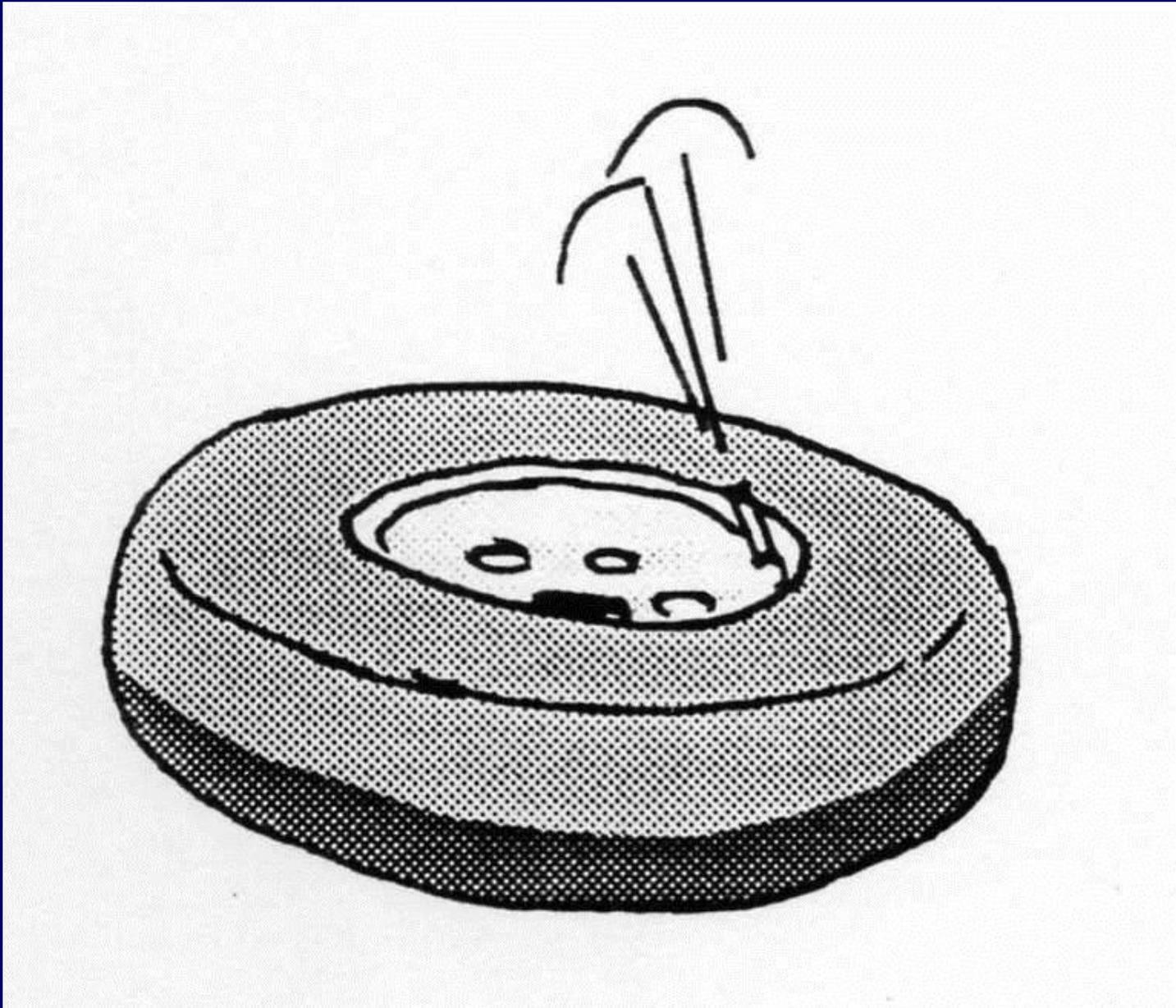
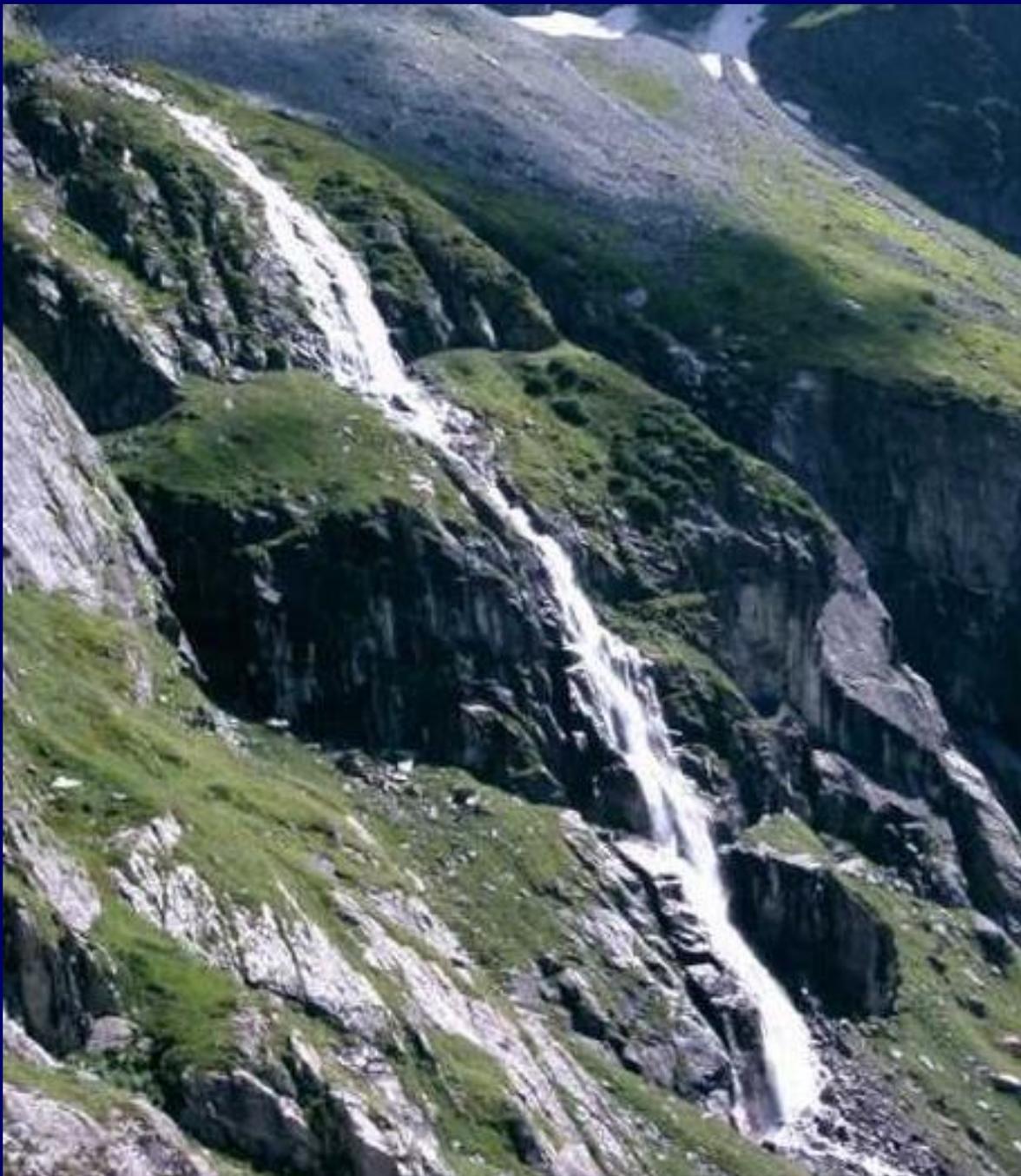


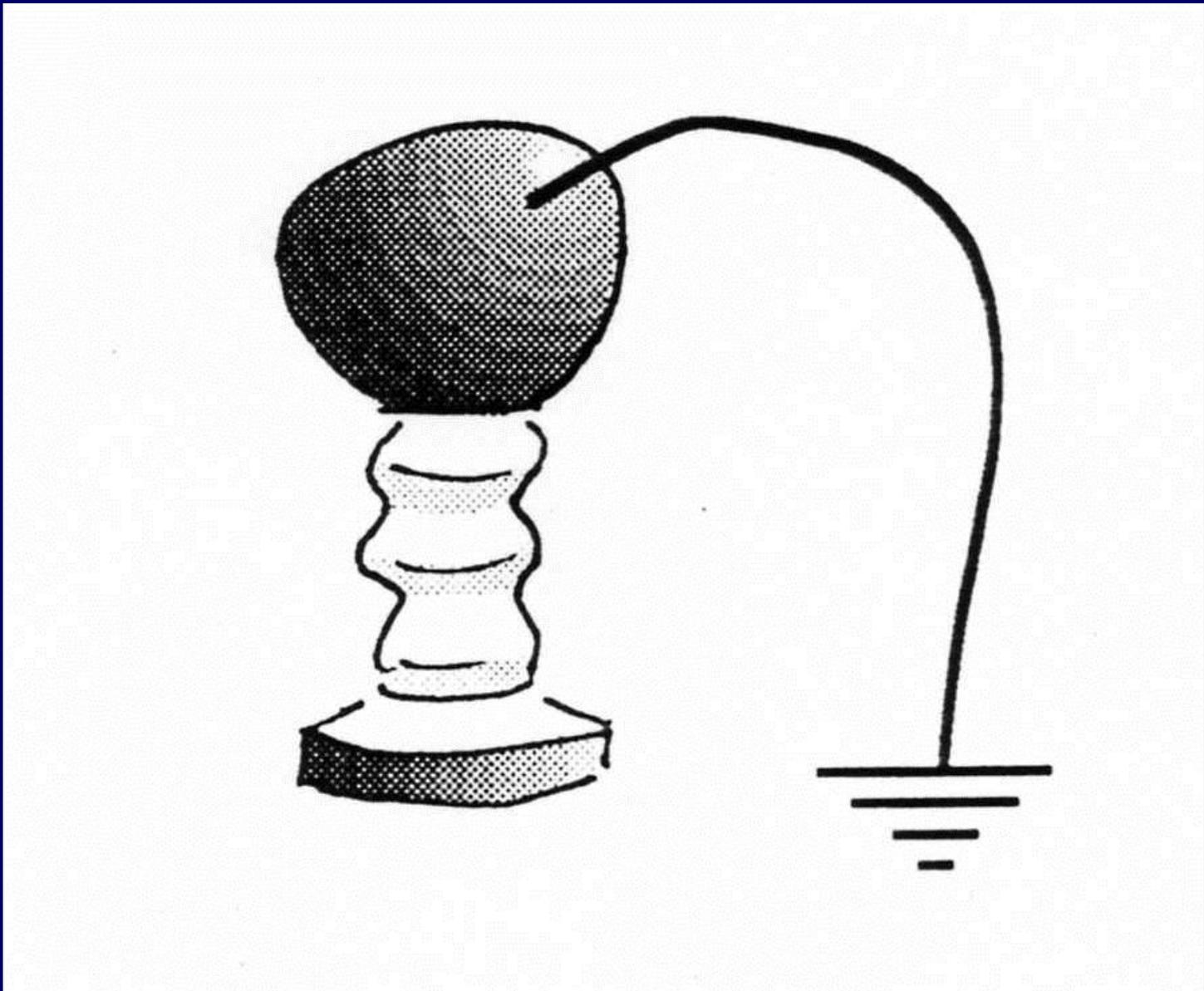


DER KARSLRUHER PHYSIKKURS

Unterricht zur Wärmelehre auf der Basis des KPK









DER KARSLRUHER PHYSIKKURS

Wärmelehre ohne Entropie und Entropieströme

ist wie

Elektrizitätslehre ohne elektrische Ladung und elektrische Ströme

und wie

Mechanik ohne Impuls und Kraft.

Entropie und Entropieströme



Die Temperatur gibt an, wie warm (oder kalt) ein Gegenstand ist; sie dient als Maß für die Intensität der Wärme (oder Kälte).

Einheit: °C

Symbol: ϑ



Entropie und Entropieströme

Um Teewasser zu erhitzen, stellt man einen Teekessel auf die Herdplatte. Die Herdplatte gibt Wärme an den Teekessel und an das Wasser ab. Je länger man den Kessel auf der Platte stehen lässt, desto mehr Wärme geht ins Wasser, und desto wärmer wird das Wasser.



Entropie und Entropieströme

Um Teewasser zu **erhitzen**, stellt man einen Teekessel auf die Herdplatte. Die Herdplatte gibt Wärme an den Teekessel und an das Wasser ab. Je länger man den Kessel auf der Platte stehen lässt, desto mehr Wärme geht ins Wasser, und desto **wärmer** wird das Wasser.



Entropie und Entropieströme

Um Teewasser zu **erhitzen**, stellt man einen Teekessel auf die Herdplatte. Die Herdplatte gibt Wärme an den Teekessel und an das Wasser ab. Je länger man den Kessel auf der Platte stehen lässt, desto mehr Wärme geht ins Wasser, und desto **wärmer** wird das Wasser.

Füllt man das Wasser je zur Hälfte in zwei Teetassen, dann enthält jede Tasse die Hälfte der Wärme, die im Wasser insgesamt drin war.



Entropie und Entropieströme

Um Teewasser zu **erhitzen**, stellt man einen Teekessel auf die Herdplatte. Die Herdplatte gibt **Wärme** an den Teekessel und an das Wasser ab. Je länger man den Kessel auf der Platte stehen lässt, desto mehr **Wärme** geht ins Wasser, und desto **wärmer** wird das Wasser.

Füllt man das Wasser je zur Hälfte in zwei Teetassen, dann enthält jede Tasse die Hälfte der **Wärme**, die im Wasser insgesamt drin war.

1. Temperatur und Entropie

Die Entropie ist ein Maß für die Menge an Wärme.
(Entropie ist das, was man umgangssprachlich Wärme nennt.)

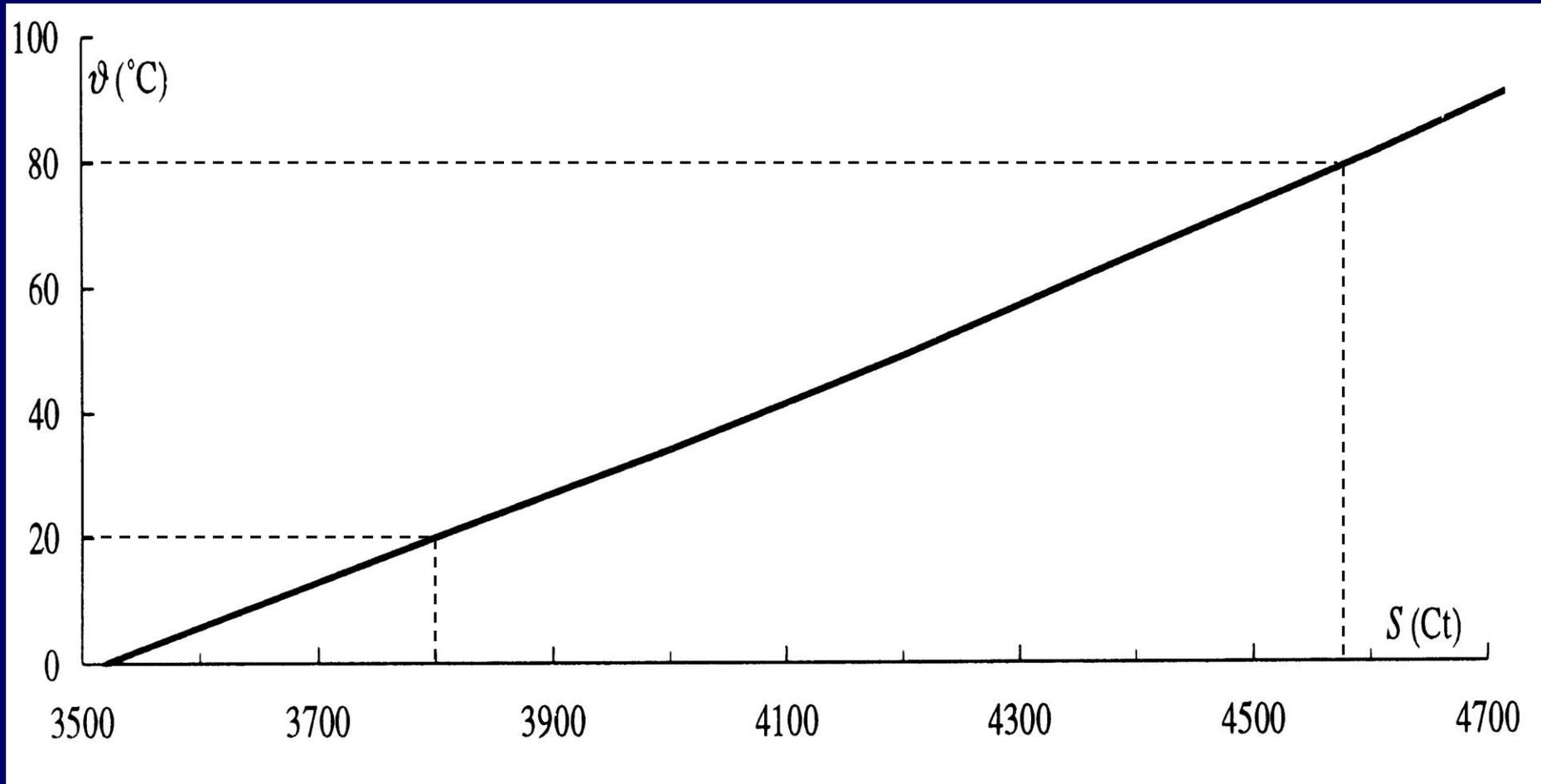
Einheit: 1 Carnot (1 Ct) Sadi Carnot (1796-1832)

Symbol: S

1 Liter Wasser (bei 20 °C) ca.	4 000 Ct
1 kg Aluminium (bei 20 °C) ca.	1 000 Ct
1 kg Kupfer (bei 20 °C) ca.	500 Ct

1 Ct ist diejenige Entropiemenge, mit der man bei Normaldruck
0,893 cm³ Eis schmilzt.

1. Temperatur und Entropie



Temperatur als Funktion des Entropieinhalts für 1 kg Wasser.

1. Temperatur und Entropie

Die Entropie ist ein Maß für die Menge an Wärme.
(Entropie ist das, was man umgangssprachlich Wärme nennt.)

Einheit: 1 Carnot (1 Ct) Sadi Carnot (1796-1832)

Symbol: S

1 Liter Wasser (bei 20 °C) ca.	4 000 Ct
1 kg Aluminium (bei 20 °C) ca.	1 000 Ct
1 kg Kupfer (bei 20 °C) ca.	500 Ct

1 Ct ist diejenige Entropiemenge, mit der man bei Normaldruck
0,893 cm³ Eis schmilzt.

Ein Gegenstand enthält umso mehr Entropie

- je höher seine Temperatur ist
- je größer seine Masse ist.

1. Temperatur und Entropie

Entropie strömt von selbst von Stellen höherer zu Stellen niedrigerer Temperatur.

Hoch ist hier Frau Böck zu preisen!
Denn ein heißes Bügeleisen,
Auf den kalten Leib gebracht,
Hat es wiedergutmacht.



1. Temperatur und Entropie

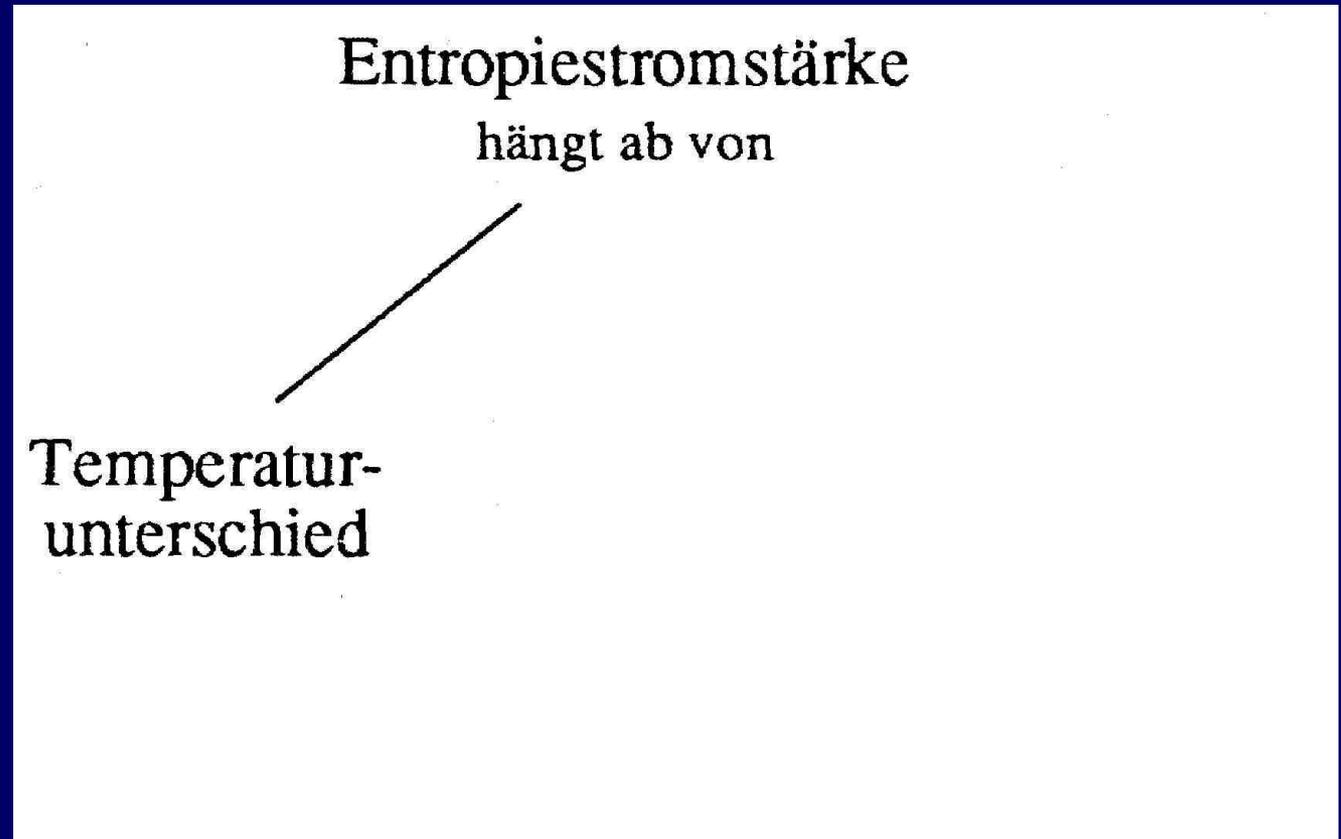
Entropie strömt von selbst von Stellen höherer zu Stellen niedrigerer Temperatur.

Ein Temperaturunterschied ist ein Antrieb für einen Entropiestrom.

1. Temperatur und Entropie

Entropie strömt von selbst von Stellen höherer zu Stellen niedrigerer Temperatur.

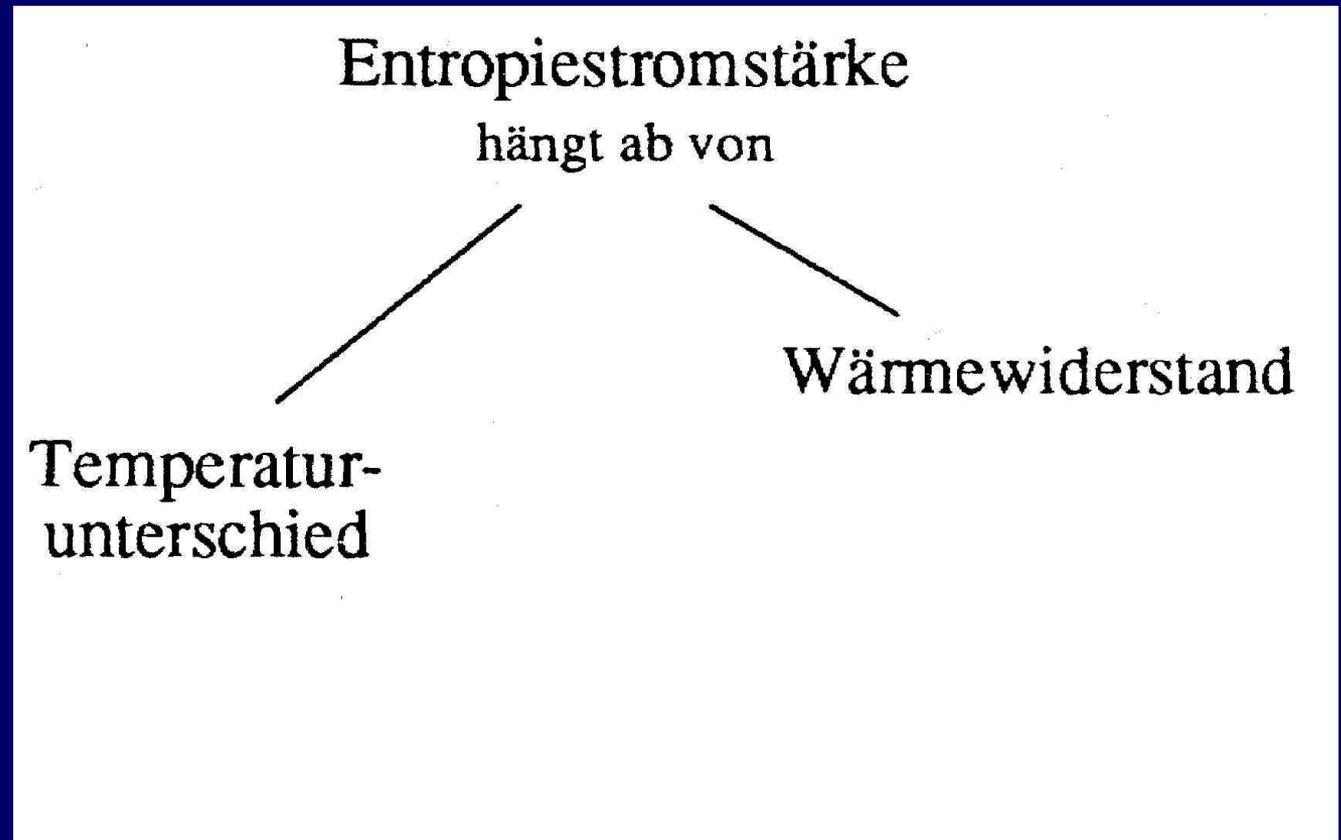
Ein Temperaturunterschied ist ein Antrieb für einen Entropiestrom.



1. Temperatur und Entropie

Entropie strömt von selbst von Stellen höherer zu Stellen niedrigerer Temperatur.

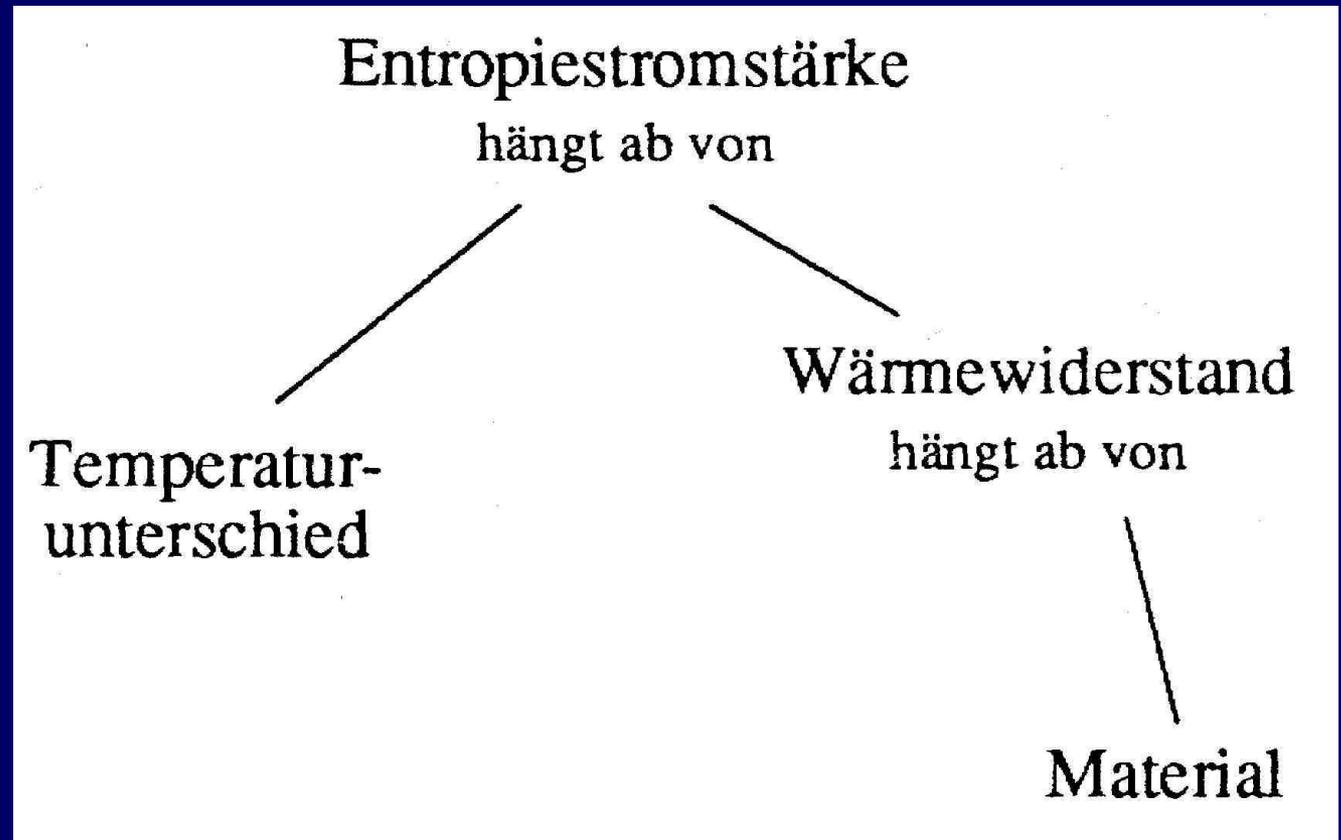
Ein Temperaturunterschied ist ein Antrieb für einen Entropiestrom.



1. Temperatur und Entropie

Entropie strömt von selbst von Stellen höherer zu Stellen niedrigerer Temperatur.

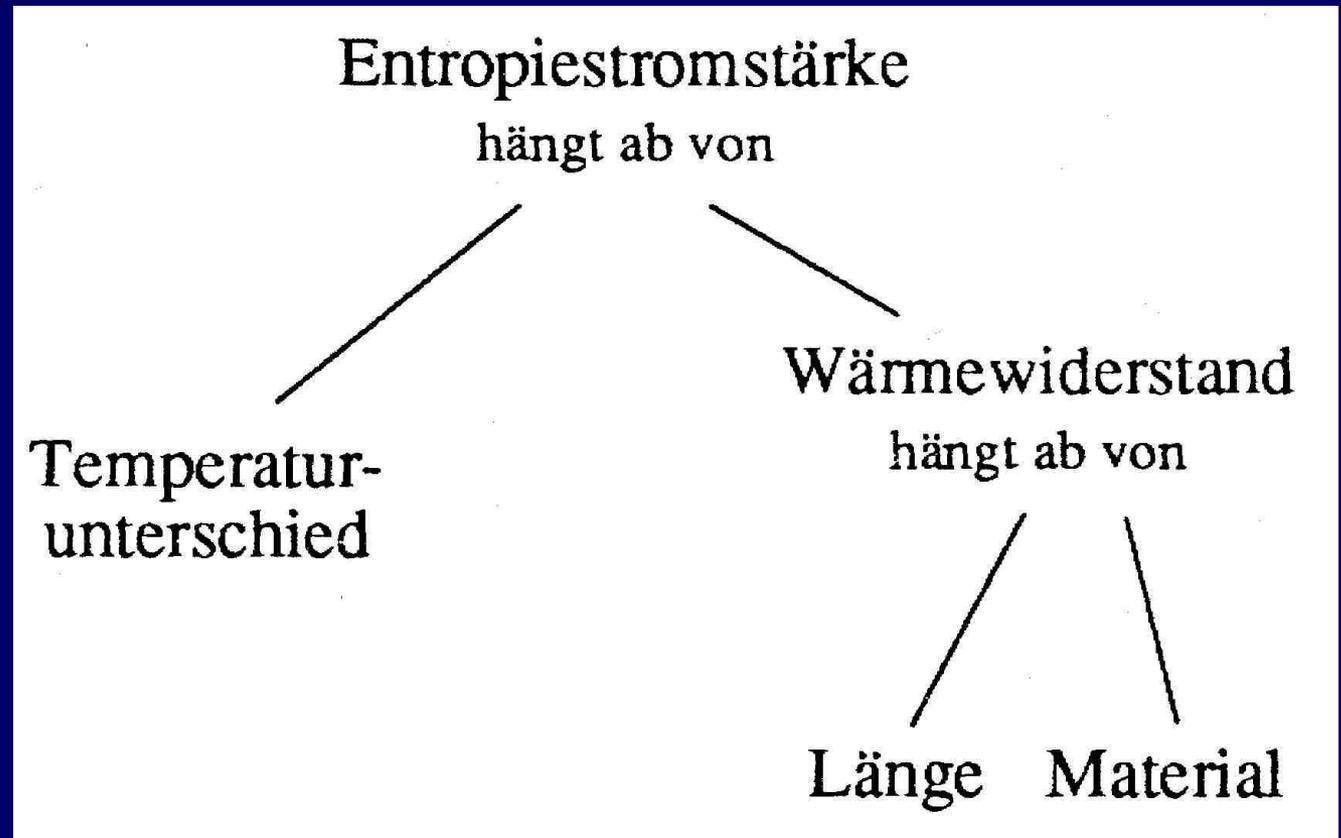
Ein Temperaturunterschied ist ein Antrieb für einen Entropiestrom.



1. Temperatur und Entropie

Entropie strömt von selbst von Stellen höherer zu Stellen niedrigerer Temperatur.

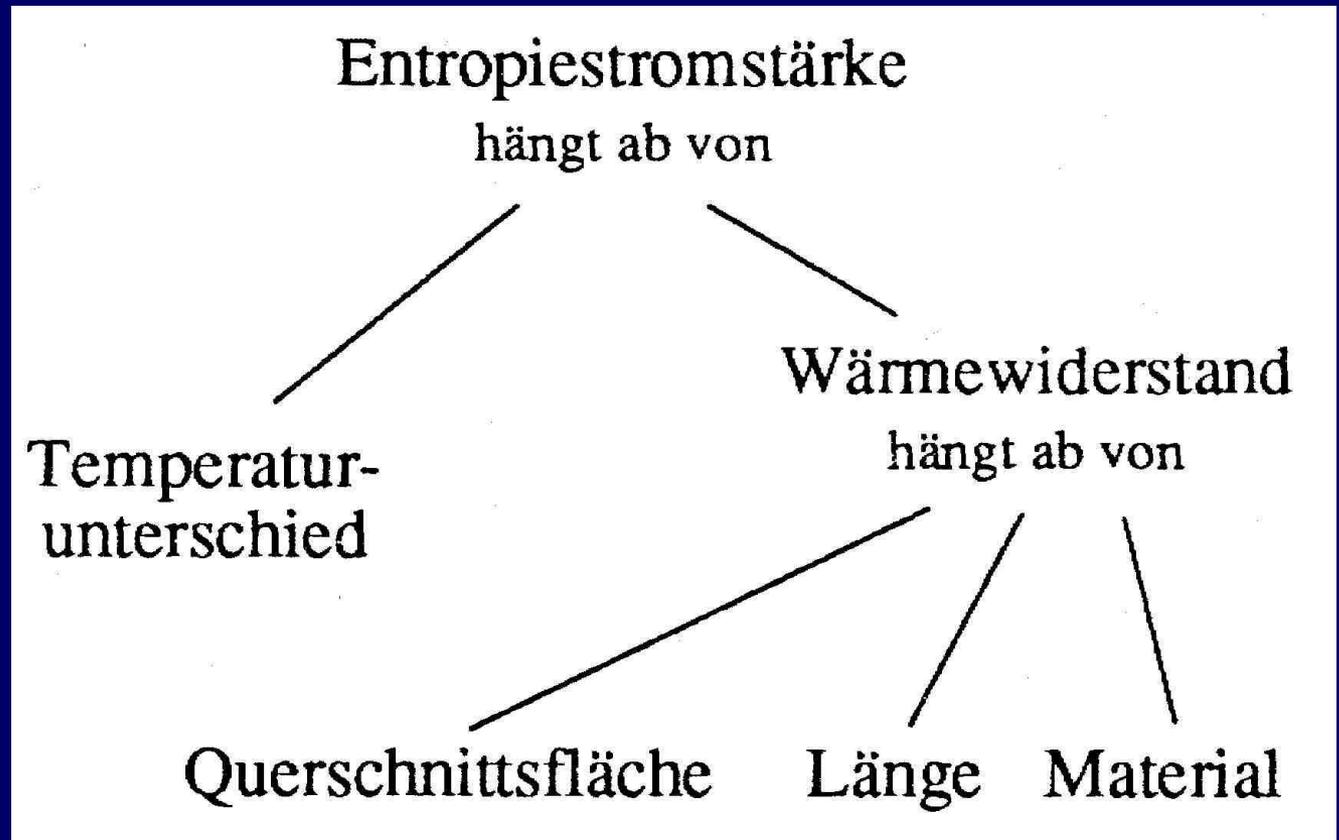
Ein Temperaturunterschied ist ein Antrieb für einen Entropiestrom.



1. Temperatur und Entropie

Entropie strömt von selbst von Stellen höherer zu Stellen niedrigerer Temperatur.

Ein Temperaturunterschied ist ein Antrieb für einen Entropiestrom.



1. Temperatur und Entropie

Entropie kann nicht vernichtet werden.

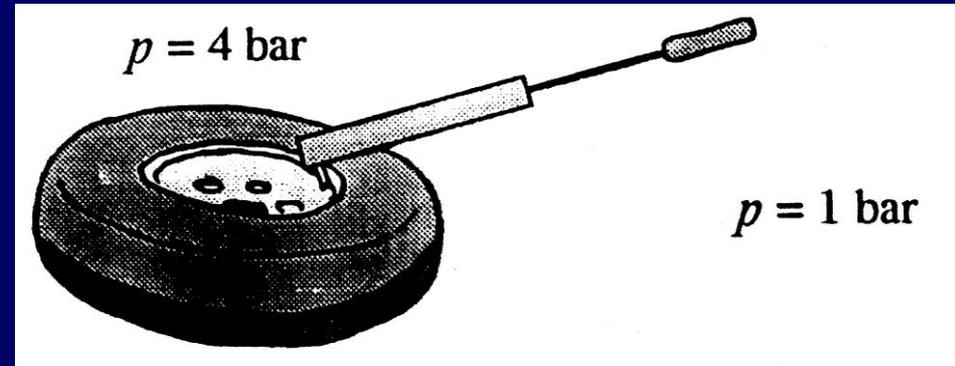
1. Temperatur und Entropie

Entropie kann erzeugt, aber nicht vernichtet werden.

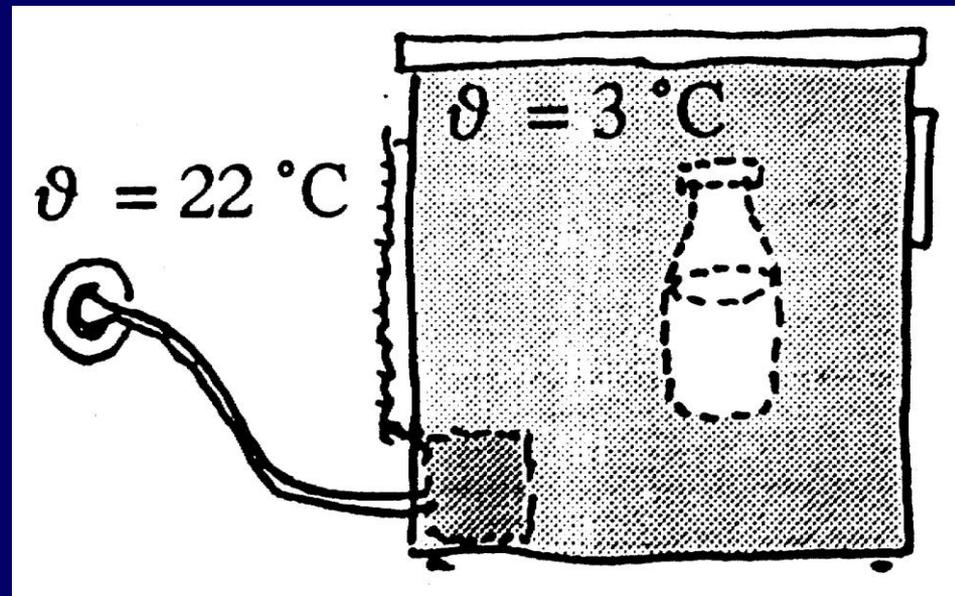
Vorgänge, bei denen Entropie erzeugt wird, sind irreversibel (nicht umkehrbar).

2. Wärmepumpen

Eine Luftpumpe befördert Luft von Stellen niedrigeren zu Stellen höheren Drucks.



Eine Wärmepumpe befördert Entropie von Stellen niedrigerer zu Stellen höherer Temperatur.





Oberschlächtiges Wasserrad

CD Energiewelten, 153/001



Wasserkraftwerk
Peltiermodul

CD Energiewelten, 153/005

3. Die absolute Temperatur

Entzieht man einem Körper mit einer sehr guten Wärmepumpe immer mehr Entropie, so stellt man fest:

- Man kommt der Temperatur $-273,15\text{ °C}$ beliebig nahe, kann sie aber nicht unterschreiten, so sehr man sich auch anstrengt.
- Bei dieser Temperatur fördert die Pumpe keine Entropie mehr.

Daraus schließt man: Die Körper enthalten keine Entropie mehr.

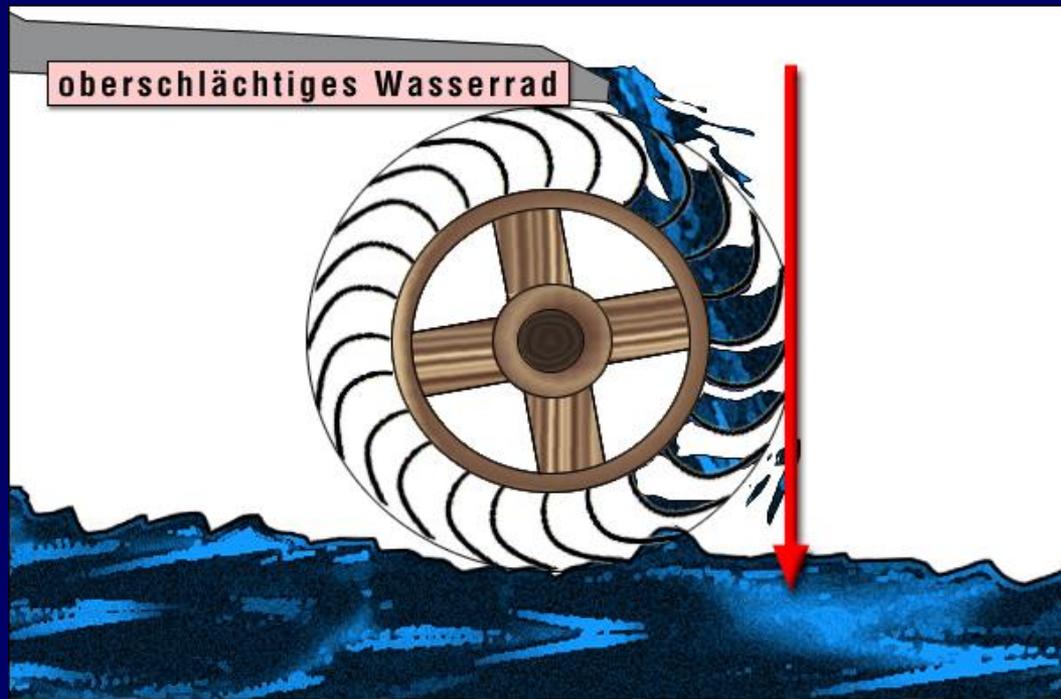
Die tiefste mögliche Temperatur wird als Nullpunkt einer neuen Temperaturskala festgelegt, der absoluten Temperatur.

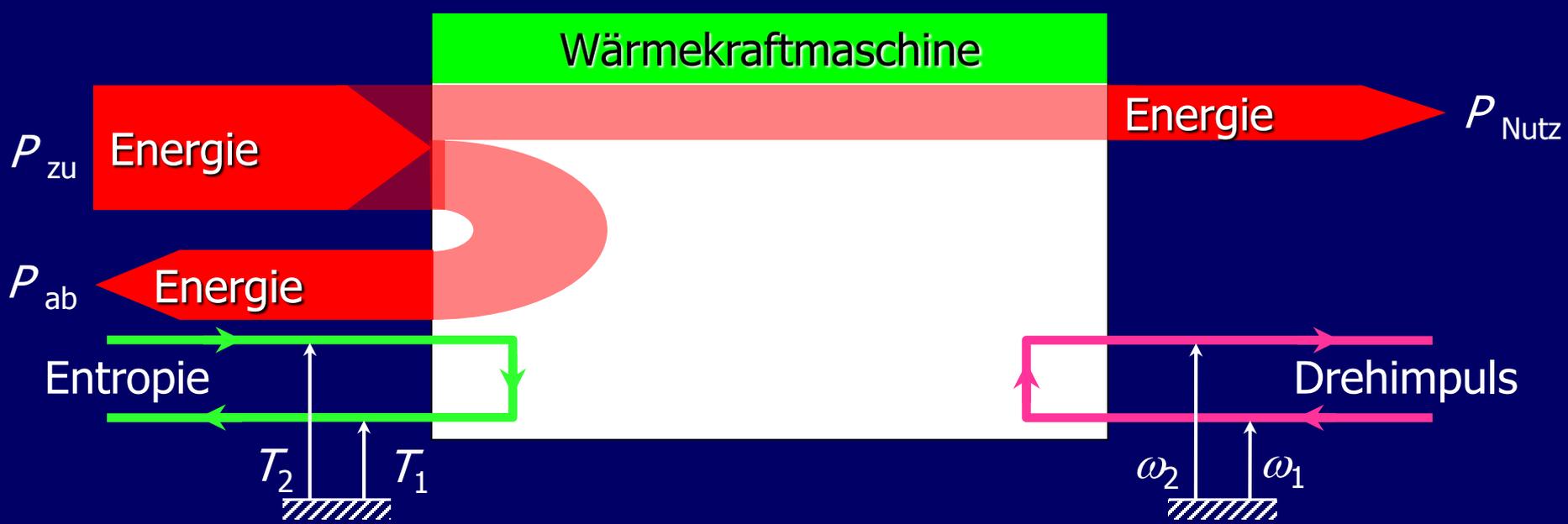
Einheit: K Symbol: T

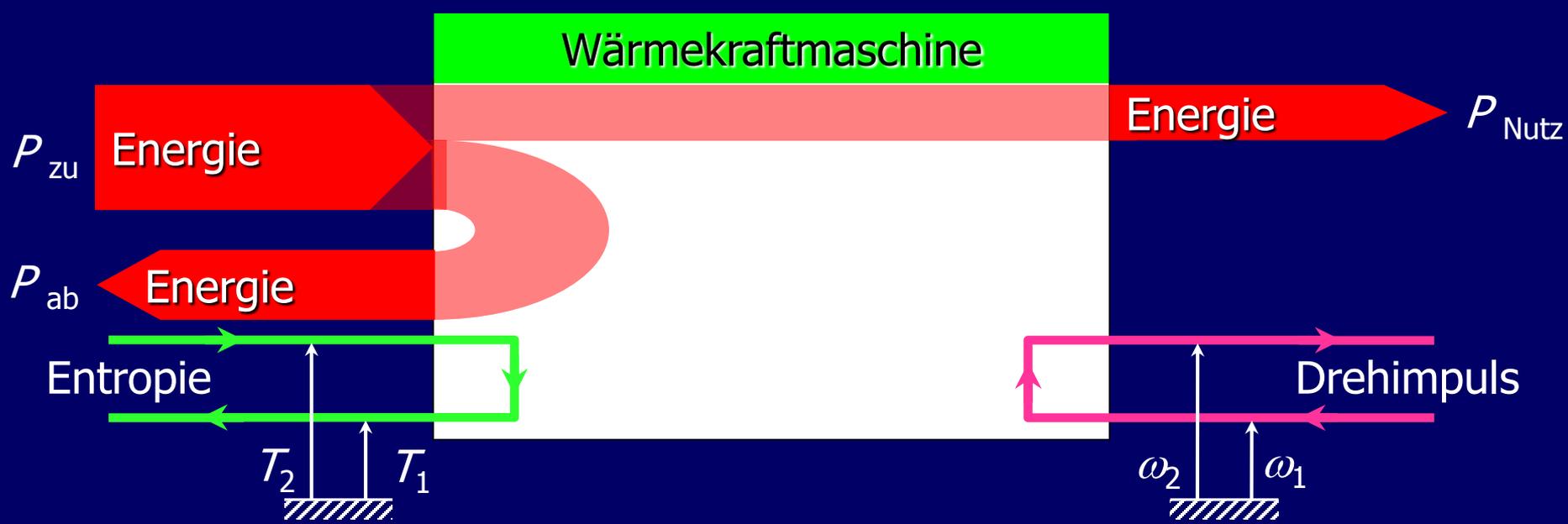
Entropie und Energie

$$P = \varphi \cdot I$$

$$P = T \cdot I_S$$







Thermodynamischer Wirkungsgrad (oder Carnot-Wirkungsgrad)

Definition:
$$\eta = \frac{P_{Nutz}}{P_{zu}}$$

Wenn keine zusätzliche Entropie erzeugt wird, folgt mit $P = T \cdot I_S$ der Carnot-Faktor

$$\eta = \frac{T_2 - T_1}{T_2}$$



DER KARSLRUHER PHYSIKKURS

Unterricht zur Wärmelehre auf der Basis des KPK



DER KARSLRUHER PHYSIKKURS

Weitere Themen

Entropie aus
kinetischer Sicht

Gravitodynamischer
Wirkungsgrad

Flussdiagramm
Wärmepumpe

„Gravitodynamischer Wirkungsgrad“?

Definition: $\eta = \frac{P_{Nutz}}{P_{zu}}$

Mit $P = g \cdot h \cdot I_m$ folgt $\eta = \frac{h_2 - h_1}{h_2}$

Carnot-Faktor für Wasserräder?

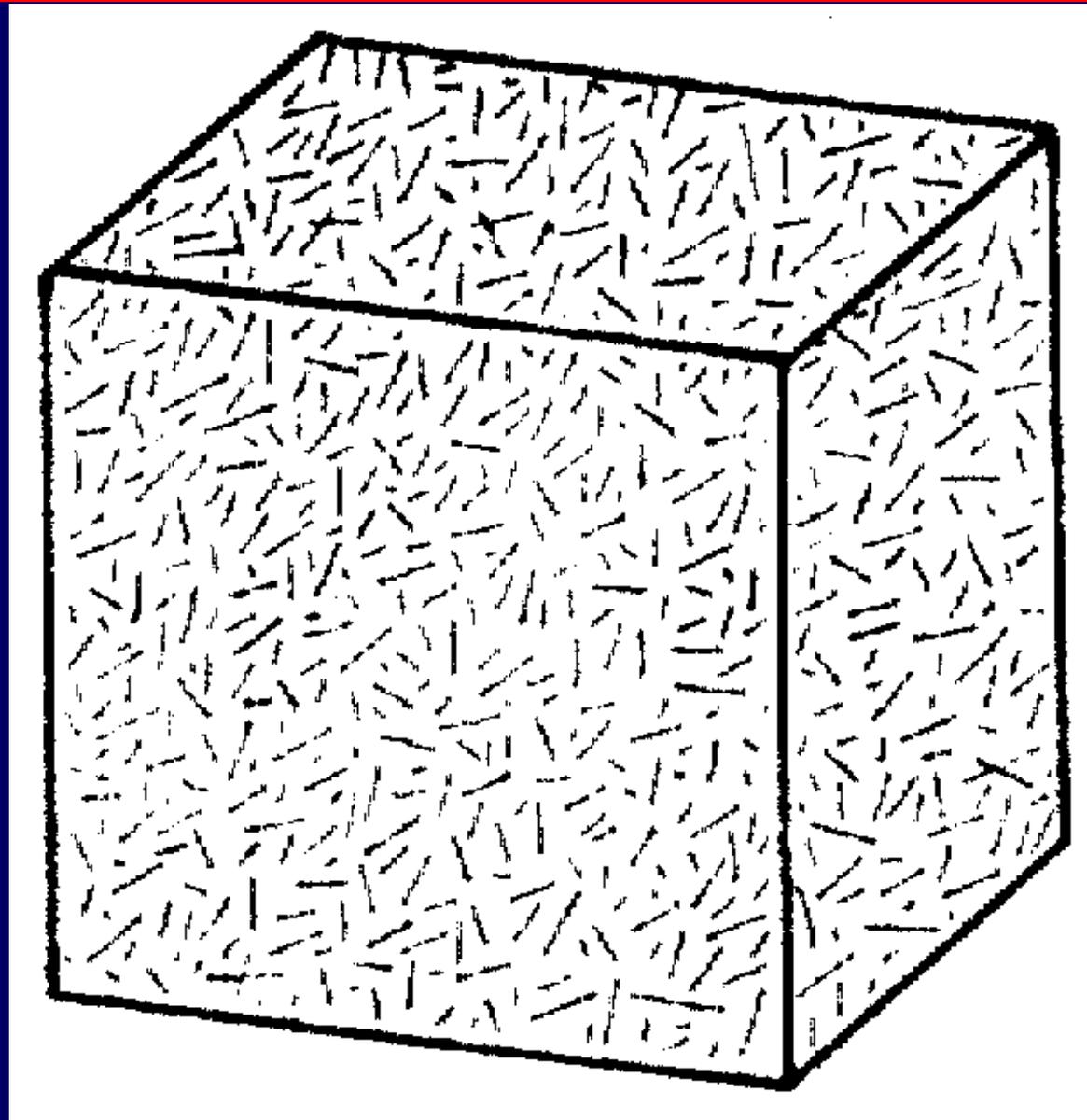


Zurück

Entropie aus kinetischer Sicht

Ein Mikrozustand eines Gases („Momentaufnahme“):

Anzahl, Ort und Geschwindigkeit der Gasteilchen sind durch Anzahl, Position und Länge der Striche symbolisch dargestellt.



Entropie aus kinetischer Sicht

Größere Stoffmenge (mehr Teilchen):

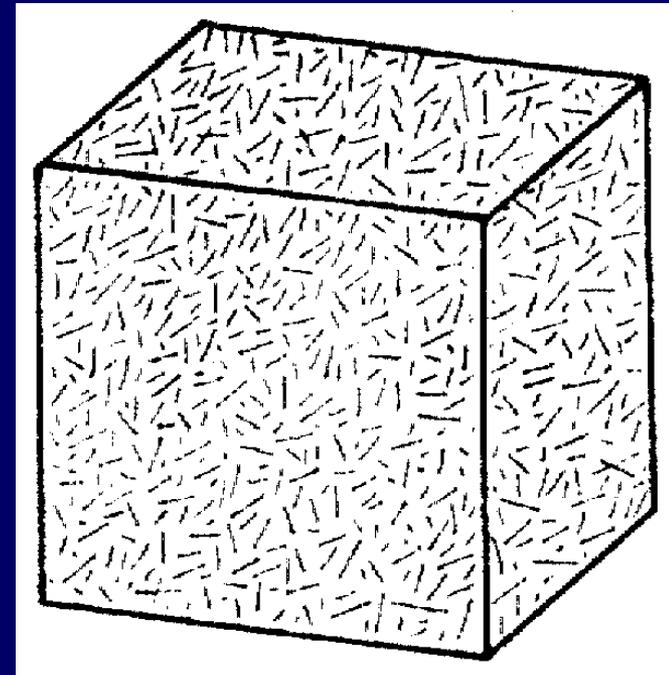
Mehr Striche,

also mehr unterscheidbare Mikrozustände (Momentaufnahmen),

also mehr Unordnung,

also mehr Entropie.

Ein Gegenstand enthält umso mehr Entropie, je größer seine Masse ist.



Entropie aus kinetischer Sicht

Höhere Temperatur (bei gleichem Volumen und gleicher Teilchenzahl):

Breitere Geschwindigkeitsverteilung,

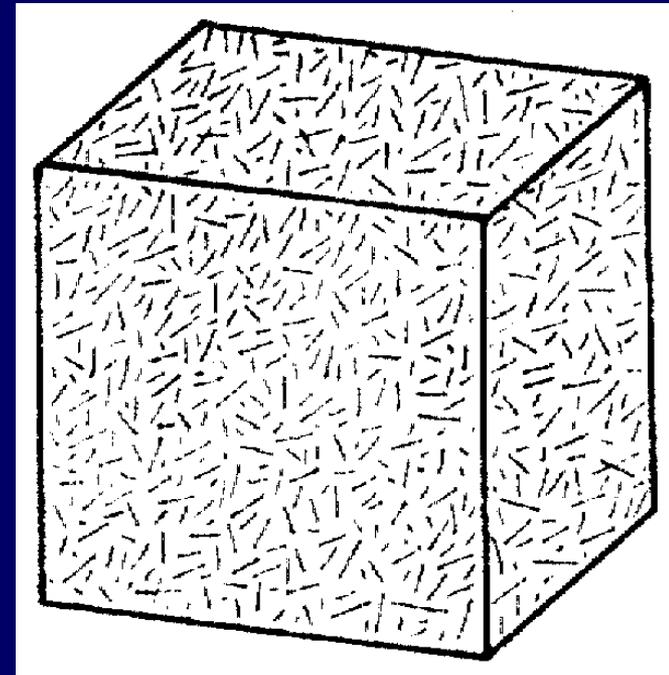
also mehr verschiedene Strichlängen,

also mehr unterscheidbare Mikrozustände (Momentaufnahmen),

also mehr Unordnung,

also mehr Entropie.

Ein Gegenstand enthält umso mehr Entropie, je höher seine Temperatur ist.



Entropie aus kinetischer Sicht

Als quantitatives Maß für die Unordnung (= Entropie) S eines Makrozustandes definiert man

$$S = -k \sum_{i=1}^{\Omega} p_i \cdot \ln p_i$$

Ω : Zahl der Mikrozustände zum selben Makrozustand

p_i : Wahrscheinlichkeit für das Auftreten des i -ten Mikrozustandes

k : Boltzmann-Konstante

Für „Gleichgewichtszustände“ (das System befindet sich im thermischen Gleichgewicht) sind alle Mikrozustände gleich wahrscheinlich

$$p_1 = p_2 = p_3 = \dots = p_{\Omega} = \frac{1}{\Omega}$$

Damit gilt

$$S = -k \cdot \Omega \cdot \frac{1}{\Omega} \cdot \ln \frac{1}{\Omega}$$

$$S = k \cdot \ln \Omega$$

Entropie aus kinetischer Sicht

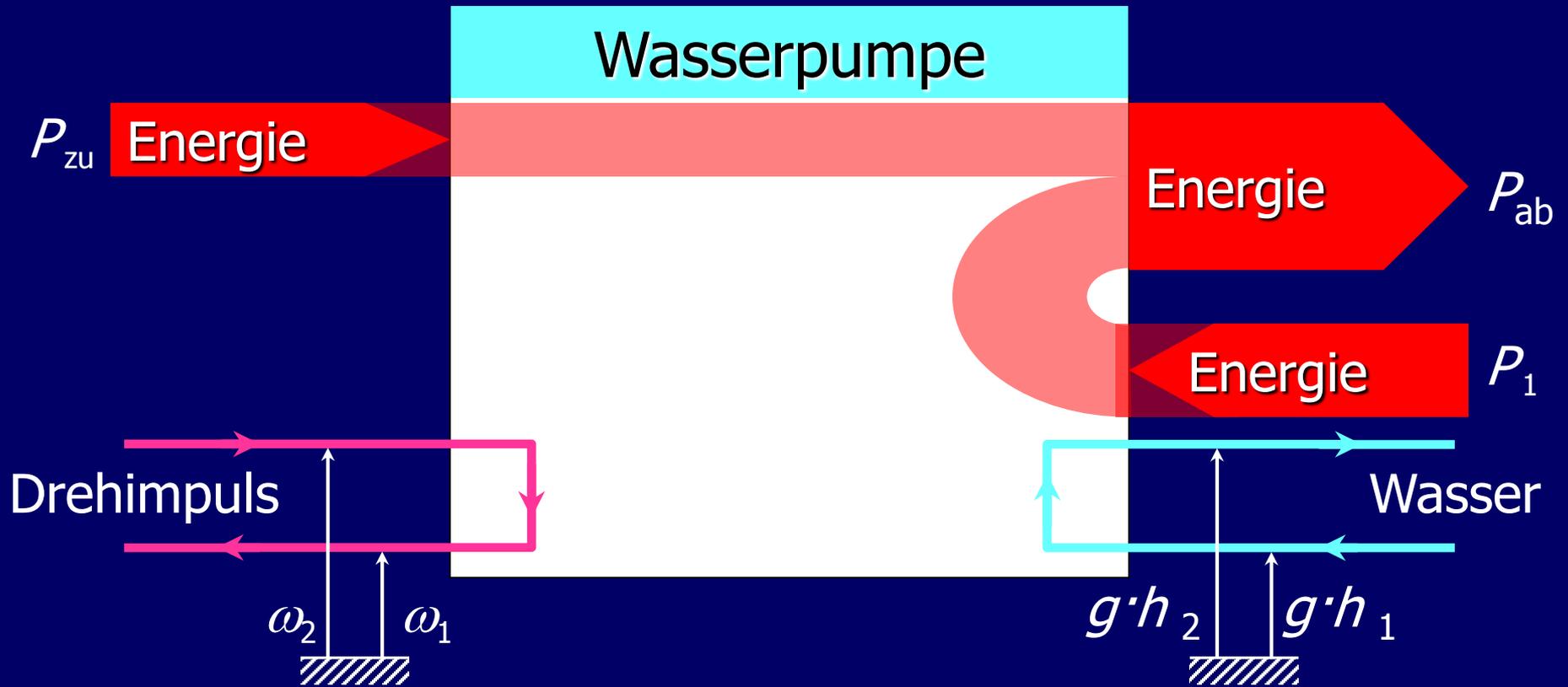
Die Entropie ist ein Maß für die Unordnung hinsichtlich jedweden Merkmals, durch das sich die Teilchen unterscheiden können.

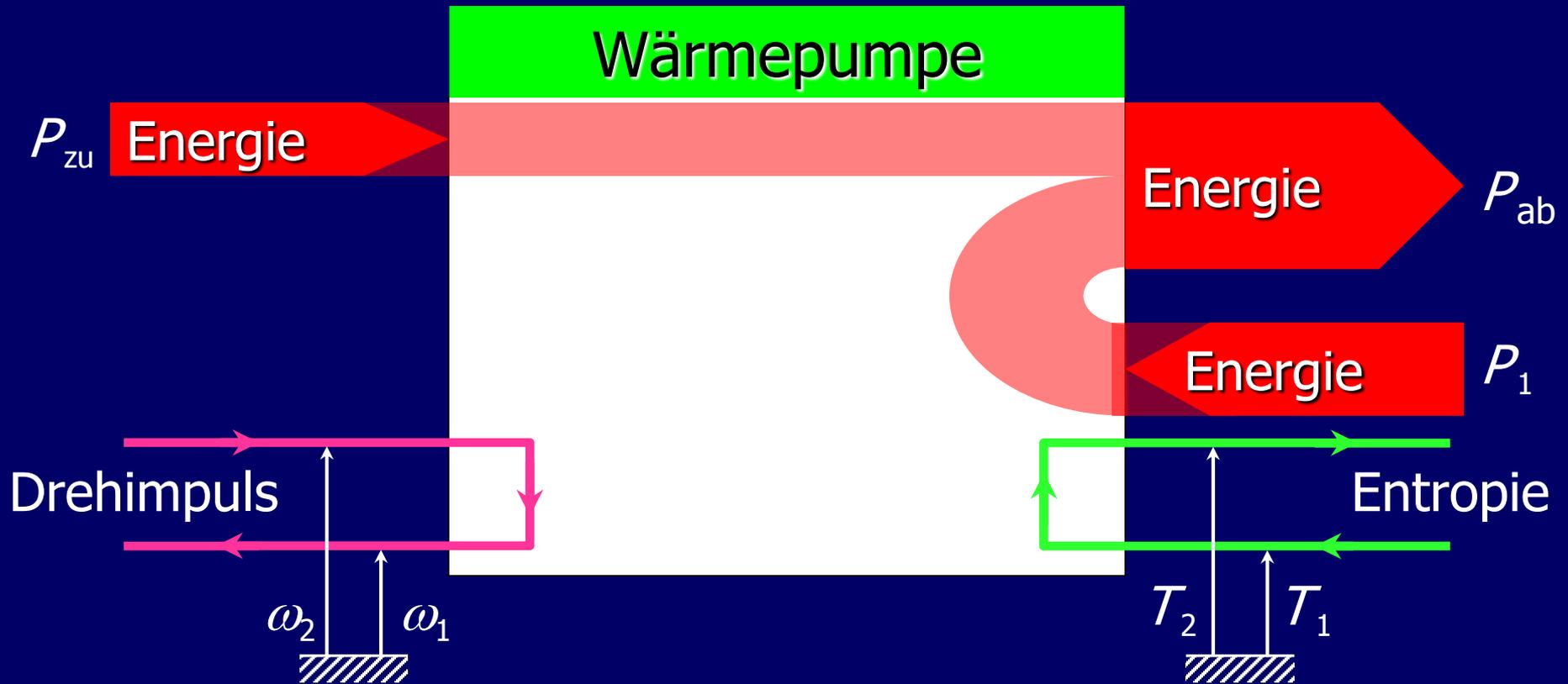
Da ein kinetisch modelliertes Gas aus sehr vielen Teilchen mit sehr vielen unterschiedlichen Geschwindigkeiten besteht, ist die Zahl der Mikrozustände unvorstellbar groß: Schon für ein Modellgas aus nur 15 Teilchen beträgt bei Normalbedingungen $\Omega \approx 10^{89}$.

Weiteres zur Entropie aus kinetischer Sicht:

Job, Georg (1984). Entropie aus molekularkinetischer Sicht. MNU 8/37, S. 459-467.

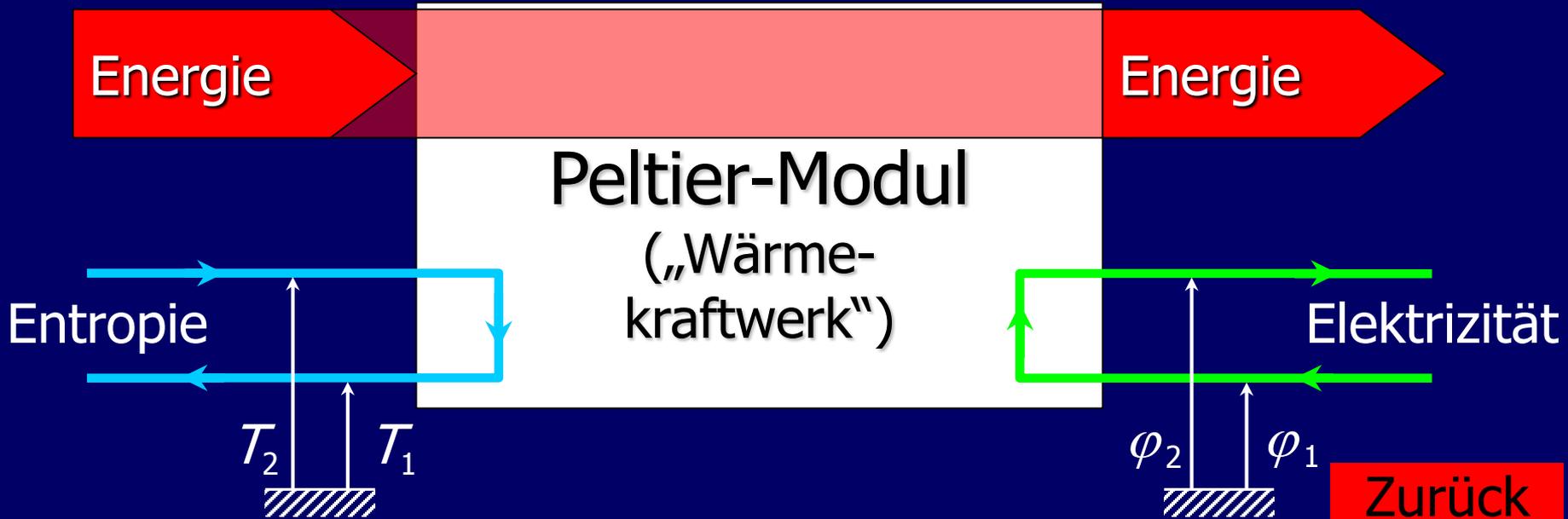
Zurück





Zurück





Zurück