

Wärmekapazität

Die Wärmekapazität eines Körpers stellt den Zusammenhang zwischen zugeführter Wärmemenge ΔQ und der damit einhergehenden Temperaturerhöhung ΔT her.

$$\Delta Q = C \Delta T$$

Man unterscheidet insbesondere bei Gasen die Wärmekapazität bei konstantem Volumen C_V und die bei konstantem Druck C_p . Wird die Wärme bei konstantem Volumen zugeführt, geht die gesamte zugeführte Energie in innere Energie des Körpers über. Daher kann man in diesem Fall auch schreiben

$$\Delta U = C_V \Delta T$$

Wird die Wärme dagegen bei konstantem Druck zugeführt, dehnt sich der Körper bzw. das Gas aus und es wird Volumenarbeit verrichtet. Wegen der zusätzlich zu verrichtenden Arbeit muss mehr Wärme zugeführt werden, die nicht in innere Energie übergeht. Daher ist die Wärmekapazität bei konstantem Druck größer als die bei konstantem Volumen.

Die Wärmekapazität ist die Eigenschaft eines Körpers. Besteht er aus einem einheitlichen Material, ist die Wärmekapazität proportional zur Masse des Körpers und der s.g. spezifischen Wärmekapazität des Stoffes c_{spez} .

$$\Delta Q = m c_{spez} \Delta T$$

Alternativ kann man auch die Wärmekapazität eines Körpers ausdrücken als Stoffmenge n (Anzahl der Mole) multipliziert mit der molaren Wärmekapazität des Stoffes c_{mol} .

$$\Delta Q = n c_{mol} \Delta T$$

Jeder Freiheitsgrad von jedem Teilchen nimmt im Mittel gleich viel Energie auf, sofern er nicht wegen zu großer Energiequanten ausgefroren ist. Daher kann man eine einfache Annahme für die molare Wärmekapazität eines Stoffes mit f Freiheitsgraden bei konstantem Volumen machen

$$c_{V,mol} = \frac{f}{2} R$$

mit der Gaskonstanten $R = 8,314 \text{ J}/(\text{mol K})$. Bei einem Gas muss bei einer Erwärmung bei konstantem Druck für die zusätzlich verrichtete Volumenarbeit gerade so viel Energie aufgewendet werden, wie zwei zusätzliche Freiheitsgrade aufnehmen könnten. Daher ergibt sich für die molare Wärmekapazität bei konstantem Druck von Gasen

$$c_{p,mol} = \frac{f + 2}{2} R$$

Einatomige Gase und das ideale Gas haben drei Freiheitsgrade der Translation. Die molare Wärmekapazität ist daher ungefähr $c_{V,mol} = 12,5 \text{ J}/(\text{mol K})$. Zweiatomige Gase haben bei Raumtemperatur drei Freiheitsgrade der Translation und zwei der Rotation. Der Schwingungsfreiheitsgrad ist wegen zu großer Energiequanten bei Raumtemperatur noch ausgefroren. Daher ist die molare Wärmekapazität ungefähr $c_{V,mol} = 20,8 \text{ J}/(\text{mol K})$. Bei Festkörpern kann jedes Atom in den drei Raumrichtungen schwingen. Jede Schwingung zählt als zwei Freiheitsgrade. Daher haben Festkörper, die aus Atomen aufgebaut sind, sechs Freiheitsgrade pro Atom. Ihre molare Wärmekapazität ist daher ungefähr $c_{V,mol} = 24,9 \text{ J}/(\text{mol K})$ (Regel von Dulong und Petit). Die Schwingungen werden im periodischen Kristallgitter von Festkörpern durch s.g. Phononen beschrieben, die je nach Wellenlänge unterschiedlich große Energiequanten haben. Daher kann ein

Teil der Schwingungen ausgefroren sein, während Andere Energie aufnehmen. Dadurch wird die Wärmekapazität von Festkörpern (insbesondere bei tiefen Temperaturen) temperaturabhängig und nimmt mit sinkender Temperatur ab. Gemäß dem dritten Hauptsatz der Wärmelehre wird sie null bei $T = 0$. Bei Stoffen mit sehr festen Bindungen wie z.B. Diamant sind bei Raumtemperatur viele Freiheitsgrade (Phononen) ausgefroren. Bei Stoffen mit weichen Bindungen, wie z.B. Blei nehmen schon weit unterhalb von der Raumtemperatur fast alle Freiheitsgrade Energie auf. Die s.g. Debye-Temperatur ist ein Maß dafür, ab welcher Temperatur fast alle Freiheitsgrade Energie aufnehmen (Blei 95 K, Kupfer 345 K, Aluminium 428 K, Diamant 1860 K).

Wenn Stoffe einen Phasenübergang durchlaufen, nehmen sie Wärme auf, ohne dass sich die Temperatur ändert. Bei Phasenübergängen kann daher keine endliche Wärmekapazität angegeben werden. Stattdessen verwendet man die physikalische Größe *latente Wärme*, um die Wärmemenge zu benennen, die einem Körper für die vollständige Phasenumwandlung zugeführt werden muss. Je nach Art des Phasenübergangs spricht man auch von Schmelzwärme, Kristallisationswärme, Verdampfungswärme, Kondensationswärme, etc.. Bei Körpern aus einem einheitlichen Stoff kann die latente Wärme als Produkt aus Masse und spezifischer latenter Wärme geschrieben werden. Ebenso ist es möglich sie als Produkt aus Stoffmenge und molarer latenter Wärme zu schreiben. Die latente Wärme eines Körpers ist eine bestimmte Wärmemenge, dagegen ist die Wärmekapazität eines Körpers der Proportionalitätsfaktor zwischen zugeführter Wärme und Temperaturänderung.