

Unterscheiden von endothermer und exothermer Reaktion

Versuchsziele

- Begrifflichkeit der exothermen und endothermen Reaktion kennen lernen.
- Exotherme und endotherme Reaktion voneinander unterscheiden.
- Methodik zur experimentellen Identifikation einer exothermen und endothermen Reaktion erlernen.

Grundlagen

Bei einer chemischen Reaktion kommt es neben der Umverteilung von Atomen immer auch zu einem Transfer von Energie. Der neben der Emission von Licht am besten beobachtbare Energieübertrag ist der Austausch von Wärme Q , da sich die bei einer Reaktion abgegebene oder aufgenommene Wärme durch Temperaturmessungen qualitativ gut bestimmen lässt.

Bei einer chemischen Reaktion in einem geschlossenen oder offenen System lässt sich der Austausch von Wärme entweder durch eine Erwärmung oder Abkühlung der Umgebung feststellen. Erwärmt sich die Umgebung, geben die Reaktionspartner also Wärme an diese ab, so spricht man von einer exothermen Reaktion. Kühlt sich die Umgebung ab, wird ihr also von den Reaktionspartnern Wärme entzogen, so spricht man von einer endothermen Reaktion. Ein wichtiger Vertreter für exotherme Reaktionen sind Verbrennungen, bei denen die Reaktionswärme direkt mit dem Heizwert und damit auch mit der Güte des Brennstoffs zusammenhängt.

In diesem Versuch wird zunächst eine endotherme Reaktion untersucht, indem durch Erhitzen von Kupfer(II)-sulfat-Pentahydrat das Kristallwasser ausgetrieben wird. Der Ablauf der Reaktion lässt sich sehr gut verfolgen, da diese mit einem Farbänderung einhergeht.

Im Anschluss an diese Reaktion wird die Rückreaktion untersucht, bei der es sich um eine exotherme Reaktion handelt. Hierbei wird Wasser auf wasserfreies Kupfer(II)-sulfat gegeben und während der Reaktion die Temperatur im Reaktionsgemisch gemessen.



Fig. 1: Versuchsaufbau.

Gefährdungsbeurteilung

Vorsicht beim Umgang mit dem Brenner! Lange Haare nach hinten binden!

Das verwendete Kupfer(II)-sulfat ist für lebende Organismen und die Umwelt schädlich. Es darf unter keinen Umständen in den Abfluss gelangen, sondern muss bestimmungsgemäß entsorgt werden.

Kupfer(II)-sulfat-5-hydrat

Gefahrenhinweise

H302 Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.

H319 Verursacht schwere Augenreizung.

H315 Verursacht Hautreizungen.

H410 Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.

Sicherheitshinweise

P273 Freisetzung in die Umwelt vermeiden.

P302+P352 BEI KONTAKT MIT DER HAUT: Mit viel Wasser und Seife waschen.

P305+P351+P338 BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.



Signalwort:
Achtung

Material

Anz.	Material	Kat.-Nr.
1	Mobile-CASSY 2 WLAN	524 005W
1	Temperaturfühler NiCr-Ni, 1,5 mm, Typ K	529 676
1	Stativfuß V-förmig, klein	300 02
1	Stativstange 50 cm, 10 mm Ø	301 27
2	Doppelmuffe S	301 09
2	Universalklemme 0...80 mm	666 555
1	Reagenzglas Fiolax, 16 x 160 mm, Satz 10	664 043
1	Reagenzglasgestell Holz, f. 10 Gläser, 22 mm Ø	667 053
1	Reagenzglashalter Holz, 20 mm Ø	667 031
1	Pulverspatel Edelstahl 185 mm	604 5682
1	Teclubrenner, Allgas	656 017
1	Sicherheitsgasschlauch mit Endmuffe, 1 m	667 187
1	Gasanzünder, Piezo	666 733
1	Spritzflasche PE, 500 ml	661 243
1	Kupfer(II)-sulfat-5-hydrat, 100 g	672 9600
1	Wasser, rein, 1 l	675 3400

Versuchsaufbau und -vorbereitung

- Das Stativ aufbauen: Dazu die Stativstange im Stativfuß befestigen und zwei Universalklemmen mit je einer Doppelmuffe an der Stativstange befestigen.
- Den Temperaturfühler an der oberen Universalklemme einspannen und mit dem Mobile-CASSY verbinden.
- Das Reagenzglas mit 2 Spateln Kupfer(II)-sulfat-Pentahydrat befüllen (Füllhöhe ca. 1 cm) und im Reagenzglasgestell abstellen.

Versuchsdurchführung**Endotherme Reaktion**

- Den Brenner entzünden.
- Das Kupfer(II)-sulfat-Pentahydrat im Reagenzglas vorsichtig über der Brennerflamme erhitzen (Reagenzglashalter verwenden), bis sich der Feststoff vollständig entfärbt hat. Sollte der Feststoff beim Erhitzen verklumpen, das Reagenzglas aus der Flamme nehmen, die Feststoffklumpen mit dem Spatel vorsichtig zerkleinern und weiter erhitzen.
- Das Reagenzglas im Reagenzglasständer auf Raumtemperatur abkühlen lassen und anschließend in die untere der beiden Universalklemmen einspannen.

Exotherme Reaktion

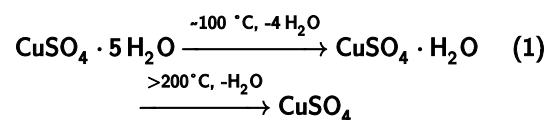
- Den Temperaturfühler so weit in das Reagenzglas absenken, dass die Spitze vollständig in den Feststoff taucht.
- Das Mobile-CASSY einschalten und die Messparameter so wählen, dass automatisch alle 200 ms ein Temperaturwert aufgenommen wird.
- Die Messung am Mobile-CASSY starten.
- Mit der Spritzflasche ca. 4 ml Wasser (etwa 2 cm Füllhöhe) in das Reagenzglas geben.
- Die Reaktion etwa 2 Minuten laufen lassen, dann die Messung am Mobile-CASSY beenden.

Beobachtung

- Das Kupfer(II)-sulfat-Pentahydrat entfärbt sich während des Erhitzens über dem Brenner von blau zu weiß. Dabei lässt sich an der oberen Reagenzglaswand das Kondensieren einer farblosen Flüssigkeit beobachten.
- Sobald Wasser in das Reagenzglas gegeben wird, färbt sich der darin befindliche, weiße Feststoff blau. Gleichzeitig ist ein starker Temperaturanstieg am Mobile-CASSY auf ca. 100 °C zu beobachten.

Auswertung**Endotherme Reaktion**

Beim Erhitzen des blauen Kupfer(II)-sulfat-Pentahydrats auf etwa 250 °C bildet sich ein weißer Feststoff, bei dem es sich um wasserfreies Kupfer(II)-sulfat handelt:



Durch von außen zugeführte Wärme sind die im Kristall gebundenen Wassermoleküle in der Lage sich von ihren Bindungspartner zu lösen und aus dem Kristall auszutreten. Da diese Reaktion nur durch die Aufnahme von Energie aus der Umgebung stattfindet, handelt es sich hierbei um eine endotherme Reaktion. Dabei ist zu beachten, dass die Wassermoleküle sich erst ab einer gewissen Temperatur aus ihren Bindungen lösen - die Reaktion setzt erst bei ca. 90 °C ein. Das ausgetriebene Wasser kondensiert teilweise im oberen (kühleren) Bereich des Reagenzglases und kann bei Bedarf mit einem geeigneten Nachweis identifiziert werden. Das bei der Reaktion entstandene wasserfreie Kupfer(II)-sulfat eignet sich beispielsweise als empfindliches Reagenz für einen Wassernachweis (siehe exotherme Reaktion).

Exotherme Reaktion

Nach Zusammengeben von Wasser und wasserfreiem Kupfer(II)-sulfat setzt eine heftige Reaktion ein. Die Temperaturmessung verzeichnet einen Temperaturanstieg im Reaktionsgemisch auf knapp 96 °C (dieser Wert hängt allerdings von den eingesetzten Edukt-Mengen ab). Unter Abgabe von Wärme bildet sich ein blaues Reaktionsprodukt, bei dem es sich um Kupfer(II)-sulfat-Pentahydrat handelt:



Da bei dieser Reaktion Wärme an die Umgebung abgegeben wird, spricht man hier von einer exothermen Reaktion. Daraus lässt sich ableiten, dass bei der Einlagerung von Kristallwasser in das Kristallgitter von wasserfreiem Kupfer(II)-sulfat Energie frei wird.

Ergebnis

Das Austreiben des Kristallwassers aus Kupfer(II)-sulfat-Pentahydrat ist ein endothermer Prozess, bei dem Wärme aus der Umgebung aufgenommen wird. Die Wärme wird hier durch das Erhitzen mittels Brenner zugeführt. Das zeigt, dass zum Bindungsbruch zwischen den Wassermolekülen und den Ionen des Kupfer(II)-sulfats Energie aufgewendet werden muss. Umgekehrt wird beim Einlagern von Kristallwasser in wasserfreies Kupfer(II)-sulfat Energie in Form von Wärme frei. Dieser exothermen Vorgang äußert sich im Temperaturanstieg des Reaktionsgemischs, der mit Hilfe des Mobile-CASSYs nachgewiesen wurde.

Reinigung und Entsorgung

Kupfer(II)-Lösungen und Kupfer(II)-salze dürfen nicht in den Abguss oder Hausmüll gegeben werden, sondern werden jeweils in gekennzeichneten Gefäßen für flüssige bzw. feste anorganische Abfälle mit Schwermetallen gesammelt und schließlich dem Sondermüll zugeführt.