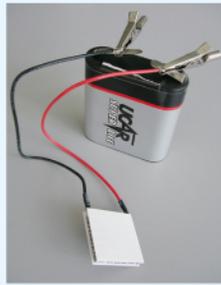


Entropie anschaulich

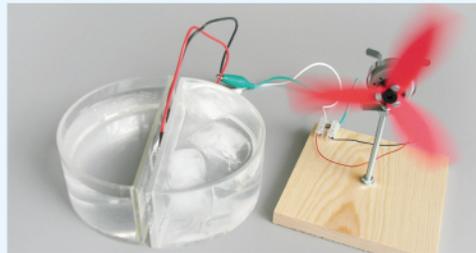


B2

■ **V1** Eine Tasse mit heißem Wasser wird in eine Schüssel mit kaltem Wasser gestellt. Die Temperaturen in beiden Gefäßen werden gemessen. Nach einiger Zeit haben sich die beiden Temperaturen angeglichen.

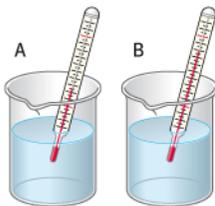
■ **V2** Zwischen eine Schale mit heißem Wasser und eine Schale mit kaltem Wasser wird ein Peltierelement geklemmt (→B1).

Dieses wird an einen Propeller angeschlossen. Je größer die Temperaturdifferenz zwischen den beiden Schalen ist, desto schneller dreht sich der Propeller.

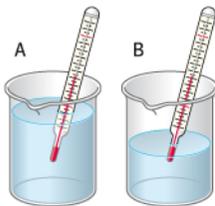


B1

■ **V3** Ein Peltierelement wird an eine Batterie angeschlossen (→B2). Eine Seite des Elements wird heiß, die andere kalt.



B3



B4

Temperatur, Entropie und Energie Fast immer, wenn man über Phänomene spricht, bei denen es um „heiß und kalt“ geht, verwendet man im Alltag das Wort „Wärme“. Doch in der Physik sollte man das Wort meiden, da es drei Sachverhalte vermischt. Folgendes Beispiel soll das verdeutlichen: Wenn man zwischen zwei Wasserschalen unterschiedlicher Temperatur ein Peltierelement hält, so kann man damit einen Propeller antreiben (→B1). Nun könnte man sagen: „Die eine Schale wird wärmer, weil in sie Wärme aus der anderen Schale fließt. Mit dieser Wärme kann man einen Propeller antreiben.“

Die erste „Wärme“ meint eigentlich die Temperatur: Die Temperatur der Wasserschale erhöht sich. Die zweite „Wärme“ ist das, was im heißen Behälter enthalten ist und durch das Peltierelement strömt, die Entropie. Entropie strömt vom heißeren in den kälteren Behälter. Die dritte „Wärme“ meint die Energie. Sie strömt vom heißen Wasser zusammen mit der Entropie in das Peltierelement und wird dort in elektrische Energie umgewandelt, die den Propeller antreibt.

● Eine Temperaturdifferenz ist der Antrieb für einen Entropiestrom. Zusammen mit der Entropie strömt auch Energie.

Vergleicht man die beiden Becher in B3, so ist klar, dass Becher B mehr Entropie enthält als Becher A, da die Temperatur höher ist. Vergleicht man die beiden Becher in B4, so ist klar, dass Becher A mehr Entropie enthält als Becher B, da die Wassermenge größer ist.



B5 Entropie strömt von Stellen höherer Temperatur zu Stellen niedriger Temperatur.

● Je höher die Temperatur ist, desto mehr Entropie steckt in einem Körper. Je größer das Volumen ist, desto mehr Entropie steckt in einem Körper.

Stellt man einen Behälter mit heißem Wasser in einen Becher mit kaltem Wasser, so gleichen sich die Temperaturen im Laufe der Zeit an. Das kalte Wasser erwärmt sich, das heiße Wasser kühlt sich ab. Der Grund dafür ist, dass die Entropie vom heißen Behälter in den kalten Becher strömt. In B5 zeigen Pfeile die Richtung der Entropiestrome an.

● Die Entropie strömt von selbst immer von Stellen höherer Temperatur zu Stellen tieferer Temperatur.

Vorgänge in umgekehrter Richtung laufen nicht von selbst ab. Will man erreichen, dass Entropie von kalten zu heißen Stellen strömt, so benötigt man Energie.

Ein Kühlschrank macht den Innenaum kälter als die Umgebung, indem Entropie nach außen gepumpt wird. Seine Rückseite wird dabei heißer (→S.159) und gibt die Entropie an die Raumluft ab. Dieses Pumpen benötigt Energie; man muss den Kühlschrank an die Steckdose anschließen. Solche Geräte nennt man auch „Wärmepumpen“.

● Damit Entropie von Stellen tieferer Temperatur zu Stellen höherer Temperatur strömt, braucht man eine sogenannte „Wärmepumpe“, die zusätzlich Energie benötigt.

Absoluter Nullpunkt Wenn man aus einem Kühlschrank die Entropie herauspumpt (→S.159), dann geht das nur so lange, bis keine Entropie mehr in ihm steckt. Also kann man auch die Temperatur nur so lange absenken, bis keine Entropie mehr vorhanden ist. Diese Temperatur liegt bei -273°C . Eine tiefere Temperatur kann man nicht erreichen. Diese tiefste Temperatur nennt man den **absoluten Nullpunkt** der Temperaturskala. Für die Kelvinskala ist dies der Beginn der Skala, also 0 K.

Bei 0 K ist keine Entropie mehr in dem Körper. Daher kann man mit der Wärmepumpe auch keine weitere Entropie mehr herauspumpen, und die Temperatur kann nicht weiter sinken.

● Die tiefste Temperatur, bis zu der man einen Körper abkühlen kann, beträgt -273°C bzw. 0 K. Bei dieser Temperatur enthält der Körper keine Entropie mehr.

Entropieerzeugung Man kann Entropie auf verschiedene Arten erzeugen. Die Bremscheiben eines Autos beginnen bei einer Vollbremsung zu glühen (→B1). Auch wenn man die Hände aneinander reibt, erhöht sich die Temperatur und damit die Entropie. Da es bei diesen Vorgängen aber keine kalte Stelle gibt, von der die Entropie kommen könnte, muss die Entropie erzeugt worden sein.

Entropie lässt sich auch durch einen elektrischen Widerstand erzeugen, z. B. bei einem Tauchsieder (→B2) oder einer Herdplatte. Auch chemische Reaktionen wie das Verbrennen einer Kerze (→B3) oder ein Feuerwerk können Entropie erzeugen.

● Entropie kann z. B. erzeugt werden durch mechanische Reibung, elektrische Widerstände oder chemische Reaktionen.



B1 Glühende Bremscheiben

Die Umkehrung ist in diesem Fall nicht möglich. Entropie, die einmal erzeugt wurde, kann sich zwar im Raum verteilen, aber sie kann nie wirklich verschwinden. Man kann Entropie niemals vernichten.

● Entropie kann nur erzeugt, aber nicht vernichtet werden.

Irreversible Prozesse Viele Prozesse in der Natur laufen nur in einer Richtung ab und sind daher **irreversibel** (unumkehrbar): Eine brennende Kerze kann nicht von alleine größer werden. Ein Teller, der zerbrochen am Boden liegt, kann nicht plötzlich von alleine hochspringen und sich zusammensetzen.

Wir haben ein Gefühl dafür, dass diese Prozesse nicht in dieser Richtung ablaufen können. Unsere Erfahrung zeigt uns, dass beim Abbrennen der Kerze Entropie aus dem Nichts erzeugt wird. Würde die Kerze „rückwärts brennen“ (→B4) und sich damit gewissermaßen wieder aufbauen, dann müsste dabei Entropie wieder im Nichts verschwinden. Die Entropie müsste von sich aus kleiner werden – aber dem widersprechen alle Erfahrungen, die wir Menschen bisher gemacht haben. Wir gehen also davon aus, dass Vorgänge nur dann rückwärts ablaufen können, wenn beim „Vorwärtslauf“ keine Entropie erzeugt wird.

● Vorgänge, bei denen Entropie erzeugt wird, können nicht rückwärts ablaufen, sie sind irreversibel.

■ **A1** Warum kann man einen Raum nicht dadurch abkühlen, dass man die Tür des Kühlschranks offen lässt?

■ **A2** Finde weitere Beispiele für irreversible Prozesse. Erläutere die Entropieerzeugung.

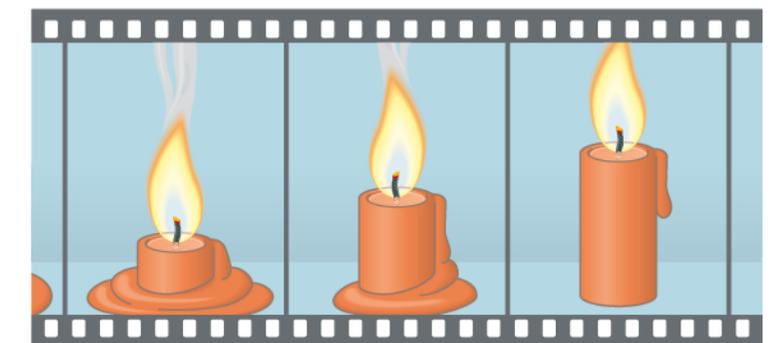


B2



B3

Analogien & Strukturen
→ S. 268



B4 Kann eine Kerze „rückwärts brennen“?