

Spontane stark exotherme Reaktion

Zu konzentrierter Schwefelsäure wird unter besonderen Sicherheitsvorkehrungen Wasser gegossen. Der Plastikbecher, in dem sich die Säure befindet, schmilzt aufgrund der großen Wärmeentwicklung schlagartig zusammen.

Hintergrund

Der Versuch kann als Beispiel für eine spontane, exotherme Reaktion eingesetzt und als Vorversuch für eine spontane endotherme Reaktion gezeigt werden. Scheinbar benötigt der Versuch keine Aktivierungsenergie, in Wirklichkeit reicht Raumtemperatur als Aktivierungsenergie aus.

Gefahren



Signalwort: Gefahr

Kann gegenüber Metallen korrosiv sein. Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere



Schutzbrille, Handschuhe und Schutzkleidung tragen. Konz. Schwefelsäure verursacht bei Einwirken auf Baumwolle Löcher in der Kleidung. BEI Exposition oder falls betroffen: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen. BEI VERSCHLUCKEN: Mund ausspülen. KEIN Erbrechen herbeiführen. BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

Hier wird bewusst der Grundsatz „Gib nie Wasser in die Säure, sonst geschieht das Ungeheure“ verletzt. Daher kann es zu Spritzern von konz. Schwefelsäure kommen. Als Schutz dient das Becherglas, in dem der Plastikbecher steht.

Chemikalien

■ Schwefelsäure, 96 %, H290, H314  P280, P308+P310, P301+P330+P331, P305+P351+P338

Materialien

■ Einweg-Plastikbecher, dünnwandig aus PS, 0,2 l
 Messzylinder, 50 ml, 2 Stück
 Becherglas, 1000 ml, 250 ml, beide niedrige Form
 Computer mit CASSY-Lab 2 und CASSY-Interface
 NiCr-Ni Adapter S, NiCr-Ni - Temperaturfühler
 Stativmaterial (Stativ, 1 Muffe, 1 Fingerklemme)

Spontane stark exotherme Reaktion

Einstellungen in CASSY-Lab 2

Temperatur	Bereich:	-20 .. 120 °C
Messbedingungen	Aufnahme:	automatisch
	Messzeit	kein Eintrag (Messzeit unbestimmt)
	Intervall	10 ms
Standart/Kurve	Stil:	Linien (9/t)

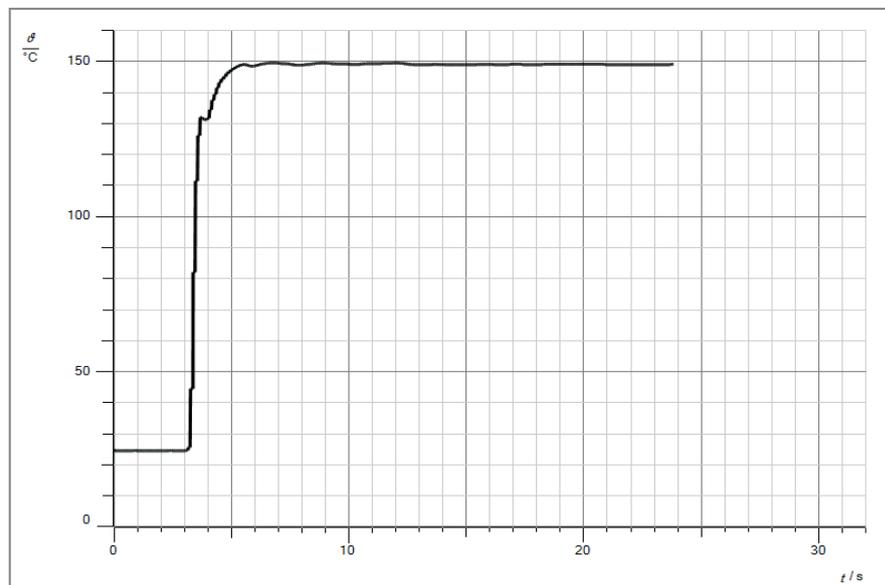
Versuchsdurchführung

1. Messhardware zur Messung mit CASSY Lab 2 vorbereiten (Lit. 1).
2. Computer hochfahren und Einstellungen für CASSY-Lab 2 übernehmen.
3. y-Achse bis auf 160 °C korrigieren.
4. 50 ml Schwefelsäure in den Plastikbecher füllen. Den Becher zum Schutz vor Spritzern in das große Becherglas (1000 ml) stellen.
5. Temperaturfühler am Stativ so befestigen, dass die Spitze in die konz. Schwefelsäure eintaucht.
6. Die Messung mit F9 oder mit Klick auf die Uhr starten.
7. 50 ml Wasser auf einmal schnell in die Schwefelsäure gießen (dazu das Becherglas, 250 ml, verwenden, damit lässt sich das Wasser schneller ausschütten als mit dem Messzylinder).
8. Nach Temperaturkonstanz den Messfühler aus der Flüssigkeit nehmen (wird angegriffen). Temperaturerwärmung am Becherglas auch fühlen lassen.

Beobachtung

1. Der Plastikbecher sackt in sich schlagartig zusammen.
2. Die Temperatur steigt bis knapp auf 150 °C (Temperaturanstieg in 0,43 s um 107 °C).
3. Am Temperaturfühler setzt eine Gasentwicklung ein.

Messdiagramm



Spontane stark exotherme Reaktion

Erklärung

Unter beträchtlicher Wärmeentwicklung (ca. 85 kJ pro mol H_2SO_4) bilden sich beim Vermischen mit Wasser Hydrate der Schwefelsäure, z. B. $\text{H}_2\text{SO}_4 \times 4 \text{H}_2\text{O}$ (Lit. 2s). Ebenfalls dissoziiert die Schwefelsäure in einer Säure-Base-Reaktion. Durch die gebildeten Oxoniumionen wird das Fühlerrohr unter Wasserstoffentwicklung angegriffen.

Beide Reaktionen sind stark exotherm, so dass der thermoplastische Kunststoff schmilzt. Da es sich um amorphes Polystyrol handelt, spricht man nicht von der Schmelz- sondern von der Glasübergangstemperatur. Dies wird in Lit. 3 folgendermaßen erklärt:

Der Unterschied wird deutlich, wenn man sich den Temperaturverlauf beim Erwärmen eines Kristalls und eines amorphen Festkörpers ansieht: Beginnt ein Kristall zu schmelzen, bleibt seine Temperatur konstant, bis er ganz geschmolzen ist, d.h. die zugeführte Wärme wird ausschließlich dafür verwendet, das Kristallgitter zu zerstören, nicht, um die Temperatur des schmelzenden Stoffes zu erhöhen (diese Wärme wird als latente Schmelzwärme bezeichnet, von lat. latens = verborgen). Bei amorphen Festkörpern hingegen wird sämtliche zugeführte Wärme verwendet, die Temperatur des Stoffes zu erhöhen, es gibt kein Kristallgitter, das zerstört werden muss.

Da die Becher durch Tiefziehen aus einer flachen Kunststoffplatte hergestellt werden (eine erwärmte Platte wird durch Vakuum in die Becherform gezogen, der so hergestellte Becher erstarrt in dieser Form) geht der Becher beim Erwärmen wieder in seine ursprüngliche Form zurück.

Es handelt sich um eine spontane Reaktion, da bei Raumtemperatur keine Aktivierungsenergie zugeführt werden muss bzw. die Raumtemperatur als Aktivierungsenergie ausreicht.

Versuchsvarianten

Wird der Versuch mit einem Trinkbecher aus Polypropen (PP) durchgeführt, kann man die unterschiedliche Schmelz- bzw. Erweichungsbereiche von Thermoplasten zeigen.

Während der Becher aus Polystyrol stark zusammenschmilzt, hält der von der Wandstärke gleichartige Becher aus Polypropen die Temperatur aus. Man bemerkt nur ein leichtes Weichwerden und eine minimale Verformung des Bechers.

Die Glasübergangstemperatur (Erweichungstemperatur) für amorphes Polystyrol liegt bei 90 -110 °C, für teilkristallines Polypropen liegt der Schmelzbereich bei 160 - 165 °C (Lit. 4).

Entsorgung

Schwefelsäure mit weiterem Wasser verdünnen und als Schwefelsäure, verdünnt, weiter verwenden. Gibt man noch weitere 380 ml Wasser, dest, dazu, so erhält man Schwefelsäure, 10 %, die z. B. für die Schülerübung eingesetzt werden kann.

Literatur

- (1) <https://www.fachreferent-chemie.de/wp-content/uploads/Arbeiten-mit-CASSY.pdf>
- (2) Häusler, K.; H. Rampf; R. Reichelt: Experimente für den Chemieunterricht. Oldenburg, München, 1995, 2. korrigierte Auflage, S. 160.
- (3) <http://kirste.userpage.fu-berlin.de/chemistry/kunststoffe/glas.htm>
- (4) Frick, Achim, Claudia Stern: DSC-Prüfung in der Anwendung, Hanser Fachbuch, München, 2013, 2. Auflage, S. 53.