

Einleitung:

Um Eis zu schmelzen, braucht es viel Wärme. Beim Erstarren wiederum wird viel Wärme abgegeben. Analog verhält es sich beim Verdampfen und Kondensieren.

Die spezifische Schmelzwärme ist die Wärmemenge, die es braucht, um 1.0 kg eines bestimmten Stoffs zu schmelzen. Während dem Schmelzvorgang bleibt die Temperatur konstant beim Schmelzpunkt.

Analog ist die spezifische Verdampfungswärme die Wärmemenge, die es braucht, um 1.0 kg eines bestimmten Stoffs zu verdampfen.

Messungen:**1) Schmelzwärme von Eis**

Eiswürfelchen werden zu wärmerem Wasser in ein Kalorimeter (isolierter Kupferbecher) geschüttet. Das Wasser und der Kupferbecher geben Wärme ab - diese Wärme wird benötigt um erstens das Eis zu schmelzen und zweitens das geschmolzene Eiswasser von 0 °C auf die gemeinsame Endtemperatur zu erhitzen.

Aus den beobachteten Temperaturänderungen und weiteren Daten lässt sich die spezifische Schmelzwärme des Eises berechnen.

1. Nehmen Sie den Kupfer-Innenbecher aus dem Kalorimeter und wägen Sie ihn. Notieren Sie den Wert für die Masse m_{Becher} mit Fehlerschranke.
2. Füllen Sie den Kupferbecher zu etwa zwei Dritteln mit warmem Leitungswasser (die Eiswürfel müssen nachher noch Platz haben!) und wägen Sie nochmals. Notieren Sie den Wert für die Masse von Wasser und Becher m_{W+B} mit Fehlerschranke.
3. Geben Sie das Thermometer ins Wasser und rühren Sie. Starten Sie die Stoppuhr. Lesen Sie die Anfangstemperatur ϑ_0 ab und tragen Sie den Wert (mit Fehlerschranke) in die Tabelle ein; in die Spalte für die Zeit t [s] tragen Sie ein «0» ein.
4. Rühren Sie weiterhin vorsichtig mit dem Thermometer das Wasser um. Notieren Sie in regelmässigen Zeitabständen (ca. alle 30 Sekunden) die Zeit und die Temperatur (mit Fehlerschranken). Fahren Sie ca fünf Minuten lang mit dem Messen fort.
5. Nehmen Sie ein paar Löffel Eis, trocknen Sie es gut mit Haushaltspapier, und geben Sie es ins Wasser. Rühren Sie mit dem Thermometer, und notieren Sie jetzt die Temperatur alle 10 Sekunden, bis alles Eis vollständig geschmolzen ist.
6. Messen Sie anschliessend nochmals fünf Minuten lang alle 30 Sekunden die Temperatur. Rühren nicht vergessen!
7. Nehmen Sie den Kupfer-Innenbecher aus dem Kalorimeter und wägen Sie ihn mitsamt Inhalt. Notieren Sie den Wert für die Masse von Wasser, Becher und geschmolzenem Eis m_{W+B+E} (mit Fehlerschranke).

2) Verdampfungswärme von Wasser

Wasser wird in einem Dampferhitzer bis zum Siedepunkt erhitzt und zu kühlerem Wasser in ein Kalorimeter eingeleitet. Der Wasserdampf gibt Wärme ab: erstens beim Kondensieren und zweitens beim Abkühlen auf die gemeinsame Endtemperatur. Diese Wärme wird vom Wasser und dem Kupferbecher aufgenommen.

Aus den Temperaturänderungen und weiteren Daten lässt sich die spezifische Verdampfungswärme von Wasser berechnen.

1. Notieren Sie den Wert für die Masse des Kupfer-Innenbechers m_{W+B} (mit Fehlerschranke) samt Inhalt. Das Wasser sollte nicht heisser als 15 °C sein (sonst neu füllen) und das Kalorimeter sollte nur zu ca zwei Dritteln gefüllt sein.
2. Füllen Sie etwas Wasser in den Dampfkessel und heizen Sie ihn (Vorsicht Verbrühungsgefahr!) Warten Sie, bis die Dampfleitung heiss ist und der Dampf gleichmässig ausströmt.

3. Unterdessen geben Sie das Thermometer ins Wasser und rühren. Starten Sie die Stoppuhr. Lesen Sie die Anfangstemperatur ϑ_0 ab und tragen Sie den Wert (mit Fehlerschranke) in die Tabelle ein; in die Spalte für die Zeit t [s] tragen Sie ein «0» ein.
4. Rühren Sie weiterhin vorsichtig mit dem Thermometer das Wasser um. Notieren Sie in regelmässigen Zeitabständen (ca. alle 30 Sekunden) die Zeit und die Temperatur (mit Fehlerschranken). Fahren Sie ca. fünf Minuten lang mit dem Messen fort.
5. Tauchen Sie das Dampfrohr tief ins Wasser (nicht aufs Thermometer!) und rühren Sie kräftig, aber ohne zu spritzen. Notieren Sie jetzt alle 10 Sekunden die Temperatur. Beobachten Sie gleichzeitig das Thermometer: Die Wassertemperatur sollte 50 °C nicht übersteigen. Es sollte kein Kondenswasser aus der Dampfleitung ins Kalorimeter gelangen.
Wenn die Temperatur des Wassers ca 50 °C erreicht hat, nehmen Sie das Dampfrohr heraus.
Schliessen Sie den Gashahn.
6. Messen Sie anschliessend nochmals fünf Minuten lang alle 30 Sekunden die Temperatur. Rühren nicht vergessen!
7. Nehmen Sie den Kupfer-Innenbecher aus dem Kalorimeter und wägen Sie ihn mitsamt Inhalt. Notieren Sie den Wert für die Masse von Wasser, Becher und kondensiertem Dampf: m_{W+B+D} (mit Fehlerschranke).
8. Trocknen Sie das Kalorimeter. Räumen Sie den Platz auf.
9. Lassen Sie Ihre Datenblätter von der Lehrperson signieren.

Auswertung:

1) Schmelzwärme von Eis

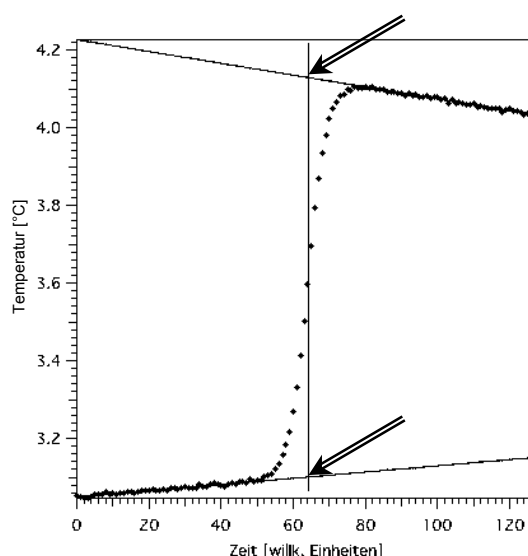
- a) Tippen Sie Ihre Messwerte für Zeit und Temperatur in Excel ein. Schreiben Sie die Spalten korrekt (mit Einheiten) an. Fehlerschranken nicht vergessen!

Die Messwerte werden in einem Diagramm dargestellt. ACHTUNG: Punkt-x-y-Diagramm wählen! Das Diagramm soll die Abhängigkeit der Temperatur ϑ von der Zeit t zeigen. Das bedeutet, dass ϑ auf die y-Achse (vertikale Achse) kommt und t auf die x-Achse (horizontale Achse).

Zeigen Sie die Fehlerschranken als Fehlerindikatoren im Diagramm an (in x- und in y-Richtung). Achten Sie darauf, dass die Achsen korrekt beschriftet sind (mit Symbolen und Einheiten).

Legen Sie zwei Geraden durch Ihre Messwerte (siehe Abbildung): Die erste durch die Messwerte vor dem Temperatursprung und die zweite durch die Messwerte nach dem Temperatursprung. Anschliessend ziehen Sie eine senkrechte Linie durch die Mitte der Stelle, wo die Temperatur stark ansteigt (oder sinkt). Sie dürfen diese Geraden von Hand zeichnen.

Die Anfangs- und Endtemperatur des Wassers lesen Sie an den Schnittpunkten der Geraden (siehe Pfeile) aus dem Diagramm ab.



- b) Berechnen Sie aus Ihren Messwerten die Masse des Wassers m_{Wasser} , sowie die Masse des Eises m_{Eis} .
- c) Berechnen Sie die Temperaturänderung des Wassers ΔT_{Wasser} , des Bechers ΔT_{Becher} , sowie des geschmolzenen Eiswassers $\Delta T_{\text{Eiswasser}}$.
- d) Berechnen Sie die Änderung der inneren Energie des Wassers ΔU_{Wasser} und somit die Wärme Q_{Wasser} , die vom Wasser abgegeben wurde.
- e) Berechnen Sie die Änderung der inneren Energie des Kupferbechers ΔU_{Becher} und somit die Wärme Q_{Becher} , die vom Kupferbecher abgegeben wurde.
- f) Berechnen Sie die Änderung der inneren Energie des Eiswassers $\Delta U_{\text{Eiswasser}}$ und somit die Wärme $Q_{\text{Eiswasser}}$, die vom Eiswasser aufgenommen wurde, um es von der Schmelztemperatur auf die gemeinsame Endtemperatur zu erwärmen.
- g) Berechnen Sie die Wärme $Q_{\text{Schmelzvorgang}}$, die vom Eis aufgenommen wurde, als es schmolz.
- h) Berechnen Sie die spezifische Schmelzwärme des Eises (mit Fehlerschranke).

2) Verdampfungswärme von Wasser

- a) Bestimmen Sie die Anfangs- und Endtemperatur des Wassers nach dem gleichen Prinzip wie in 1a).
- b) Berechnen Sie aus Ihren Messwerten die Masse des Wassers m_{Wasser} , sowie die Masse des Dampfs m_{Dampf} .
- i) Berechnen Sie die Temperaturänderung des Wassers ΔT_{Wasser} , des Bechers ΔT_{Becher} , sowie des kondensierten Dampfwassers $\Delta T_{\text{Dampfwasser}}$.
- j) Berechnen Sie die Änderung der inneren Energie des Wassers ΔU_{Wasser} und somit die Wärme Q_{Wasser} , die vom Wasser aufgenommen wurde.
- k) Berechnen Sie die Änderung der inneren Energie des Kupferbechers ΔU_{Becher} und somit die Wärme Q_{Becher} , die vom Kupferbecher aufgenommen wurde.
- l) Berechnen Sie die Änderung der inneren Energie des Dampfwassers $\Delta U_{\text{Dampfwasser}}$ und somit die Wärme $Q_{\text{Dampfwasser}}$, die vom Dampfwasser abgegeben wurde, als es sich von der Siedetemperatur auf die gemeinsame Endtemperatur abkühlte.
- m) Berechnen Sie die Wärme $Q_{\text{Kondensieren}}$, die vom Dampf abgegeben wurde, als er kondensierte.
- n) Berechnen Sie die spezifische Verdampfungswärme des Wassers (mit Fehlerschranke).

Interpretation:

Schauen Sie die Werte für die spezifische Schmelz- und Verdampfungswärme von Wasser in einer Tabelle nach (Quelle angeben nicht vergessen!). Vergleichen Sie mit Ihrem Messwert und erklären Sie allfällige Abweichungen.

Betrachten Sie Ihre Diagramme: Sind die zwei waagrechten Geraden ein bisschen schräg? Wenn ja, warum gerade so und nicht auf die andere Seite? Warum sind sie (nicht) waagrecht?

Theorie:

- 1) Erläutern Sie die Begriffe *spezifische Schmelzwärme* und *spezifische Verdampfungswärme*.
- 2) Beschreiben Sie die beiden Experimente 1) und 2) unter dem Aspekt des Wärmeaustausches: Wann (bei welchem Vorgang) und «von wem» wird Wärme abgegeben/aufgenommen? Beim «wem» (bei welchem Vorgang) nimmt die innere Energie zu/ab? Wie stellen Sie diese Änderung der inneren Energie fest? Bitte beachten Sie, dass in beiden Fällen **zwei** Vorgänge betrachtet werden müssen.
- 3) Warum wurde der Temperatursprung auf eine so «komplizierte» Art gemessen? Und nicht einfach zweimal die Temperatur gemessen? Geben Sie eine detaillierte Begründung.
- 4) Beschreiben je ein Beispiel aus dem Alltag, wo das Schmelzen und Erstarren in Bezug auf Energiebetrachtungen eine Rolle spielt.
- 5) Beschreiben je ein Beispiel aus dem Alltag, wo das Verdampfen und Kondensieren in Bezug auf Energiebetrachtungen eine Rolle spielt.