Logo folgt

Stand: 24.11.2026 | Quelle: DEGINTU

Herstellung von Roheisen aus Eisen(III)-oxid und Aktivkohle im AST-Element in der Mikrowelle (Lehrerversuch)

DEGINTU-ID: 207298 | Nr: 3105 | Institut für Chemieinformation

DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.23967511

Lehrerversuch

Kategorie: Modelle und Simulationen, Metalle und Salze, Redoxreaktion

Reaktionsgleichung

$Fe_2O_3 + 3\ C \rightarrow 2\ Fe + 3\ CO$
$Fe_2O_3 + 3\ CO \rightarrow 2\ Fe + 3\ CO_2$
$C + CO_2 \rightleftharpoons 2\ CO$ (Boudouard-Gleichgewicht)
Nachweis: $Fe + 2\ HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2$

Hinweis: Solange noch festes Eisen als Rückstand in der Salzsäure vorliegt, wird Eisen(III), dass sich durch Luftoxidation aus Eisen(II) bildet: $4\ FeCl_2 + O_2 + 4\ HCl \rightarrow 4\ FeCl_3 + 2\ H_2O$ sofort wieder zu Eisen(II) reduziert:

$2\ Fe^{3+} + Fe \rightarrow 3\ Fe^{2+}$

Durchführung

Mikrowelle möglichst im Abzug betreiben; das heiße AST-Element im Abzug abstellen.

Vorbereitung

1. Hot Spot bestimmen: Drehteller entfernen, Styroporplatte mit feuchtem Küchenkrepp und darauf Thermopapier (wärmeempfindliche Seite oben) einlegen und wenige Sekunden bei voller Leistung bestrahlen. Die zuerst geschwärzte Stelle ist der Hot Spot.
2. AST-Element am Vortag herstellen: 140 g Schamottemörtel mit wenig Wasser steif anrühren (Schutzhandschuhe), in den Blumentopf füllen, ein mit Frischhaltefolie umwickeltes Formgefäß hineindrücken und wieder herausziehen. Über Nacht bei 100 °C trocknen. Das Element muss vor jedem Einsatz völlig trocken sein, sonst kann es in der Mikrowelle zerplatzen; im Zweifel nochmals im Trockenschrank trocknen.

Durchführung

1. 5 g Eisen(III)-oxid und 1 g Aktivkohlepulver in der Reibschale sorgfältig verreiben.
2. Das Gemisch mit dem eingewickelten Magneten prüfen.
3. Blindprobe: eine halbe Spatelspitze des Gemischs im Reagenzglas mit etwa 2 mL Salzsäure (2 mol/L) versetzen.
4. In den Porzellantiegel 0,5 g gekörnte Aktivkohle, darauf das Eisenoxid-Kohle-Gemisch und zuletzt 1 g gekörnte Aktivkohle geben; Deckel auflegen.
5. Den Boden des AST-Elements mit gekörnter Aktivkohle bedecken, den Tiegel hineinstellen und den Zwischenraum ebenfalls mit gekörnter Aktivkohle füllen.
6. Das AST-Element auf dem Schamottestein am Hot Spot aufstellen und 10 min bei höchster Leistung erhitzen. Während des Betriebs nicht unmittelbar vor der Gerätetür stehen.
7. Gerät ausschalten, die Tür öffnen und das AST-Element mit Tiegelzange und Hitzeschutzhandschuhen auf die feuerfeste Unterlage (im Abzug) stellen. Den Tiegelinhalt mit der Tiegelzange in die Porzellanschale schütten und abkühlen lassen.
8. Das abgekühlte Produkt erneut mit dem Magneten prüfen und eine halbe Spatelspitze im Reagenzglas mit etwa 2 mL Salzsäure (2 mol/L) versetzen.

Beobachtung

Vor der Reaktion: rotbraunes Gemisch, kaum vom Magneten angezogen; mit Salzsäure keine Gasentwicklung, allenfalls schwach gelbliche Lösung. In der Mikrowelle glüht die Aktivkohle, zum Teil mit Funken. Nach der Reaktion: schwarzgraue, teils gesinterte Körnchen, die vom Magneten angezogen werden; mit Salzsäure Gasentwicklung und schwach grünliche Lösung.

Auswertung

Die Aktivkohle im AST-Element (Aktivkohle-Suszeptor-Tiegel) nimmt die Mikrowellenstrahlung auf und erhitzt den Tiegel bis auf etwa 1000 °C. Kohlenstoff und das dabei gebildete Kohlenstoffmonoxid reduzieren Eisen(III)-oxid zu Eisen; Kohlenstoff wird zu Kohlenstoffmonoxid und -dioxid oxidiert. Das entspricht den Vorgängen im Hochofen. Magnetismus allein beweist kein Eisen, denn auch das Zwischenprodukt Magnetit (Fe_3O_4) ist magnetisch. Erst die Wasserstoffentwicklung mit Salzsäure zeigt metallisches Eisen. Nach $Fe_2O_3 + 3\ CO \rightarrow 2\ Fe + 3\ CO_2$ entstehen im Hochofen auf 2 mol Eisen 3 mol Kohlenstoffdioxid. Die Direktreduktion mit Wasserstoff (VV #208444) oder Ammoniak (VV #208490) vermeidet es und liefert statt flüssigem Roheisen festen Eisenschwamm.

Geräte und Material

Haushaltsmikrowelle (nur für Experimente, ohne Grillfunktion betreiben), AST-Element (Blumentopf aus Ton Ø 7 cm mit Einsatz aus feuerfestem Schamottemörtel, in den der Tiegel genau passt), Porzellantiegel 101/30 (Ø 3 cm, h 4 cm) mit Deckel, Schamottestein, feuerfeste Unterlage, Porzellanschale, Reibschale mit Pistill, Waage, Spatel, Tiegelzange, Hitzeschutzhandschuhe, Stabmagnet (in Papier eingewickelt), 2 Reagenzgläser im Ständer, Tropfpipette; für die Vorbereitung: Thermopapier, Küchenkrepp, Styroporplatte, Sprühflasche mit Wasser, Trockenschrank; Schutzscheibe zu den Schülerinnen und Schülern

Nachtrag Rossow/Flint, CHEMKON 13 (2006) 31–32 (i. A. Claude, 05.11.2026), nicht in diese VV übernommen. Der Aufsatz zeigt den Hochofen ohne Mikrowelle im Duran-Reagenzglas: unten 5 bis 6 cm Oxi-Reiniger (Natriumpercarbonat) als Sauerstoffquelle, darüber 1 cm Tonscherben, darauf gekörnte Aktivkohle und gekörntes Eisenoxid (Volumenverhältnis 3 : 1), oben Glaswolle. Erst das Gemisch bis zur schwachen Rotglut, dann den Reiniger erhitzen; das Gemisch glüht hell auf, das austretende Gas wird entzündet. Vergleichbar sind Kohlenstoffmonoxid-Weg und Boudouard-Gleichgewicht. Das Experiment hat Anschauungsvorteile (Sauerstoffzufuhr von unten, Gichtgasflamme, kein AST-Element), weist Eisen aber nur mit dem Magneten nach und enthält keine Gefährdungsbeurteilung. Oxidationsmittel und glühende Kohle stehen im selben Glas,

Kohlenstoffmonoxid tritt offen aus. Es wäre eine eigene, zu erprobende VV.

Gefahrstoffe

Name	Formel	CAS-Nr.	H-Sätze	P-Sätze	Piktogramme
Eisen, Pulver	Fe	7439-89-6	H228 H252	P210 P235 P240 P241 P280 P403+P235	GHS02
Eisen(III)-oxid	Fe_2O_3	1309-37-1			
Kohlendioxid	CO_2	124-38-9			
Kohlenmonoxid	CO	630-08-0	H220 H331 H372 H360D	P202 P210 P260 P315 P377 P381 P403 P405 P304+P340 P308+P313	GHS02, GHS06, GHS08
Wasserstoff	H_2	1333-74-0	H220	P210 P377 P381 P403	GHS02
Aktivkohle, gekörnt	C				
Aktivkohle, Pulver	C				
Eisen(II)-chlorid-4-Hydrat	$FeCl_2 \cdot 4H_2O$	13478-10-9	H302 H314	P280 P310 P305+P351+P338	GHS05, GHS07
Salzsäure 2 M	HCl·aq		H290	P390	GHS05
Wasser, entionisiert	H_2O	7732-18-5			

Gefahren

- KMR-Stoff 1A/1B
- durch Einatmen
- durch Hautkontakt
- durch Augenkontakt
- Brandgefahr
- Explosionsgefahr

Weitere Gefahren und Hinweise

Bei der Reduktion und beim Glühen der Aktivkohle entsteht Kohlenstoffmonoxid (H331, H360D, H372). Aus 1 g Kohlenstoff im Reaktionsgemisch können bis etwa 2 L CO entstehen, dazu CO aus der glühenden Suszeptorkohle; die Mikrowelle bläst es über den Lüfter in den Raum. Deshalb Mikrowelle möglichst im Abzug betreiben, sonst gut lüften, und das heiße AST-Element im Abzug abkühlen lassen. Die Kohle glüht nach dem Herausnehmen weiter. Feuchte AST-Elemente können durch Wasserdampf zerplatzen. AST-Element, Tiegel und Schamottestein sind lange sehr heiß (Verbrennungsgefahr). Funken in der Mikrowelle können das Gerät beschädigen; nur ein eigenes Versuchsgerät verwenden, nie eines für Lebensmittel. Feuchter Schamottemörtel kann alkalisch sein und die Haut reizen.

Sicherheitshinweise

Lehrerversuch. Schutzbrille, beim Hantieren mit dem heißen AST-Element Hitzeschutzhandschuhe. Mikrowelle möglichst im Abzug betreiben, sonst Raum gut lüften; das heiße AST-Element im Abzug abstellen. Schutzscheibe zu den Schülerinnen und Schülern. AST-Element vor dem Einsatz vollständig trocknen. Grillfunktion nicht verwenden. Schwangere Lehrkräfte führen den Versuch wegen Kohlenstoffmonoxid nicht durch.

Substitution

Substitution 1

Substitution von Gefahrstoffen, Verwendungsformen und -verfahren wurde geprüft. Der Versuch ist zur Vermittlung wesentlicher Lerninhalte nicht verzichtbar und kann unter Einhaltung der in der Versuchsvorschrift genannten Einschränkungen und mit den dort genannten Schutzmaßnahmen durchgeführt werden.
Gefährliche Stoffeigenschaften oder andere Gefährdungen, die eine Durchführung durch Schüler/innen oder Lehrkräfte grundsätzlich ausschließen würden, sind nicht bekannt. Die Stoffliste DGUV Information 213-098 in degintu.dguv.de wurde berücksichtigt.

Entsorgung

Alles vollständig abkühlen lassen. Das AST-Element und die gekörnte Aktivkohle können mehrfach verwendet werden. Das abgekühlte Eisen-Kohle-Gemisch in den Hausmüll. Die Reagenzglasinhalte mit Salzsäure (Eisen(II)-chlorid-Lösung) in den Behälter für saure anorganische Abfälle geben.

Medien und Abbildungen

Roheisenherstellung in der Mikrowelle (Fotos: B. Romberg; 2018)

Literatur

Institut für Didaktik der Chemie, Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt. Hochtemperaturchemie in der Haushaltsmikrowelle. Frankfurt/Main : s.n., 2005. Institut Dr. Flad. Chemie in der Mikrowelle;

https://www.chf.de/eduthek/mikrowelle/chemie-mikrowelle.pdf
Praktikumsskript Didaktik 2, Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Didaktik der Chemie;

https://www.uni-giessen.de/de/fbz/fb08/Inst/chemiedidaktik/Lehre/arbmat_o/ch-lehramt/dc2_skript

Weiterführend zum Vergleich mit der Direktreduktion: P. Heinzerling: Von der Forschung direkt in die Schule: Grüner Stahl – Direktreduktion mit Ammoniak, CHEMKON 31 (2024) 221–225, DOI 10.1002/ckon.202400004; D. Rosenberg, T. Wagner, A. Hallmann: Der Zukunfts-Hochofen, CHEMKON 32 (2025) 197–200, DOI 10.1002/ckon.202400058. Von beiden zitiert: M. Rossow, A. Flint: Sauerstoff aus Oxi-Reinigern – der Hochofen im Reagenzglas, CHEMKON 13 (2006) 31–32, s. Sonstiges.

Hinweis: Diese PDF-Datei ersetzt nicht die Gefährdungsbeurteilung und deren Dokumentation z.B. mit der Datenbank DEGINTU (degintu.dguv.de).