

## Gewinnung von Eisen nach dem Hochofenprozess

### Versuchsziele

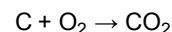
- Kennenlernen eines großtechnischen Verfahrens.
- Gewinnung von Metallen.
- Stoffumwandlungen kennenlernen.
- Redoxreaktionen praktisch kennenlernen.

### Grundlagen

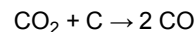
Bei Eisen handelt es sich um eines der meist genutzten Metalle heutzutage. Jedoch kommt es auf der Erde nicht in elementarer Form vor. Um elementares Eisen zu erhalten, müssen seine Oxide und Sulfide in einem großtechnischen Verfahren zunächst umgewandelt werden. Dies geschieht mit Hilfe eines Hochofens. Das Verfahren des Hochofenprozesses wurde bereits in China in der Han-Dynastie angewandt (200 v. Chr. bis 220 n.Chr.). Dabei werden die Eisenerze mittels Reduktion zu elementarem Eisen umgewandelt. In der heutigen Zeit wird dazu ein Hochofen benutzt, der aus einem 75 m hohen Stahlmantel besteht und mit einer 1,5 m dicken Schicht aus feuerfesten Steinen ausgekleidet ist. Beschickt wird der Hochofen abwechselnd mit Möller (= Eisenerz und Kalk) und Koks. Das Kalkgestein wird benötigt um die in den Erzen enthaltenen silicatischen Gesteine, auch als Gangart bezeichnet, aus dem Hochofen auszuschleusen.

Die Reaktion im Hochofen läuft in einem Gegenstromverfahren ab. Im unteren Teil des Hochofens befinden sich Düsen durch

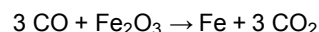
welche mit Druck circa 1200 °C heiße Luft geblasen wird. Diese strömt entgegen dem nach unten sinkenden Gemisch aus Koks und Eisenerz. Der in der Luft enthaltene Sauerstoff kann dabei mit dem Koks reagieren.



Hierbei handelt es sich um eine exotherme Reaktion, welche wiederum Energie freisetzt. Es entstehen letztendlich Temperaturen von bis zu 2000 °C. Das so entstandene Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) reagiert beim Aufsteigen mit dem glühenden Koks augenblicklich zu Kohlenstoffmonoxid (CO).



Weiter aufsteigendes Kohlenstoffmonoxid kann nun die Eisenoxide reduzieren.



Diese Reaktion findet jedoch in Teilreaktionen statt.

Zunächst entsteht eisenhaltiger Magnetit.

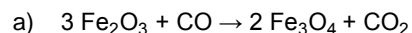
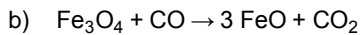


Abb. 1 Versuchsaufbau

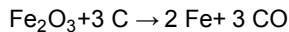
Anschließend wird dieser zu Eisen(II)-Oxid reduziert.



Zuletzt entsteht elementares Eisen.



Auch elementarer Kohlenstoff dient an den Grenzschichten zwischen Koks und Möller als Reduktionsmittel.



CO<sub>2</sub> steigt nun weiter auf und trifft auf die nächste Koksschicht im Hochofen. Dort wird es erneut zu CO reduziert und kann wenn es erneut auf eine Schicht mit Eisenerzen trifft diese erneut zu Eisen reduzieren. Gase die oben aus dem Hochofen entweichen werden als Gichtgase bezeichnet. Sie werden in einem Recyclingprozess über Winderhitzer dazu verwendet, die Luft zu erwärmen, welche unten in den Hochofen zugeführt wird. Dies geschieht durch Entzünden des im Gichtgas enthaltenen CO, welches einen Anteil von ca. 30 % hat.

Das in diesem Prozess entstandene Roheisen sinkt zusammen mit der Schlacke, welche sich aus Gangart und Kalkstein gebildet hat, nach unten ab. Die Schlacke weist eine geringere Dichte auf verglichen zum Roheisen, weswegen beide über verschiedene Abstichvorrichtungen abwechselnd abgelassen werden können. Eine schematische Darstellung des gesamten Hochofenprozesses mit den verschiedenen Temperaturbereichen ist in Abb. 2 zu sehen.

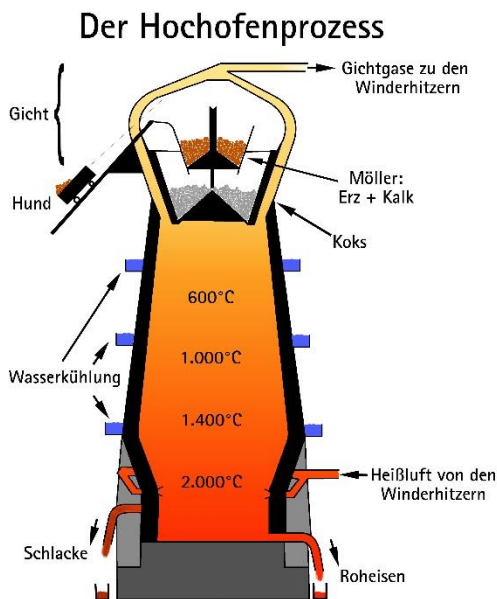


Abb. 2: Schematische Darstellung des Hochofenprozesses

In diesem Versuch soll der großtechnische Hochofenprozess mittels eines Miniaturhochofens simuliert werden. Hierbei wird Aktivkohle als Kohlenstoff-Komponente verwendet. Bei dem eingesetzten Eisenerz handelt es sich um Hämatit (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), welches einschichtig eingesetzt wird. Die Luft wird mittels eines Kompressors in die Apparatur eingebracht. Das Reaktionsprodukt wird am Ende auf Magnetismus untersucht.

### Gefährdungsbeurteilung

Die im Versuch verwendeten Substanzen sind nicht gefährlich. Allerdings werden sehr hohe Temperaturen an der Außenwand von 600 °C erreicht. Im Inneren sind Temperaturen von

über 1000 °C möglich. Es kann während des Versuches zu einem Brodeln und Vibrieren der glühenden Masse kommen. Auch vulkanartige Effekte können beobachtet werden.

### Geräte und Chemikalien

1 Hochofenmodell .....	661 541
1 Kleinkompressor, elektrisch .....	664 752
1 Hochstrom-Netzgerät .....	521 55
1 Stativfuß V-förmig, klein .....	300 02
1 Stativstange 25 cm, 10 mm Ø .....	301 26
1 Doppelmuffe S.....	301 09
1 Universalklemme 0...120 mm .....	301 72
1 Wärmeschutzplatte Keramikfaser.....	667 104
1 Schlauchverbinder PP, T-Form, 8 mm Ø, .....	665 23ET10
1 Gummischlauch 7 mm Ø, 1 m .....	667 180
1 Quetschhahn nach Hofmann, 30 mm.....	667 176
1 Bunsenbrenner, Allgas .....	656 016
1 Tiegelzange, 200 mm.....	667 035
1 Pocket-Waage JE120, 120 g : 0,1 g.....	667 7931
1 Holzstäbchen, 200 St.....	661 083ET20
1 Magnet mit Bohrung.....	510 15
1 Eisenerz (Hämatit), 250 g.....	671 8810
1 Aktivkohle, gekörnt, 500 g .....	670 2020
1 Holzkohle, kleine Stücke, 500 g .....	672 2490
Zusätzlich empfohlen:	
1 Glasstab 300 mm x 8 mm Ø .....	665 213

### Versuchsaufbau und –vorbereitung

#### Aufbau der Apparatur

1. Die Apparatur wird wie in Abb.1 dargestellt aufgebaut.
2. Der Kleinkompressor wird für die Stromversorgung mit dem Hochstrom-Netzgerät verbunden.
3. Am Fuß des Hochofenmodelles muss ein Schlauch befestigt werden, welcher dieses mit dem Kleinkompressor verbindet.
4. Zur besseren Luftregulierung sollte zwischen Kompressor und Hochofenmodell ein T-Stück mit Schlauch und Quetschhahn dazwischen geschaltet werden.
5. Der Kompressor soll im Dauerbetrieb nur mit einer Spannung von 6 – 8 V betrieben werden.

#### Vorbereitung des Hochofenmodells

1. Bei abgenommen Glasschacht wird der Grundkörper des Hochofenmodells bis knapp unter den Lufteintrittsöffnungen mit gekörnter Aktivkohle befüllt.
2. Den Glasschacht mit dem Dichtungsband umwickeln und auf den Grundkörper setzen.

*Hinweis: Das Dichtungsband darf die Lufteintrittsöffnungen nicht verdecken.*

3. Die Feststellschrauben des Grundkörpers vorsichtig festdrehen.

*Hinweis: Ein zu festes Anziehen der Schrauben sollte vermieden werden, um ein Brechen des Glaskörpers zu vermeiden.*

4. Das so vorbereitete Hochofenmodell auf die Wärmeschutzplatte stellen und den Glaskörper mit Hilfe einer Universalklemme und eine Doppelmuffe an einer Stativstange sichern. Dazu die Stativstange im Stativfuß befestigen.

#### Durchführung

1. Ein Stück Holzkohle wird mit Hilfe eines Bunsenbrenners und einer Tiegelzange erhitzt, bis dieses vollständig glüht.
2. Die glühende Holzkohle wird in den Glasschacht fallen gelassen und sollte dabei möglichst vor einer Lufteintrittsöffnung liegen bleiben.

*Hinweis: Sollte die Holzkohle nicht direkt vor einer Lufteintrittsöffnung liegen bleiben muss diese mit einem Glasstab davor geschoben werden.*

3. Sofort die Druckluftzufuhr anstellen. Die Holzkohle sollte dabei deutlich weiter glühen.
4. Vorsichtig auf die glühende Holzkohle gekörnte Aktivkohle geben. Diese darf die Holzkohle, aber nicht komplett bedecken.
5. Warten bis das Glühen auch auf die Aktivkohle übergegangen ist. Dann den Glasschacht bis zur weitesten Stelle mit Aktivkohle füllen.
6. Auf die Aktivkohle werden ca. 25 g Eisenerz (Hämatit) gegeben. Dabei darauf achten, dass das Eisenerz möglichst gleichmäßig verteilt ist. Ist dies nicht der Fall mit einem Glasstab nachhelfen.
7. Die Erzschiicht wird wiederum mit einer 1 cm dicken Schicht Aktivkohle überschichtet.
8. Die Druckluftzufuhr mit dem Quetschhahn so einstellen, dass sich das Glühen weiter ausbreitet.
9. Entweichendes Kohlenstoffmonoxid (Gichtgas, CO) versuchen mit einem brennenden Holzspan zu entzünden.
10. Im Verlauf des Versuches breitet sich die Glut immer weiter aus und die Erz-Aktivkohle-Schicht sinkt allmählich nach unten.
11. Wenn die Beschickung fast bis zum oberen Rand des Grundkörpers abgesunken ist kann der Versuch beendet werden.
12. Die Apparatur 5 – 10 min lang abkühlen lassen.

### Beobachtung

Während des Versuches kann beobachtet werden, wie sich die Glut im Glasschacht immer weiter ausbreitet und die Erz-

Kohle-Schicht langsam absinkt. Dabei kann es auch zu einem Brodeln oder Vibrieren der Masse kommen. Durch aufwirbelnde glühende Erz- und Kohleteilchen können im Schacht eventuell auch vulkanartige Effekte beobachtet werden.

Nach dem Abkühlen der Apparatur kann die Apparatur auseinander genommen werden. In der Masse aus dem Hochofenmodell können neben unvollständig verbrannter Kohle und Schlacke auch metallartige Klumpen gefunden werden.

### Auswertung

In diesem Versuch wurde die Gewinnung von Eisen mittels des Hochofenprozesses demonstriert. Das erhaltene Reaktionsprodukt enthält neben unvollständig verbrannter Kohle und Schlacke auch metallartige Klumpen. Sowohl das metallartige Produkt als auch das eingesetzte Eisenerz können mit Hilfe eines Magneten auf möglichen Magnetismus hin untersucht werden.

### Ergebnis

Die metallartigen Klumpen aus dem Reaktionsprodukt werden durch einen Magneten angezogen. Das zu Beginn des Versuches eingesetzte Eisenerz hingegen wird nicht angezogen. Dies zeigt, dass das Eisenerz mindestens zu Magnetit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) reduziert wurde. Teilweise ist aber auch metallisches Eisen entstanden.

### Reinigung und Entsorgung

Bei den in diesem Versuch verwendeten Stoffen handelt es sich um keine gefährlichen Stoffe. Sie können unter Beachtung der örtlichen Vorschriften entsorgt werden.