

Verdampfungsenthalpie

Grundlagen

Für die Umwandlung einer Flüssigkeit in Dampf bei konstanter Temperatur wird eine bestimmte Energiemenge benötigt, die als Verdampfungsenthalpie bezeichnet wird. Im Versuch wird Wasser in einer gegen die Atmosphäre offenen Destillationsapparatur durch eine elektrische Heizung zum Sieden erhitzt. Durch Messung der Stromstärke I , der Spannung U , und der Zeit t kann die durch die Heizung verbrauchte elektrische Energie festgelegt werden, die der dem System zugeführten Wärmemenge entspricht und die auf $\Delta_{\text{V}}H$ und den allgemeinen Wärmeverlust an die Umgebung entfällt. Durch Wärmeleitung und -strahlung verursachte Wärmeverluste können rechnerisch annähernd eliminiert werden.

Aufgabenstellung

- Bestimmen Sie experimentell die dem Wasser als Wärme zugeführte elektrische Energie $U \cdot I \cdot t$ und die Masse an Kondensat, die in der Zeit t aus dem abgeleiteten Dampf gebildet wird.
- Bestimmen Sie die molare Verdampfungsenthalpie $\Delta_{\text{V}}H$ des Wassers bei seiner Siedetemperatur aus der grafischen Darstellung des Zusammenhangs von zugeführter Energie und Kondensatmasse!
- Schätzen Sie die Beträge folgender experimenteller Fehler: Zeitmessung, Tropfenfehler (Kondensat), Wägung, Ablesegenauigkeit der elektrischen Messgeräte und ihre Anzeigeschwankungen!
- Vergleichen Sie Ihr Ergebnis mit dem Literaturwert ($\Delta_{\text{V}}H = 40,68 \text{ kJ/mol}$ bei 100°C und 1 bar) und diskutieren Sie, welche Fehlerquellen eine positive, welche eine negative Abweichung von diesem Wert verursachen!
- Berechnen Sie anhand zweier Messwerte den Einfluss einer 5 %igen Schwankung von Stromstärke und Spannung durch Netzschwankungen auf $\Delta_{\text{V}}H$.
- Stellt die von Ihnen bestimmte Größe die molare Standardverdampfungsenthalpie von Wasser dar? Begründen Sie Ihre Antwort!

Vorbereitungsfragen

1. Wie ist die molare Verdampfungsenthalpie $\Delta_{\text{V}}H$ definiert? Welches Vorzeichen hat sie?
2. Wie ändert sich die Temperatur T des Systems siedende „Flüssigkeit/Dampf“, wenn ihm kontinuierlich Wärme zugeführt wird?
3. Skizzieren Sie das Phasendiagramm von Wasser und kennzeichnen Sie den Bereich, in dem dieser Versuch im Praktikum ausgeführt wird!
4. Vergleichen Sie die molaren Verdampfungsenthalpien von Wasser mit der anderer bei Zimmertemperatur flüssiger Substanzen (z.B. Ethanol, Diethylether, Benzen)! Geben Sie Ursachen für Unterschiede an! Warum ist die molare Verdampfungsenthalpie $\Delta_{\text{V}}H$ des Wassers größer als die des Benzols?
5. Stellen Sie die Abhängigkeit der Zustandsgröße Enthalpie eines reinen Stoffes von der Temperatur grafisch dar, und kennzeichnen Sie Schmelz- und Verdampfungsenthalpie!

6. Formulieren Sie das Kirchhoffsche Gesetz für die Phasenumwandlung flüssig/gasförmig des Wassers! Welche Größen benötigen Sie zur Umrechnung von $\Delta_V H$ bei 398 K auf $\Delta_V H$ bei 300 K?
7. Welchen Einfluss hat der Druck auf die Größe der molaren Verdampfungsenthalpie?
8. Definieren Sie folgende Größen: elektrische Arbeit, elektrische Leistung!
9. Bei der Versuchsdurchführung bestimmen Sie die in die Gasphase überführte Wassermasse bei Zufuhr unterschiedlich großer Beträge an elektrischer Arbeit. Warum genügt es nicht, das Sieden bei einer Stromstärke zu verfolgen?

Versuchsdurchführung

a) Geräte

- Verdampfungsapparatur mit Dewargefäß, Heizquelle (z.B. 300 W-Tauchsieder), Liebig-Kühler, regelbare Spannungsquelle (Wechselstrom), 2 Vielfachmessgeräte
- 4 Erlenmeyerkolben (50 ml) mit Stopfen, kleines Becherglas, Analysenwaage, Stoppuhr, 500 ml Messzylinder

b) Chemikalien

- destilliertes Wasser

c) Durchführung

1. Füllen Sie das Dewargefäß mit 1,2 l destilliertem Wasser, so dass der Tauchsieder ausreichend eintaucht. (Messen Sie das einzufüllende Wasser mit dem bereitgestellten Messzylinder ab.)
2. Schließen Sie die Vielfachmessgeräte als Voltmeter (Messbereich 200 V Wechselspannung) und Amperemeter (Messbereich 10 A Wechselstrom) an. Der Drehwiderstand der Spannungsquelle muss so eingestellt sein, dass beim Einschalten der Spannungsquelle zunächst kein Strom fließen kann.
 - Lassen Sie die Schaltung durch den Praktikumsleiter abnehmen!
3. Schalten Sie die Kühlwasserzufuhr und das Stromversorgungsgerät ein und stellen Sie mit Hilfe des Regelknopfes am Stromversorgungsgerät eine Stromstärke von 2,6 A ein.
4. Erhitzen Sie das Wasser zum Sieden, bis das Kondensat gleichmäßig abtropft.
5. Wägen Sie die Erlenmeyerkolben leer, fangen Sie anschließend das Kondensat während 300 s in den Erlenmeyerkolben auf und wägen Sie erneut.
 - Während der Messung sollten Anzeigeschwankungen der Vielfachmessgeräte beobachtet und notiert werden.
6. Messen Sie in der angegebenen Weise bei den Stromstärken von 2,6 A bis 1,4 A in Abständen von 0,2 A, wobei für jede Stromstärke zwei Messungen durchzuführen sind.
 - Wenn sich die Kondensatmassen zweier Messungen bei gleicher Stromstärke stark unterscheiden, ist eine dritte Bestimmung durchzuführen.

- Da die Wassermenge im Dewargefäß während des Versuchs abnimmt, wird das Kondenswasser nach dem Wägen durch die Stopfenöffnung in das Dewargefäß zurückgeführt.

d) Messprotokoll

I in A	U in V	Messung 1		Messung 2	
		Masse Kolben leer in g	Masse Kolben + Kondensat in g	Masse Kolben leer in g	Masse Kolben + Kondensat in g
2,6					
2,4					
...					

Arbeitsschutz

Das Dewargefäß ist ein Vakuummantelzylinder, der vor Spannungen und Stoß zu schützen ist (Implosionsgefahr). Während des gesamten Versuchs ist die Schutzbrille zu tragen. Besondere Vorsicht ist beim Abnehmen und Aufsetzen des Verschlussstopfens geboten! Achten Sie darauf, dass der Tauchsieder vollständig in die Flüssigkeit taucht, und nehmen Sie ihn nur bei ausgeschalteter Spannungsquelle aus dem Wasser!