

Bestimmung der Mischungsenthalpie

Versuchsziele

- Das Mischen von Flüssigkeiten als Vorgang kennen lernen.
- Bestimmung der Mischungswärme von zwei Flüssigkeiten.
- Beobachtung der Abgabe oder Aufnahme von Mischungswärme.
- Mischungsenthalpie eines Gemisches in Abhängigkeit von der Konzentration bestimmen.

Grundlagen

Werden zwei chemisch reine Stoffe miteinander gemischt, ohne dass eine Reaktion eintritt, so wird Energie in Form von Mischungswärme entweder an die Umgebung abgegeben oder aus der Umgebung aufgenommen. Dies geschieht sowohl bei Gasen als auch bei Flüssigkeiten. Wenn der Mischungsvorgang bei konstantem Druck abläuft, ist die Mischungswärme gleich der Mischungsenthalpie.

Die Ursache der Mischungsenthalpie liegt in den Unterschieden der Energien der Wechselwirkungen der artgleichen Moleküle in den reinen Komponenten sowie den Energien der Wechselwirkungen zwischen den verschiedenartigen Molekülen in der Mischung. Wenn die Wechselwirkung zwischen gleichartigen Molekülen stärker ist als zwischen ungleichartigen, wird zum Mischen Energie benötigt. Die Lösung kühlt sich ab. Im umgekehrten Fall erwärmt sich die Lösung. In Wasser

liegen zwischen den verschiedenen Wassermolekülen Wasserstoffbrückenbindungen vor. Diese werden z.B. beim Mischen mit Aceton aufgebrochen und neue zwischen den Wasser- und Acetonmolekülen gebildet.

In diesem Versuch wird reines Wasser mit Aceton in fünf verschiedenen Stoffmengenanteilen gemischt. Es wird beobachtet, wie bei verschiedenen Mischungsverhältnissen Mischungswärme abgegeben bzw. aufgenommen wird. In einem weiteren Schritt wird daraus die Mischungsenthalpie $\Delta_R H_m$ bestimmt und diese gegen die Stoffmengenanteile aufgetragen.

Gefährdungsbeurteilung

Bei der Arbeit mit Aceton immer Schutzkittel, Schutzbrille und Schutzhandschuhe tragen.



Abb. 1: Versuchsaufbau.

Aceton	
	Gefahrenhinweise H225 Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar. H319 Verursacht schwere Augenreizung. H336 Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.
	Sicherheitshinweise P210 Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen. P305+P351+P338 BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen. P403+P233 Behälter dicht verschlossen an einem gut belüfteten Ort aufbewahren.
Signalwort: Gefahr	

Geräte und Chemikalien

1 Pocket-CASSY 2 Bluetooth	524 018
1 CASSY Lab 2	542 220
1 Dewar-Gefäß, Demonstration	386 40
1 NiCr-Ni-Adapter S, Typ K	524 0673
1 Temperaturfühler NiCr-Ni, 1,5 mm, Typ K	529 676
1 Uhrglas 100 mm Ø	664 155
1 Magnetrührer Mini	607 105
1 Magnetrührstäbchen, 15 mm x 5 mm Ø	666 850
1 Sockel	300 11
1 Stativstange 25 cm, 10 mm Ø	301 26
1 Doppelmuffe S	301 09
1 Messzylinder Boro 3.3, 25 ml, Glasfuß	602 951
1 Messpipette 1 ml	665 994
1 Messpipette 10 ml	665 997
1 Pipettierball (Peleusball)	666 003
1 Aceton, 500 ml	670 0430
1 Wasser, rein, 1 l	675 3400
zusätzlich erforderlich:	
PC mit Windows XP/.../10	
Für kabellose Messung zusätzlich nötig:	
1 Akku für Pocket-CASSY 2 Bluetooth	524 019
1 Bluetooth-Dongle	524 0031

Versuchsaufbau und -vorbereitung

Vorbereitung

1. Die Stativstange in den Sockel einsetzen (Aufbau siehe Abbildung 1).
2. Die Doppelmuffe an der Stativstange befestigen.
3. Das Pocket-CASSY 2 mit dem Micro-USB-Kabel am PC anschließen.

Hinweis: Das Pocket-CASSY 2 kann auch per Bluetooth mit dem PC verbunden werden. Hierzu das Pocket-CASSY 2 Bluetooth mit dem Akku für das Pocket-CASSY 2 verbinden. Das Bluetooth-Dongle in einen USB-Port am PC stecken.

4. Den Temperaturfühler NiCr-Ni über den NiCr-Ni-Adapter S an das Pocket-CASSY 2 Bluetooth anschließen.
5. Neben das Stativ einen Magnetrührer aufbauen, auf den das Dewar-Gefäß gestellt wird.

6. Den Temperaturfühler an der Doppelmuffe befestigen und im Dewar-Gefäß positionieren.

Versuchsdurchführung

1. [Einstellungen in CASSY Lab 2 laden.](#)
2. Für die Messung werden 5 verschiedene Stoffmengenanteile der beiden Flüssigkeiten berechnet (z.B. 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9). Dabei sollte das Gesamtvolumen bei ca. 25 ml liegen. Die entsprechenden Volumina können der Tabelle 2 entnommen werden.

Mit Hilfe der Formeln $V_1 = \frac{V_{ges} \cdot (x_1 \cdot M_1)}{(x_1 \cdot M_1) + (x_2 \cdot M_2)}$ und $V_2 = \frac{V_{ges} \cdot (x_2 \cdot M_2)}{(x_1 \cdot M_1) + (x_2 \cdot M_2)}$ mit Gesamtvolumen V_{ges} , Volumen des Acetons V_1 , Volumen des Wassers V_2 , Stoffmengenanteil des Acetons x_1 , Stoffmengenanteil des Wassers x_2 , der molaren Masse des Acetons M_1 und der molaren Masse des Wassers M_2 kann jedes beliebige Stoffmengenverhältnis berechnet werden.

3. Bei jeder Messung wird die Flüssigkeit mit dem größeren Volumen in dem Dewar-Gefäß vorgelegt.
4. Das Magnetrührstäbchen in das Dewar-Gefäß geben und den Magnetrührer einschalten.
5. Kontrollieren, ob das Thermometer in die jeweilige Flüssigkeit eintaucht und anschließend die Messung starten.
6. Das Uhrglas auf das Dewar-Gefäß legen um einen Wärmeaustausch zu verhindern.
7. Die Aufnahme in CASSY Lab 2 starten und einige Minuten aufzeichnen lassen.

Hinweis: Die gemessene Temperatur sollte sich nicht zu stark ändern bzw. linear sein.

8. Nach Entfernen des Uhrglases mit einer Messpipette die zweite Flüssigkeit zügig hinzufügen.
9. Das Uhrglas wieder auf das Dewar-Gefäß legen weitere 5 Minuten messen.

Beobachtung

Nach Zugabe der zweiten Flüssigkeit hat sich die Temperatur geändert. In einigen Fällen ist Temperatur gestiegen, in anderen gesunken.

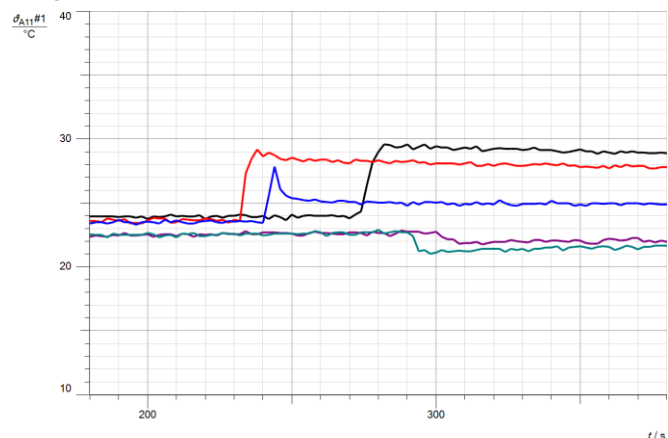


Abb. 2: Temperaturverlauf der Mischungsreaktionen für die fünf Stoffmengenanteile. Dabei ist Schwarz: Mischung 1, Rot: Mischung 2, Blau: Mischung 3, Violett: Mischung 4, Türkis: Mischung 5.

Auswertung

Die Mischungsenthalpie $\Delta_R H_m$ wird wie alle Enthalpien mit Hilfe der Formel

$$\Delta_R H_m = -C \cdot \Delta T$$

bestimmt. Hierbei ergibt sich die Mischungsenthalpie $\Delta_R H_m$ aus der Wärmekapazität C der Mischung und der Temperaturänderung ΔT .

Die Wärmekapazität C der Mischung kann man aus dem Verhältnis der Wärmekapazitäten der Einzelstoffe berechnen. Hierzu wird die Wärmekapazität einer Komponente mit dem Volumen der Komponente multipliziert und dies über alle Komponenten aufsummiert. Die Wärmekapazitäten C werden der Tabelle 1 entnommen.

Tab. 1: Wärmekapazität der verwendeten Stoffe.

Stoff	C
Wasser	$4,180 \frac{\text{J}}{\text{g}\cdot\text{K}}$
Aceton	$2,175 \frac{\text{J}}{\text{g}\cdot\text{K}}$

Die Bestimmung des Temperaturunterschieds ΔT_M wird mit Hilfe von CASSY Lab 2 durchgeführt. Hierzu fügt man sowohl eine waagerechte Linie bei der Starttemperatur als auch beim Maximum bzw. Minimum des Temperaturverlaufes ein. Die Linie kann über das Menü (Rechtsklick auf das Anzeigefeld) **Markierung setzen** → **Waagerechte Linie** bzw. mit Alt + W eingefügt werden.

Durch Subtraktion der beiden Temperaturwerte T_1 und T_2 erhält man die Temperaturdifferenz ΔT_M . Mit der oben angegebenen Formel kann nun die Mischungsenthalpie $\Delta_R H_m$ bestimmt werden.

Die Mischungsenthalpie $\Delta_R H_m$ kann nun gegen den Stoffmengenanteil x_1 des Acetons aufgetragen werden (siehe Abb. 3).

Ergebnis

Die ersten drei Mischungen haben sich erwärmt, d.h. es wurde Mischungswärme abgegeben. Es handelt sich somit um exotherme Vorgänge. Mischung 4 und 5 haben sich abgekühlt.

Tab. 2: Bestimmte und Berechnete Werte für die fünf Mischungen.

Messgröße	Mischung				
	1	2	3	4	5
Stoffmengenanteil Aceton x_1	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9
Stoffmengenanteil Wasser x_2	0,9	0,7	0,5	0,3	0,1
Volumen Aceton V_1	7,8 ml	15,9 ml	20,1 ml	22,6 ml	24,3 ml
Volumen Wasser V_2	17,2 ml	9,1 ml	4,9 ml	2,4 ml	0,7 ml
Kombinierte Wärmekapazität C	$3,554 \text{ J/g}\cdot\text{K}$	$2,904 \text{ J/g}\cdot\text{K}$	$2,570 \text{ J/g}\cdot\text{K}$	$2,366 \text{ J/g}\cdot\text{K}$	$2,228 \text{ J/g}\cdot\text{K}$
Temperatur 1 T_1	$23,9 \text{ }^\circ\text{C}$	$23,6 \text{ }^\circ\text{C}$	$23,6 \text{ }^\circ\text{C}$	$22,6 \text{ }^\circ\text{C}$	$22,6 \text{ }^\circ\text{C}$
Temperatur 2 T_2	$29,5 \text{ }^\circ\text{C}$	$29,1 \text{ }^\circ\text{C}$	$25,3 \text{ }^\circ\text{C}$	$21,7 \text{ }^\circ\text{C}$	$20,9 \text{ }^\circ\text{C}$
Temperaturdifferenz $\Delta T = T_2 - T_1$	$5,9 \text{ K}$	$5,1 \text{ K}$	$1,7 \text{ K}$	$-0,9 \text{ K}$	$-1,7 \text{ K}$
Mischungsenthalpie $\Delta_R H_m$	$-20,971 \text{ J/g}$	$-15,974 \text{ J/g}$	$-4,368 \text{ J/g}$	$2,129 \text{ J/g}$	$3,788 \text{ J/g}$

Hinweis: Da die Temperaturdifferenz von $1 \text{ }^\circ\text{C}$ der Temperaturdifferenz von 1 K entspricht, kann das $^\circ\text{C}$ durch K nach der Subtraktion ersetzt werden.

Hier wurde Wärme beim Mischen aufgenommen. Es handelt sich somit um endotherme Vorgänge.

In diesem Versuch ist es nur abhängig davon, welche Stoffmengenanteile die Stoffe haben, ob bei der Reaktion sich die Enthalpie verringert oder vergrößert. Bei der Auftragung der Mischungsenthalpie gegen den Stoffmengenanteil des Acetons in Abbildung 3 sieht man dies sehr gut.

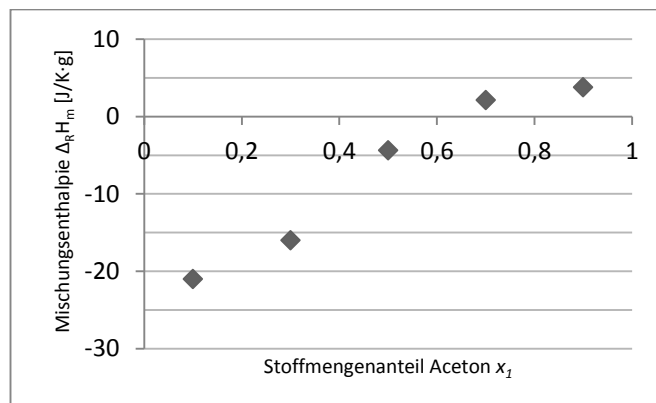


Abb. 3: Auftragung der Mischungsenthalpie $\Delta_R H_m$ gegen den Stoffmengenanteil x_1 des Acetons.

Neben dem in diesem Versuch beobachteten Enthalpieverlauf gibt es auch Mischungen, bei denen, unabhängig von den Stoffmengenanteilen, es entweder nur zu einer Verringerung oder einer Vergrößerung der Enthalpie kommt.

Reinigung und Entsorgung

Die Gemische werden im Behälter für organische Lösemittel entsorgt.