

Hochschule Emden / Leer	Physikalische Chemie Praktikum	Versuch Nr. 3 Feb. 2017
Thermodynamik: Neutralisationsenthalpie		

Allgemeine Grundlagen

1. Hauptsatz, Enthalpie, Reaktionsenthalpie $\Delta_R H$, C_p und C_v , Standardbildungsenthalpie $\Delta_f H^\circ$

Grundlagen zum Versuch

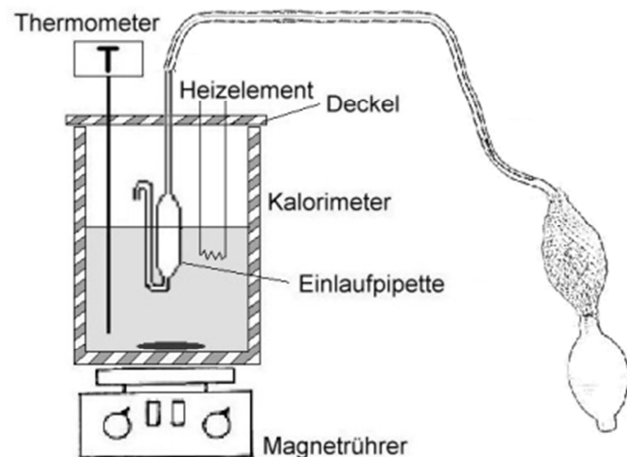
Unter der molaren Neutralisationsenthalpie versteht man die Wärmemenge, die bei der isobaren Vereinigung von einer Säure und einer Base frei wird und die auf die stark exotherme Bildung von undissoziiertem Wasser aus H^+ - und OH^- -Ionen zurückzuführen ist. Handelt es sich bei den Neutralisationspartnern um starke (d.h. vollständig dissoziierte) Säuren bzw. Basen, dann ist die (auf eine bestimmte Temperatur bezogen) molare Neutralisationsenthalpie von der Art des jeweiligen Metall- bzw. Säurerestions unabhängig und der molaren Bildungsenthalpie des Wassers aus seinen Ionen gleich. Bei der Neutralisation schwacher (d.h. nur teilweise dissoziierter) Säuren und Basen muss ein bestimmter Energiebetrag als "Dissoziationswärme" aufgewendet werden, so dass man insgesamt für die molare Neutralisationsenthalpie einen kleineren Wert erhält. Falls man nicht von vornherein von stark verdünnten Lösungen ausgeht, muss man bei der Auswertung des kalorimetrischen Versuchs (s. u.) Wärmeeffekte berücksichtigen, die auf Verdünnung beruhen. Im vorliegenden Versuch wird eine relativ große Volumenmenge verdünnter Lauge mit einer kleinen Menge konzentrierter Salzsäure neutralisiert. Man kann diesen Vorgang im Gedankenexperiment in zwei Teilschritten ablaufen lassen, wobei Anfangs- und Endzustand den tatsächlichen Gegebenheiten entsprechen:

1. Verdünnung der Säure auf das Gesamtvolumen (im Falle von HCl exotherm - d.h. "Verdünnungsenthalpie" negativ)
2. Eigentliche Neutralisation (Neutralisationsenthalpie negativ)

Von der insgesamt gemessenen Enthalpieänderung muss man also die Verdünnungsenthalpie subtrahieren, um die eigentliche Neutralisationsenthalpie zu erhalten. Man kann sie im vorliegenden Fall in einem separaten Versuch bestimmen, indem man die gleiche Menge konzentrierter Salzsäure mit dem, der vorgelegten Lauge entsprechenden Volumen, reinen Wassers vermischt.

Als Kalorimeter wird ein gut wärmeisoliertes Gefäß (Dewar-Gefäß) benutzt, in dem man den betrachteten Vorgang ablaufen lässt. Bei gegebenem Gesamtvolumen des Reaktionsgemisches ist die freigesetzte oder aufgenommene Wärmemenge der beobachteten Temperaturerhöhung bzw. Temperaturerniedrigung proportional, solange T nicht so groß wird, dass sich die Wärmekapazität C des Systems merklich ändert. C wird experimentell bestimmt, indem man eine definierte Wärmemenge (hier elektrisch) zuführt.

Den Aufbau des Kalorimeters zeigt die Abbildung:



Aufgabenstellung

Bestimmen Sie experimentell

- die Temperatur des Kalorimeters und der Flüssigkeit darin in Abhängigkeit von der Zeit bei der Neutralisation von Salzsäure, beim elektrischen Beheizen sowie bei der Verdünnung von Salzsäure.

Berechnen Sie

- die Wärmekapazität C des Kalorimeters („Wasserwert“),

$$C_{\text{Kalorimetersystem}} = C_{\text{Kalorigefäß}} + C_{\text{Wasserfüllung}} \text{ in (J/K)}$$

$$C_{\text{Kalorimetersystem}} = U I t / \Delta T = (\text{Spannung} * \text{Stromstärke} * \text{Zeit}) / \Delta T$$

$$\Delta H = C_{\text{Kalorimetersystem}} * \Delta T$$

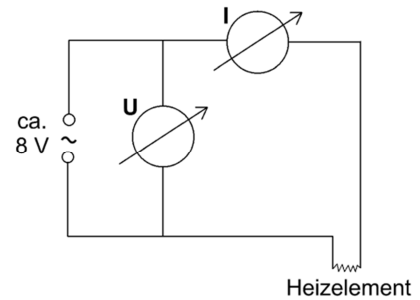
$$\Delta_{\text{RH}} = \Delta_{\text{RH}}_{\text{Neutralisation}} + \Delta_{\text{RH}}_{\text{Verdünnung}}$$

- die Verdünnungsenthalpie für die Neutralisation von Salzsäure mit Natronlauge.
- die Neutralisationsenthalpie für die Neutralisation von Salzsäure mit Natronlauge.

Versuchsdurchführung

1. Bestimmen Sie die genaue Konzentration der HCl durch Titration.
2. Für die Ermittlung der Neutralisationsenthalpie werden 800 ml H₂O auf 0.1g genau in das Kalorimeter eingewogen. Darin werden 6 g NaOH-Plätzchen gelöst. Weiterhin werden ca. 50 g 2 mol/l HCl in die Auslaufpipette eingewogen (Spritflasche – langsam einfüllen). Die Masse der Salzsäure wird auf 0.1 notiert. Dann wird die Einlaufpipette mit einer Salzsäure so in das durchsichtige Kalorimeter gehängt, dass die Auslaufspitze oberhalb der wässrigen Natronlauge bleibt. Der weitere Aufbau ist der Skizze zu entnehmen. Zunächst wird 5 min lang alle 30 s die Temperatur aufgenommen und bei 5 min wird die Salzsäure mittels Handgebläse aus der Auslaufpipette geblasen, so dass die Salzsäure in die Natronlauge fließt (Gebläse mehrfach betätigen). Der Temperaturverlauf der Reaktion wird als Funktion der Zeit aufgenommen – zu Beginn in Abständen von ca. 10 s später in längeren Zeitabständen. Insgesamt wird die Temperatur über ca. 12 aufgezeichnet.

3. Zur Ermittlung der Wärmekapazität wird jetzt in dem Reaktionsgemisch aus 2. über einen Zeitraum von 4 min eine Wechselspannung von 8 V an das Heizelement angelegt. Dabei werden Strom, Spannung und Temperatur alle 30 s notiert. Bei exakt 4 min wird der Strom wieder unterbrochen. Die Temperatur wird weitere 5 min alle 30 s lang notiert. Die Versuchsteile 2+3 sind mindestens zweimal durchzuführen.



4. Zur Ermittlung der Verdünnungsenthalpie werden analog zu Punkt 3 diesmal 800 g H₂O in das Dewargefäß genau eingewogen und erneut 50 ml 2 mol/l HCl in die Auslaufpipette pipettiert. Die Aufnahme der Temperatur der Verdünnung erfolgt analog 5min/Einblasen/7 min. Über den Temperaturanstieg kann die Verdünnungsenthalpie berechnet werden.

zur Auswertung:

Die spezifische Wärmekapazität von flüssigem Wasser beträgt $c_{\text{Wasser}} = 4,182 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K}) = 4182 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$. Das bedeutet, dass man 1 kg Wasser eine Energie von 4182 Joule zuführen muss, um es um 1 Kelvin zu erwärmen. Die Wärmekapazitäten der verwendeten Säure und Lauge werden für diesen Versuch näherungsweise mit dem gleichen Wert angenommen.

Bestimmung von ΔT aus der Temperatur-Zeit-Kurve. Die Auftragung der Messwerte erfolgt idealerweise mit Excel (o.ä.). Um eine größtmögliche Genauigkeit zu erhalten (s.u.) sind die Kurven in einer großen Skalierung darzustellen.

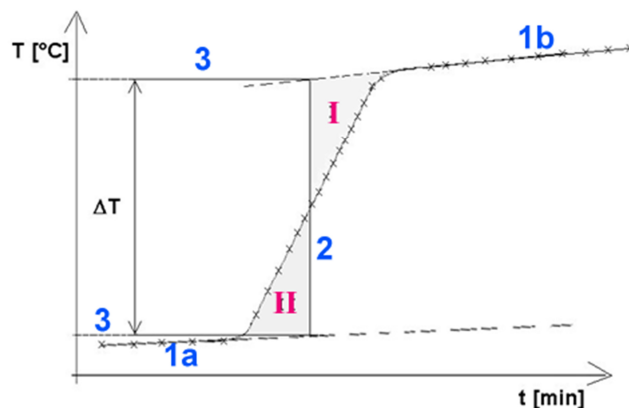


Abbildung 1: Bestimmung von ΔT

Zur Ermittlung der jeweiligen Temperaturdifferenz wird dann in die Vorperiode (1a) und in die Nachperiode (1b) der Temperatur-Zeit-Kurve jeweils eine Tangente eingezeichnet. Dies kann mit Bleistift und Lineal per Hand auf den Papierausdruck erfolgen. Eine Senkrechte zur t-Achse (2) wird so gezogen, dass die beiden Flächen I und II etwa gleich groß sind. Die Schnittpunkte von Senkrechter und Tangente werden waagerecht auf die T-Achse (y-Achse) projiziert (3). ΔT kann auf der T-Achse abgelesen werden.

Zubehör

- 1 Kalorimeter/Dewargefäß mit Zubehör
- 1 Präzisions-Thermometer
- 1 Magnetrührer
- 1 Stoppuhr
- 1 Bürette
- 2 Erlenmeyerkolben (250 ml)
- 1 Becherglas (1000 ml)

NaOH Plätzchen

HCl ca. 2 mol/l