



## Unterrichtseinheit: Vom Erz zum Stahl

### Der Hochofenprozess



Abbildung 1: Schritte zur Verarbeitung des Werkstoffs  
(Bilder: Pixabay)

Bei der Erzeugung von Stahl unterscheidet man zwischen zwei verschiedenen Prozessen. Das ist zum einen die Produktion von Roheisen in einem Hochofen. Hier wird Stahl aus Eisenerz und Koks gewonnen und im Anschluss zu verschiedenen Stahlsorten weiterverarbeitet. Die zweite Variante ist die Erzeugung von Stahl in einem Elektroofen. In diesem Fall wird Stahlschrott genutzt und so ressourcenschonend wiederverwendet. Etwa ein Drittel des in Deutschland produzierten Stahls wird durch den Elektroofen hergestellt. Die anderen zwei Drittel werden heutzutage mittels der Hochofenroute erzeugt.

Im Hochofen werden die Eisenoxide zu Eisen reduziert. Es herrschen Temperaturen bis hin zu 1700 °C wobei die Temperatur von oben nach unten immer weiter zunimmt. Erreicht werden diese hohen Temperaturen durch die Verbrennung von Koks. Koks wird in sogenannten Kokereien aus Kohle gewonnen wird. Er verbrennt mit wesentlich höheren Temperaturen als Kohle.

Sehr feine Erze sind für den Einsatz im Hochofen zu klein. Handelt es sich um solche feinen Erze müssen diese noch einen weiteren Schritt durchlaufen. In Sinteranlagen werden die feinen Eisenerzklumpen durch Zufuhr von Hitze zu größeren Klumpen zusammengebacken. Diesen Vorgang nennt man auch *sintern*.

Bei Mineralien, die Sulfide oder Carbonate enthalten, muss ein weiterer Schritt vorgeschaltet werden. Dieser Vorgang wird *Rösten* beziehungsweise *Brennen* genannt. Hierbei werden die Sulfate und Carbonate in die entsprechenden Oxide überführt und können anschließend verwendet werden.

Der Hochofen wird abwechselnd mit Koks und Eisenerz gefüllt. Im unteren Teil des Hochofens wird heiße Luft eingeblasen, sodass bei der Verbrennung von Koks Kohlenmonoxid (CO) entsteht. Dieses dient als Reduktionsmittel, das die Eisenoxide zu Eisen reduziert. Bei dieser

Redoxreaktion wird gleichzeitig Kohlenstoffmonoxid zu Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) oxidiert. Das flüssige Roheisen wird in regelmäßigen Abständen unten aus dem Hochofen abgelassen. Es enthält noch etwa 4 % Kohlenstoff in gebundener Form. Das bedeutet es liegt in Form von Eisencarbid (Fe<sub>3</sub>C) vor. Es ist hart, spröde und brüchig. Möchte man das Roheisen weiterverarbeiten muss man den Kohlenstoffgehalt reduzieren.

Um ungewollte Verunreinigungen aus dem Eisen zu entfernen wird dem Eisenerz Kalk und Sand zugesetzt. Zusammen mit den Verunreinigungen bildet es während des Prozesses eine Schlacke. Als *Schlacke* wird eine im Wesentlichen aus nicht metallischen Komponenten bestehende Begleitphase bezeichnet, die bei fast allen metallurgischen Herstellungs- und Verarbeitungsprozessen entsteht. Sie lässt sich leicht vom Roheisen abtrennen, da sie bei deutlich niedrigeren Temperaturen schmilzt.



#### Schon gewusst?

Die Produktion von Stahl setzt große Mengen an Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) frei. Aufgrund der europaweiten Bemühungen bis 2030 die Emissionen von CO<sub>2</sub> deutlich zu verringern, gibt es auch in der Stahlindustrie Bestrebungen, den Hochofenprozess klimafreundlicher zu gestalten.

#### AUFGABEN

1. Im Hochofen wird Eisenoxid zu Eisen reduziert. Welches Reduktionsmittel wird dabei verwendet? ☆
2. Beschreibe die chemischen Vorgänge im Hochofen mit eigenen Worten. ☆ ☆
3. Welche chemischen Reaktionen finden im Hochofen statt? Stelle die entsprechenden Reaktionsgleichungen auf. ☆ ☆ ☆
4. Welche bekannte Gleichgewichtsreaktion wird auch Boudouard-Reaktion genannt? ☆ ☆ ☆
5. Wie könnte eine klimafreundlichere Stahlproduktion aussehen? Worin liegen die Vorteile? ☆ ☆



6. Wusstest du eigentlich, dass ein durchschnittliches Gerüst aus mehreren Stahlsorten bestehen kann, die sorgfältig ausgewählt werden, um die Anforderungen an Festigkeit, Gewicht und Haltbarkeit zu erfüllen? Frage eine/-n Gerüstbauer/-in auf dem Weg zur Schule oder in deiner Umgebung, wie viele Stahlsorten in seinem/ihrer Gerüst verarbeitet sind. Recherchiere im Anschluss zu diesen Stahltypen und präsentiere die für dich interessantesten Fakten in der Klasse. ☆

Bildnachweise:

<https://pixabay.com/de/photos/industrie-stahl-eisen-hochofen-647413/>

<https://www.pexels.com/de-de/foto/mann-der-neben-rohren-steht-379960/>



## Lösungen

### Aufgabe 1 ☆

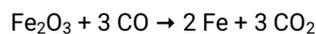
Im Hochofenprozess fungiert Kohlenstoffmonoxid als sogenanntes Reduktionsgas.

### Aufgabe 2 ☆

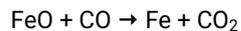
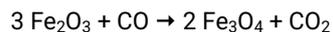
Das Eisenoxid wird schrittweise vom Reduktionsmittel Kohlenstoffmonoxid reduziert, sodass am Ende Eisen entsteht. Das Reduktionsmittel selbst wird dabei oxidiert.

### Aufgabe 3 ☆ ☆ ☆

Allgemein:

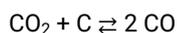


Reaktion mit Kohlenstoffmonoxid:



### Aufgabe 4 ☆ ☆ ☆

Das Gleichgewicht zwischen Kohlenstoffdioxid und Kohlenstoffmonoxid wird auch Boudouard-Reaktion oder Boudouard-Gleichgewicht genannt. Damit sich dieses Gleichgewicht einstellt wird eine Mindesttemperatur von 1000 °C benötigt.



### Aufgabe 5 ☆ ☆

Alternativ zu Koks könnte Wasserstoff als Reduktionsmittel verwendet werden. Der Vorteil liegt darin, dass hier die Emission von Kohlenstoffdioxid deutlich verringert werden kann und so ein Beitrag zu einer umweltfreundlicheren Eisenherstellung geleistet wird.

### Aufgabe 6 ☆

In einem durchschnittlichen Gerüst können mehrere Stahlsorten enthalten sein, um die unterschiedlichen Anforderungen an Festigkeit, Gewicht und Haltbarkeit zu erfüllen. Die genaue Anzahl und Arten von Stahlsorten können je nach dem spezifischen Gerüsttyp, den Konstruktionsanforderungen und den Herstellungsmethoden variieren. Gängige Stahlsorten in Gerüsten sind: Baustahl, Hochfester Stahl, Verzinkter Stahl, verschiedene legierte Stähle.