T_{\text{Sonne}}}$$

$$= 1 - \frac{4 \cdot 300\text{K}}{3 \cdot 6000\text{K}}$$

$$= 0,93 = 93\%$$



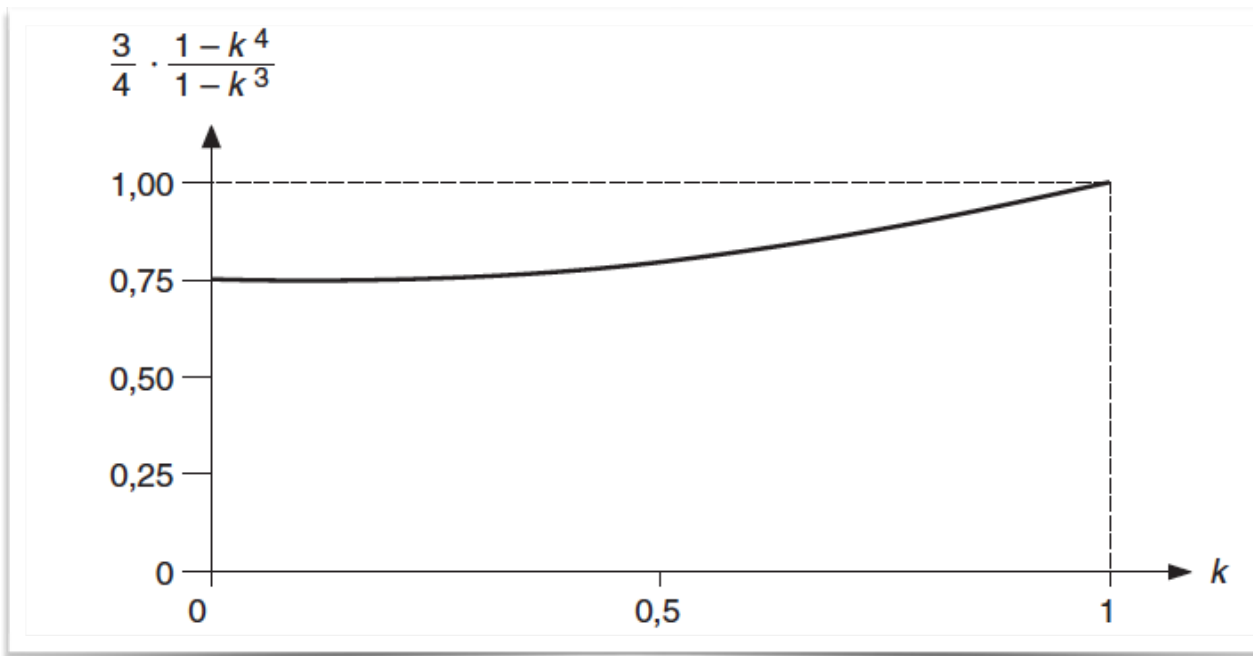
7% der absorbierten Entropie kommen von der Sonne

93% der absorbierten Entropie wurden bei der Absorption erzeugt

$$P = \frac{3}{4} T_{\text{Strahlung}} I_{S,\text{ein}}$$

$$P = \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{1-k^4}{1-k^3} \right) T_2 I_S$$

$$k = \frac{T_1}{T_2} \quad T_1 < T_2$$



$$P = 0,804 \cdot T_2 I_S$$

$$0,804 \cdot T_2 I_{S,\text{ein}} = T_1 I_{S,\text{aus}}$$

$$\frac{I_{S,\text{erz}}}{I_{S,\text{aus}}} = 1 - \frac{1}{0,804} \frac{300\text{K}}{600\text{K}}$$

$$= 0,38 = 38\%$$

38% der absorbierten Entropie wurden bei der Absorption erzeugt

62% der absorbierten Entropie kommen vom Ofen



Begriff Wärmestrahlung wenig eindeutig.

Taugt nicht für ein Konzept, das sich wissenschaftlich nennen möchte.

Besser als die Energieform Wärme ist als Wärmemaß die Entropie geeignet. Man kann

- .. verschiedene Strahlungen, was den Entropietransport angeht, vergleichen.

- .. klar sagen, bei welchem Prozess Entropie erzeugt wurde.

Aussagen stimmen mit denen entsprechenden überein, wenn man statt der physikalischen Größe Entropie das umgangssprachliche Wort Wärme benutzt.

Wärmetransport von der Sonne



www.kpk-akademie.de

www.physikdidaktik.uni-karlsruhe.de

Entropietransport von der Sonne



www.kpk-akademie.de

www.physikdidaktik.uni-karlsruhe.de