

Entropie und Temperatur

Entropie
von Anfang an

Wärmelehre: physikalische Größen

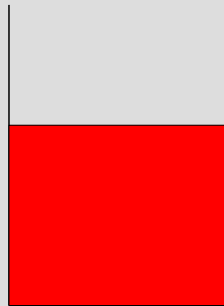
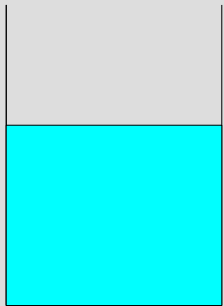
- Temperatur (zunächst in $^{\circ}\text{C}$ - bekannt)



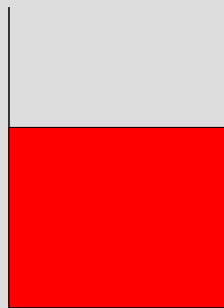
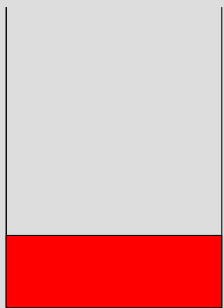
- Um zu beschreiben, wie viel Wärme ein Körper enthält, braucht man eine zweite Größe: die Entropie, angegeben in Ct (Carnot)

Eigenschaften der Entropie

Was enthält mehr Entropie?

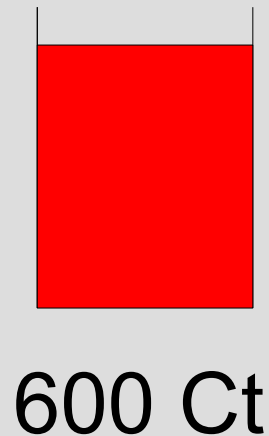


50 ml Wasser von 15°C oder
50 ml Wasser von 80°C ?

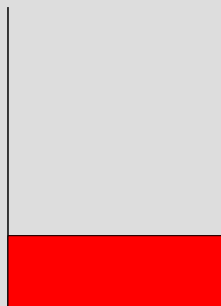


20 ml Wasser von 80°C oder
50 ml Wasser von 80°C ?

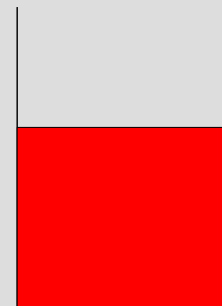
Eigenschaften der Entropie



Ein Glas mit warmem Wasser, das etwa 600 Carnot Entropie enthält, wird zu einem Drittel ins Glas links unten, zu zwei Dritteln ins rechte Glas umgeschüttet. Wie viel Entropie enthält nun jedes Glas?



200 Ct



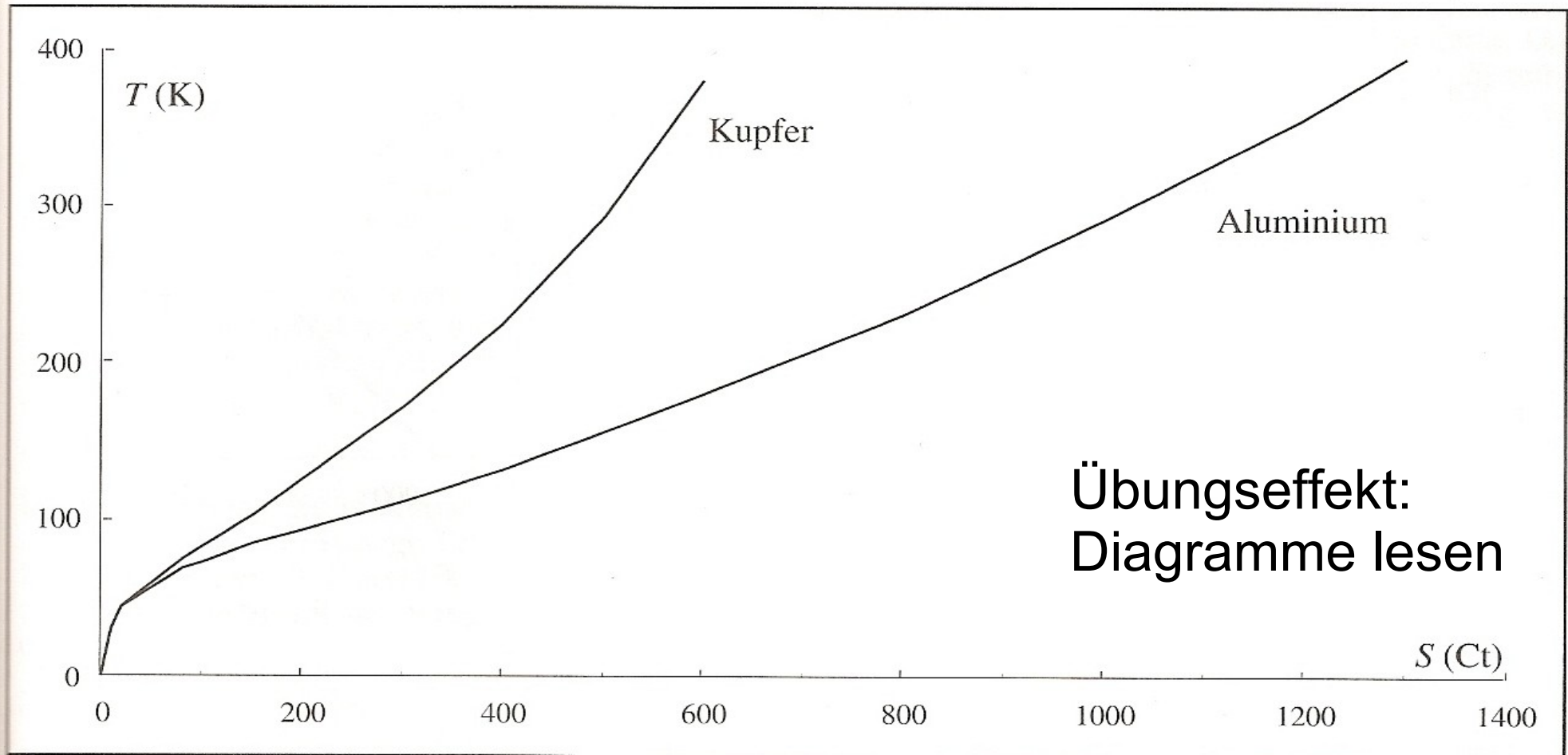
400 Ct

Eigenschaften der Entropie

- Wir nennen das, was man im Alltag als „Wärme“ bezeichnet in der Physik „Entropie“
- Ein Körper enthält umso mehr Entropie je höher seine Temperatur und je größer seine Masse ist.
- 1 cm³ Wasser von Normaltemperatur enthält etwa 4 Ct (4 Carnot).

Entropie und Temperatur

Zusammenhang der Größen



Übungseffekt:
Diagramme lesen

Abb. 11.19. Temperatur als Funktion des Entropieinhalts für 1 kg Kupfer und 1 kg Aluminium

Die Richtung von Entropieströmen

<u>Vergleich:</u>	Wärmflasche	–	Kühlbeutel
Entropie strömt:	in den Körper	–	aus dem Körper

Von wo nach wo strömt die Entropie?

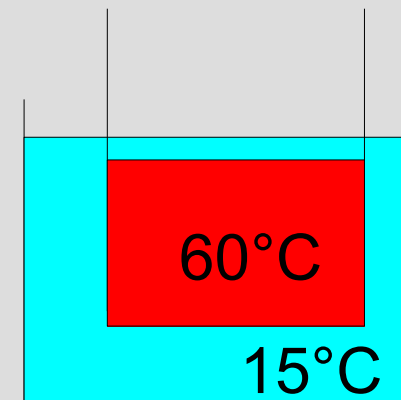
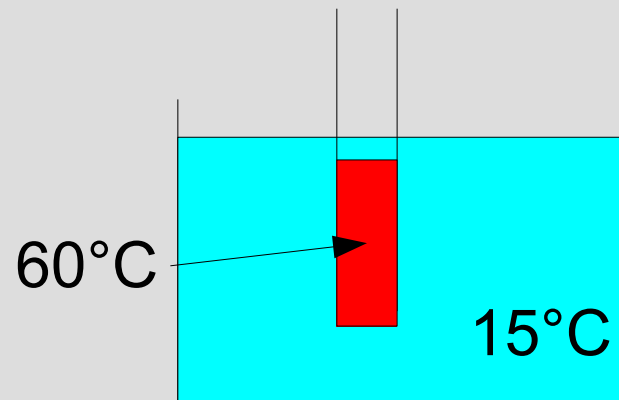
~~von Stellen höherer zu
Stellen niedrigerer Entropie?~~

von Stellen höherer zu
Stellen niedrigerer Temperatur?

Auch aus einer kleinen Wärmflasche bekommen wir Entropie! Entscheidend ist ihre Temperatur!

Der Temperaturunterschied als Antrieb für Entropieströme

Experimente:



Wie lange fließt die Entropie?

- bis zum Temperatenausgleich
(thermisches Gleichgewicht)

Der Antrieb für einen Entropiestrom
ist ein Temperaturunterschied

Einübung des Begriffs Entropie

Tante Erna spricht über ihre Wärmeflasche

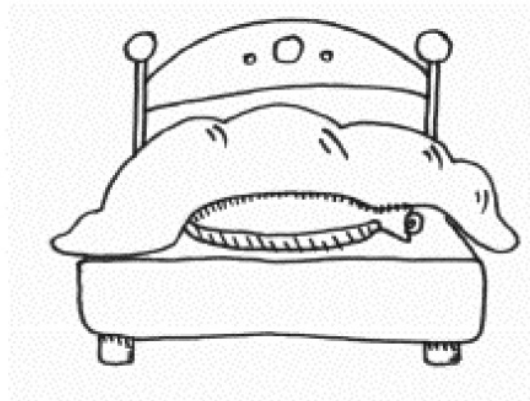


Das ist meine Wärmeflasche.

Ich stelle dann Wasser auf den Herd, auf Stufe 6, erwärme das und gieße das Wasser in meine Wärmeflasche. Dann ist die Wärme da drin.

Wenn ich sie gerne wärmer hätte, dann stelle ich den Herd auf Stufe 12, bis das Wasser kocht.

Höher geht es ja nicht.



Wenn ich die Wärmeflasche ins Federbett packe, dann bleibt sie lange warm, draußen kühlt sie schnell ab.

Einübung des Begriffs Entropie



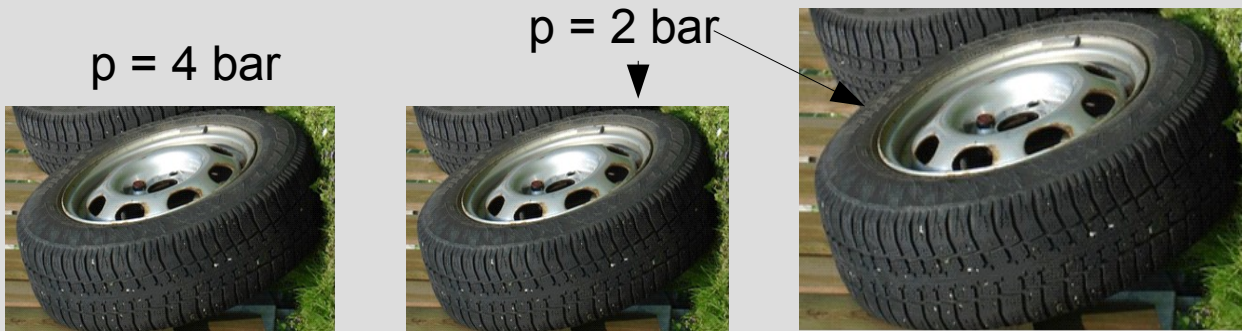
*Halte ich meine Füße daran,
so werden sie wohligh warm.*

*Die Wärmflasche hat zwei
Seiten. Bei der glatten ver-
brenne ich mir die Füße; die
mit den Rippen ist angenehm.*



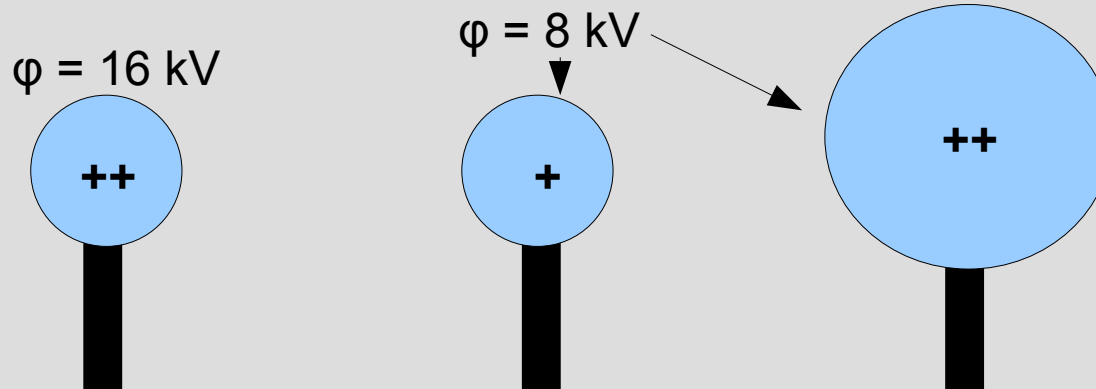
*Letztlich war mein Herd ka-
putt, und da habe ich das
Wasser mit einem Holzfeuer
erwärmt.*

Analogien zum Entropieinhalt



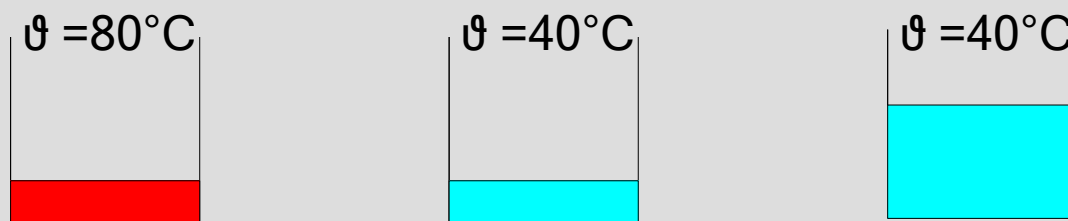
Ein Körper enthält umso mehr Luft

- je größer er ist
- je höher der Druck ist



Ein Körper enthält umso mehr Ladung

- je größer er ist
- je höher sein el. Potential ist.



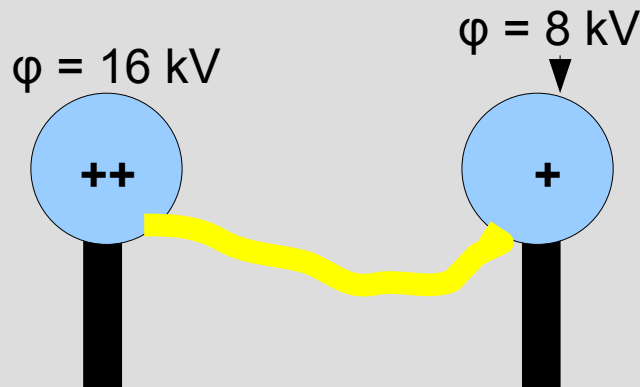
Ein Körper enthält umso mehr Entropie

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

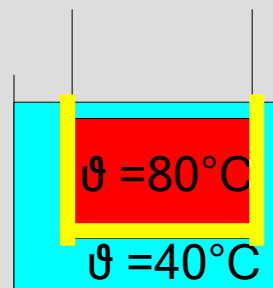
Analogien zu Entropieströmen



Luft fließt von selbst von Stellen höheren zu Stellen niedrigeren Drucks



Ladung fließt von selbst von Stellen höheren zu Stellen niedrigeren Potentials

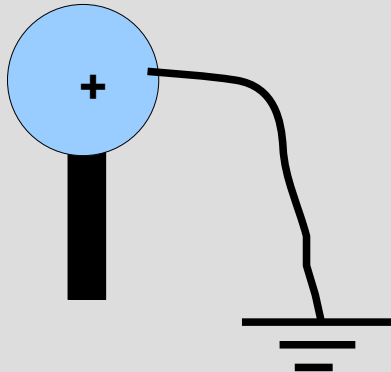


Entropie fließt von selbst von Stellen höherer zu Stellen niedrigerer Temperatur

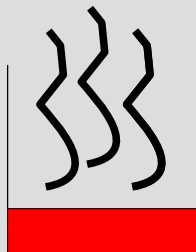
Analogien zur Umgebungstemperatur



Die Atmosphäre nimmt Luft auf,
ohne dass sich ihr Druck ändert.



Die Erde nimmt Ladung auf,
ohne dass sich ihr Potential ändert.

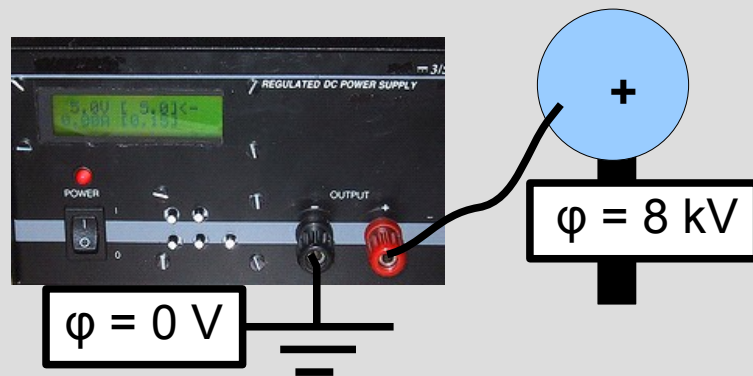


Die Umgebung nimmt Entropie auf,
ohne dass sich ihre Temperatur ändert.

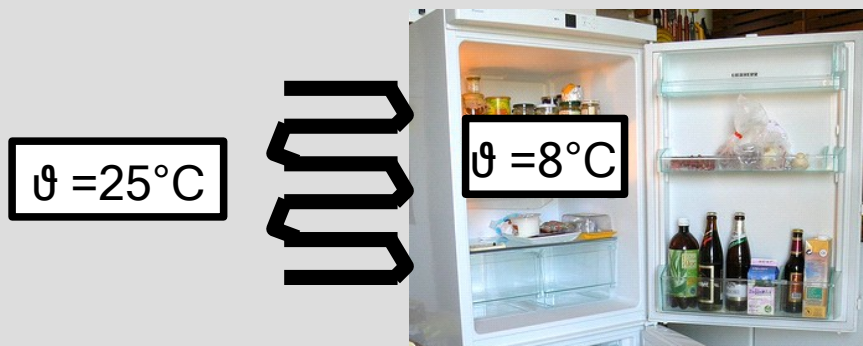
Hinführung zur Wärmepumpe



Um Luft vom niedrigeren Druck zum höheren Druck zu bringen, braucht man eine Luftpumpe



Um Ladung vom niedrigeren zum höheren Potential zu bringen, braucht man eine Ladungspumpe



Um Entropie von niedrigerer zu höherer Temperatur zu bringen, braucht man eine Wärmepumpe

Hinführung zum absoluten Temperaturnullpunkt

Wenn man aus einem Gefäß die gesamte Luft herauspumpt, beträgt der Druck 0 bar. Dies ist der geringste mögliche Druck.

Wenn man aus einem Körper die gesamte Entropie herauspumpt, beträgt die Temperatur $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dies ist die kleinste mögliche Temperatur.

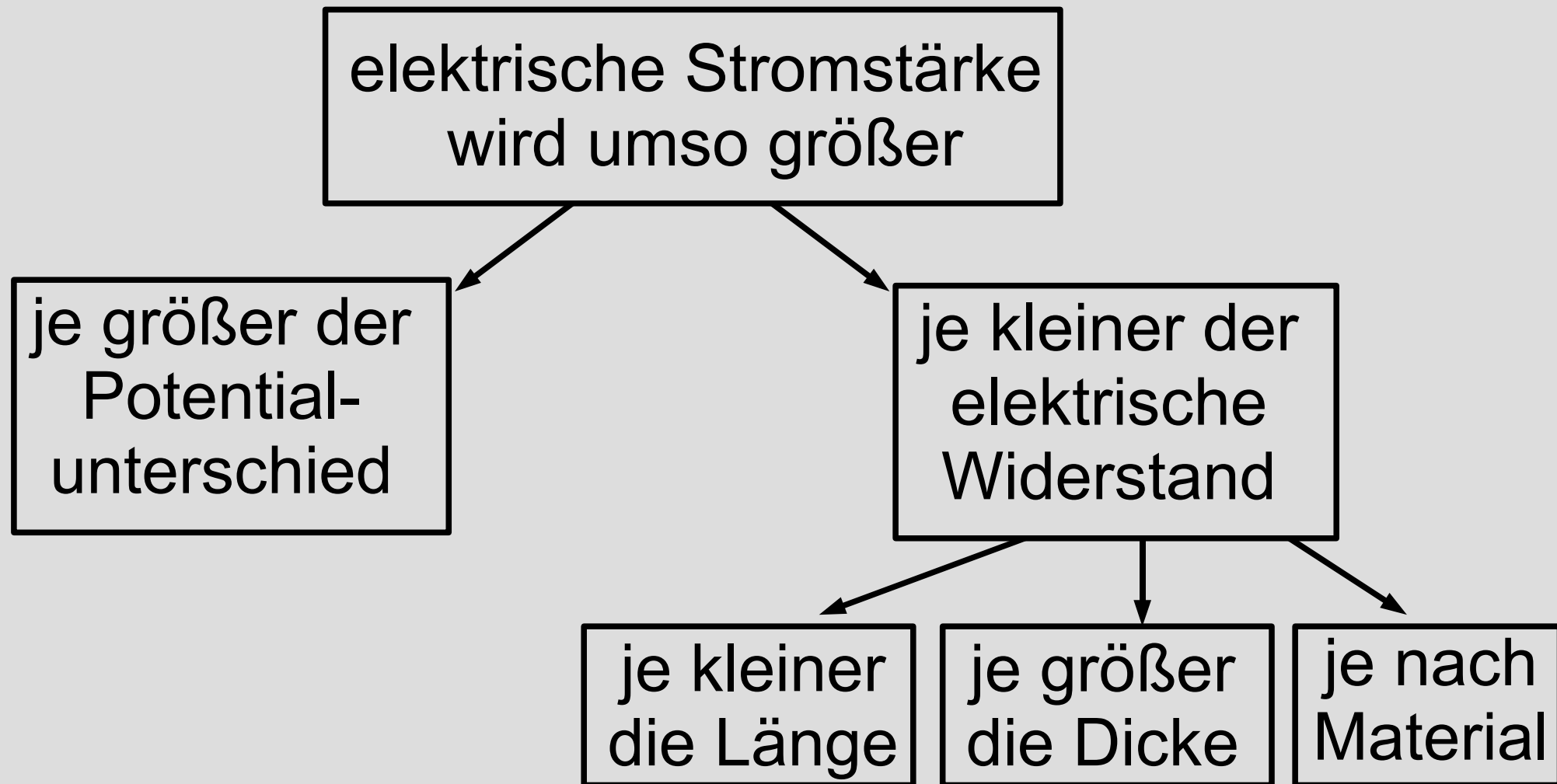
absolute Temperaturskala: 0 K entspr. $-273,15^{\circ}\text{C}$

- gibt an, wieviel über dem absoluten Nullpunkt die Temperatur liegt.

Entropiestromstärke und Wärmewiderstand- das Strom-Antriebs-Widerstands-Konzept

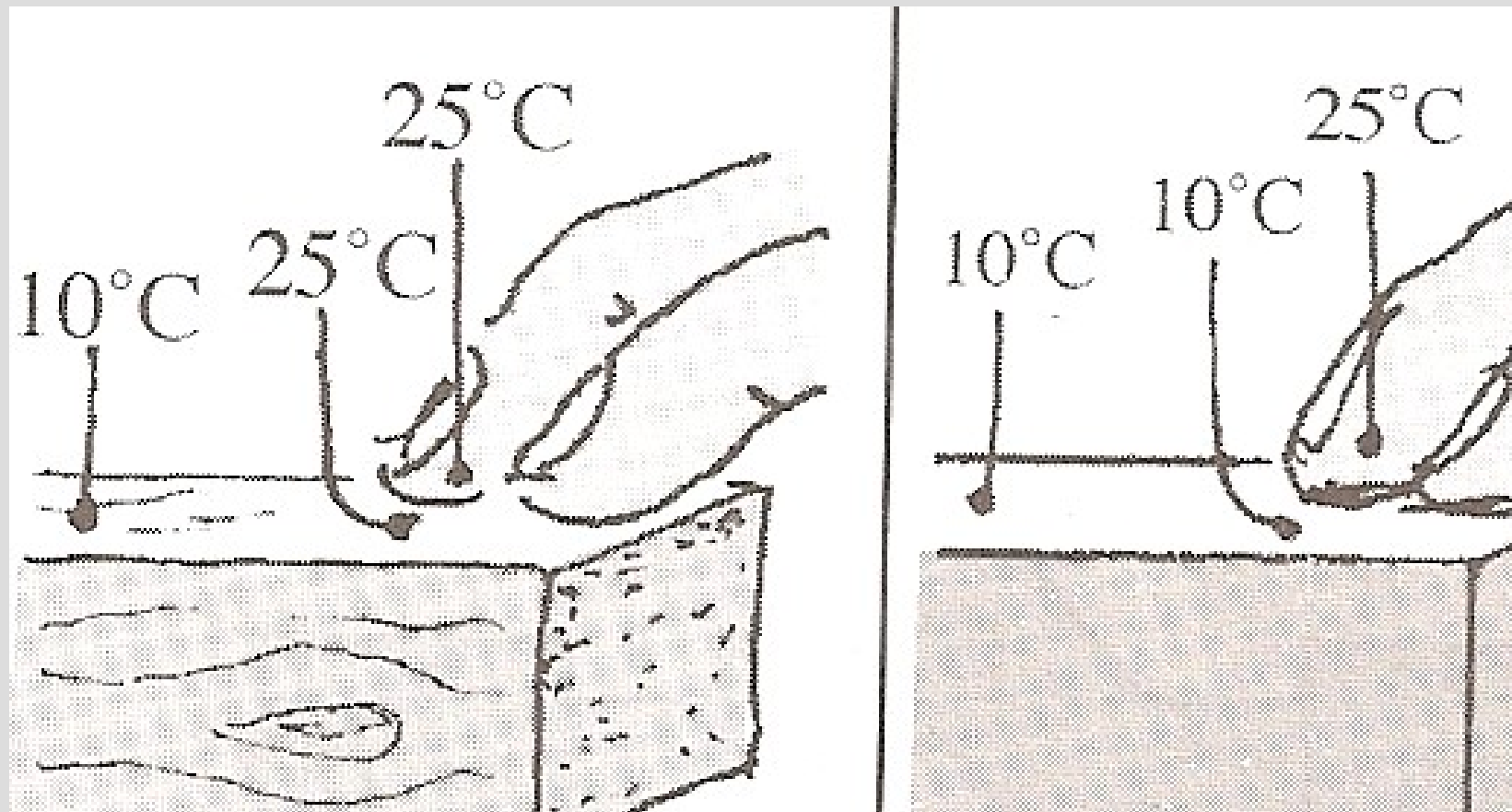


Das Strom-Antriebs-Widerstands-Konzept in der Elektrizitätslehre



Ist Holz wärmer als Metall?

Vorüberlegung: Dann würde ständig Entropie vom Stuhlsitz in die Stuhlbeine fließen.



Entropieerzeugung

Woher kommt die Entropie,
mit der die Kerzenflamme die
Umgebung aufheizt?

- aus dem Wachs?
- Das Wachs wird nicht kälter!



Entropie kann erzeugt werden.
Aber sie kann nicht vernichtet werden.

Vorgänge, bei denen Entropie erzeugt wird, sind nicht umkehrbar.

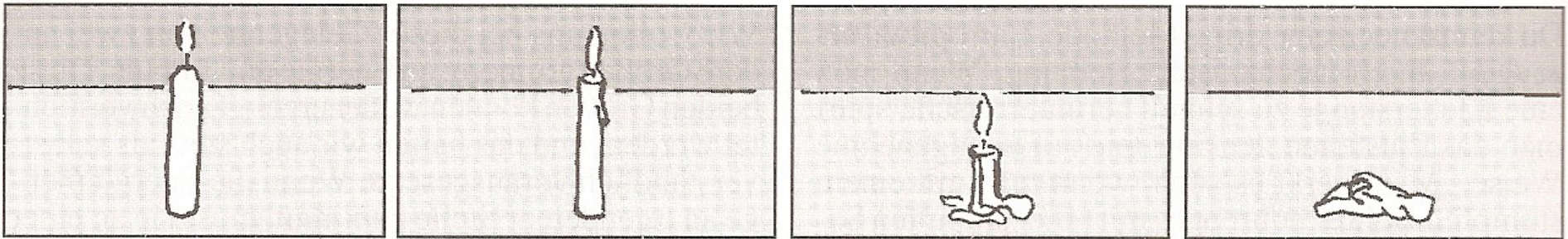


Abb. 10.14. Das Abbrennen einer Kerze ist ein nichtumkehrbarer Vorgang.

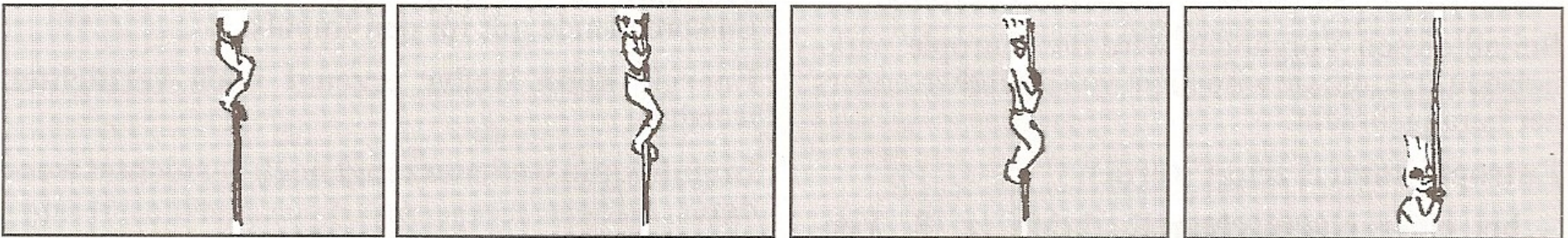


Abb. 10.15. Sind die Bilder richtig angeordnet?

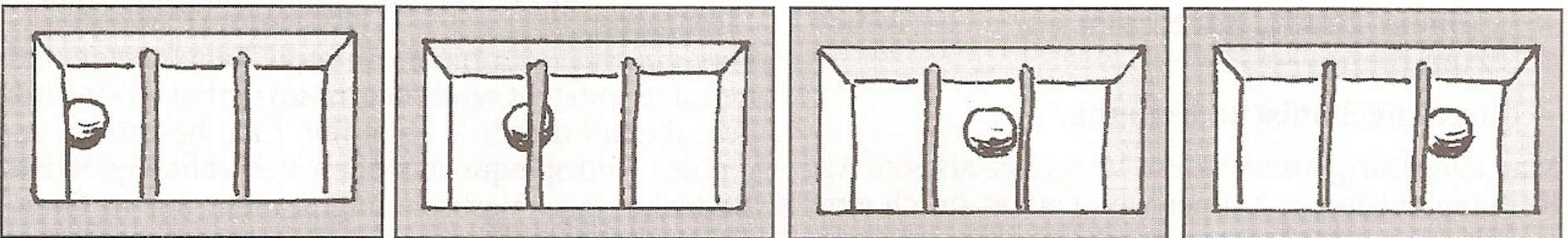


Abb. 10.16. Das Vorbeifliegen des Balls ist ein umkehrbarer Vorgang.

Beispiele für Entropieerzeugung

Entropie kann erzeugt werden

- bei einer chemischen Reaktion
- in einem Draht, durch den ein elektrischer Strom fließt
- durch mechanische Reibung

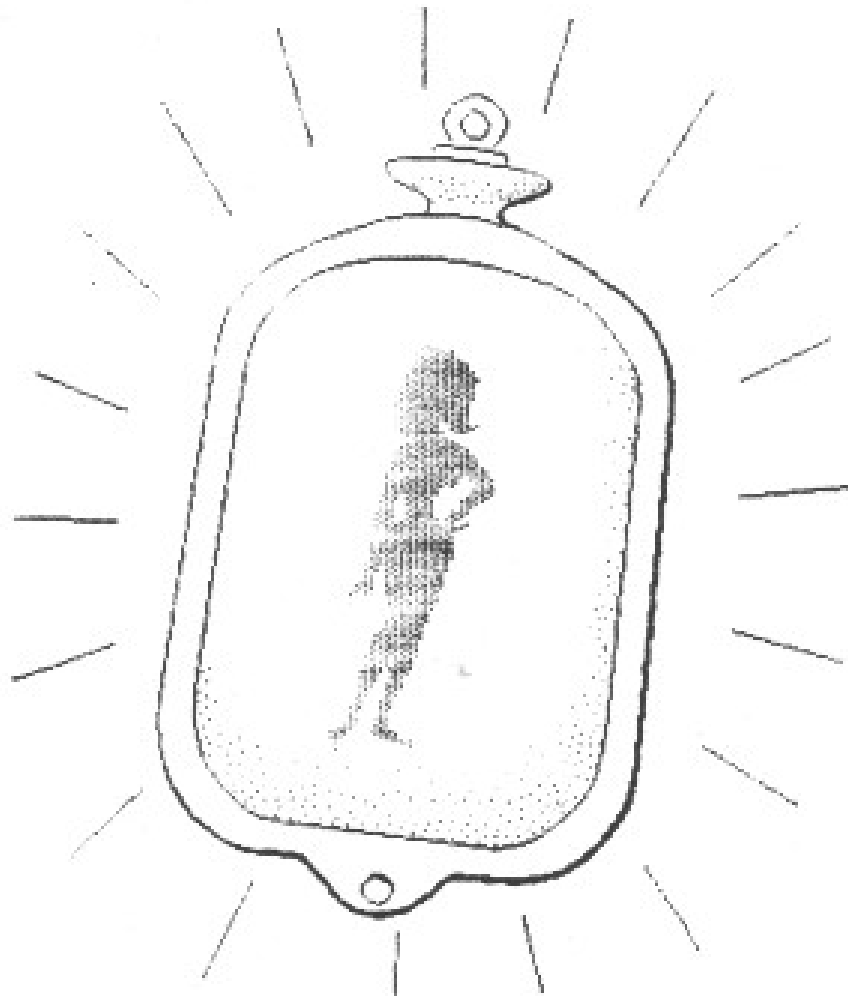
Konvektion

Beispiel: Zentralheizung

- Entropie wird von strömender Flüssigkeit mitgenommen
- kein Temperaturunterschied notwendig

Eine Heizung ist keine Wärmepumpe!
Entropie strömt von heißem Heizkörper
in den kälteren Raum

Das alltägliche Gesicht



Jeder Mensch
spürt sie als
Wärme