

W2 Spezifische Wärmekapazität/ Schmelzwärme

Physikalische Grundlagen

Die innere Energie U eines Körpers ist im Wesentlichen die mechanische Energie seiner Moleküle. Thermodynamisch kann sie mit Hilfe der Temperatur T des Körpers beschrieben werden, zu der sie proportional ist.

$$U = mc_V T \quad (1)$$

m ist die Masse des Körpers und c_V bezeichnet die spezifische Wärmekapazität bei konstantem Volumen. Gemäß dem 1. Hauptsatz der Wärmelehre kann die innere Energie durch Zu- oder Abfuhr von Wärmeenergie Q oder durch am System geleistete oder vom System abgegebene mechanische Arbeit W erhöht oder vermindert werden.

$$dU = dQ + dW \quad (2)$$

Bei der Erwärmung eines Festkörpers ist die Volumenänderung (und damit die mechanische Arbeit) praktisch vernachlässigbar. Außerdem muss nicht zwischen der spezifischen Wärmekapazität bei konstantem Volumen oder konstantem Druck c_p unterschieden werden, so dass

$$dQ = dU = mc_V dT = mcdT \quad (3)$$

gilt. Diese Beziehung wird auch als kalorische Grundgleichung bezeichnet.

Verändert der Körper bei der Wärmezufuhr seinen Aggregatzustand kann (3) nicht angewendet werden. Bei einer Aggregatzustandsänderung verändert sich trotz Energiezufuhr die Temperatur des Körpers nicht. Für die Phasenumwandlung wird die Wärmemenge

$$\Delta Q = mq \quad (4)$$

verbraucht. Sie ist proportional zur Masse m und zur spezifischen Umwandlungswärme q .

Zur kalorimetrischen Bestimmung von spezifischen Wärmen oder Umwandlungswärmen werden dem zu untersuchenden Körper definierte Wärmemengen zu- oder abgeführt. Aus der Änderung der Temperaturen der beteiligten Körper können so mittels (4) und (3) die Umwandlungswärmen bzw. Wärmekapazitäten bestimmt werden.

Experimentell kann dazu der Körper mit anderen Körpern unterschiedlichen Wärmezustandes in Wärmekontakt gebracht werden. Aus Gründen der Energieerhaltung muss dabei die Summe der von den beteiligten Körpern aufgenommenen Wärmemengen gleich der Summe der von den Körpern abgegebenen Wärmemengen sein

$$\sum \Delta Q_{auf} = \sum \Delta Q_{ab} \quad (5)$$

woraus c oder q berechnet werden kann.

Wird z.B. der Körper (m_K, c_K) mit der Anfangstemperatur ϑ_K in ein wassergefülltes (m_W, c_W) Kalorimeter mit der Wärmekapazität C und der Temperatur ϑ_W gebracht, stellt sich nach einiger Zeit die Mischungstemperatur ϑ_M ein. Es gilt (5), also

$$(\vartheta_M - \vartheta_W)m_W c_W + (\vartheta_M - \vartheta_W)C = (\vartheta_K - \vartheta_M)m_K c_K \quad (6)$$

Findet im Kalorimeter eine Aggregatzustandsänderung statt, muss neben den im Allgemeinen unterschiedlichen spezifischen Wärmekapazitäten vor und nach der Phasenumwandlung noch die latente Umwandlungswärme berücksichtigt werden. Wird z.B. Eis (m_E, c_E) im Kalorimeter zum Schmelzen gebracht, gilt die Energiebilanz

$$\begin{aligned} m_E c_E (\vartheta_S - \vartheta_E) + m_E q_S + m_E c_W (\vartheta_M - \vartheta_S) \\ = m_W c_W (\vartheta_W - \vartheta_M) + C (\vartheta_W - \vartheta_M) \end{aligned} \quad (7)$$

Versuchsvorbereitung

- Erläutern Sie Möglichkeiten, wie man die Wärmekapazität eines Kalorimeters ermitteln kann. Wovon ist die Wärmekapazität eines Kalorimeters abhängig?
- 1. Hauptsatz der Wärmelehre
- Skizzieren Sie qualitativ in Abhängigkeit der Zeit die Temperaturzunahme von Eis (von ca. -10°C ... 110°C), wenn diesem eine konstante Heizleistung zugeführt wird.
- Skizzieren und erläutern Sie das Phasen-Zustands-Diagramm (p - T -Diagramm) für Wasser.
- Erklären Sie die Druckabhängigkeit der Schmelz- und Siedetemperatur der Körper.

Aufgaben

- Ermitteln Sie die spezifische Wärmekapazität eines Probekörpers durch ein Mischungsexperiment.

Bringen Sie dazu den zuvor in einem Wasserbad erwärmten Körper in ein wassergefülltes Kalorimeter. Messen und zeichnen Sie den zeitlichen Verlauf der Wassertemperatur.

- Bestimmen Sie die spezifische Schmelzwärme q_S für Eis, indem Sie eine bestimmte Menge Eis im wassergefüllten Kalorimeter zum Schmelzen bringen und die Mischungstemperatur messen.
- Führen Sie eine Fehlerschätzung für die berechnete spezifische Wärmekapazität und die Schmelzwärme durch.