



Der Kohlenstoff macht Eisen zum Stahl

Der Rennfeuerprozess: Der Weg vom Erz zum Renneisen/-Stahl

Renneisen/-Stahlerzeugung im Rennofen ohne Erzvorbereitung:

1. Ofenbau: Aufmauern des Ofens mit Ziegeln und Lehm

Entscheidend für die Qualität der Ergebnisse sind:

- Gut isolierendes feuerfestes Material (hier z.B. Lehm)
- Luftdichtheit der Aufmauerung
- Ausreichendes Ofenvolumen zur Aufnahme der gewünschten Menge Kohle und **Erz**
- Ausreichende Querschnitte zur Isolation und um die Rieselfähigkeit der Rohstoffe zu sichern
- Ausreichende Bauhöhe und Beschickungsweglängen für den vollständigen Ablauf der Reaktion im Ofen
- Regelbare Luftzufuhr, sowie genaue Positionierung der Düse in der Reaktionszone

2. Prozessvorbereitung: Anfeuern des Ofens mit Holz und Kohle (Trocknungsbrand)

Wurde der Ofen fertig gemauert muss er zunächst gut durchtrocknen um effektiv zu arbeiten. Dazu wird auch nach der Lufttrocknung der Ofen mit einem sanft brennendem Feuer ausgeheizt damit er kontrolliert Feuchtigkeit verliert. Auftretende Schwindungsrisse werden wieder mit Lehm verschlossen um die Gasdichtheit des Ofens zu gewährleisten

3. Prozess-Start: Beschicken des Ofens mit Holzkohle und Erzsand

Hierbei ist auf gute Rieselfähigkeit der Rohstoffe zu achten sowie auf eine gleichmäßige Beschickung über die gesamte Laufzeit. Mit Berücksichtigung auf die Ofengröße wird für ca. 10 Stunden Ofenlaufzeit weiter mit Kohle und Erz beschickt. Wichtig: ständige Kontrolle des Ofenzustandes/ der Prozesstemperatur.

4. Prozessführung: Feuerung mit kontrollierter Luftzufuhr (Temperatur)

Die Steuerung des Prozesses läuft, wie im Altertum auch, über die Luftzufuhr. Diese regelt die Prozesstemperatur und hat damit großen Einfluss den Ablauf der chemisch/physikalischen Reaktion im Ofen. Ziel ist es, den Ofen im Bereich der Sintertemperatur zwischen 1000°C und 1200°C zu betreiben.

6. Prozess-Ende: Öffnen des Ofens und Entnahme der Luppe

Der Ofen wird nach Beendigung des Prozesses im heißen Zustand mechanisch geöffnet und die Luppe heiß entnommen. Im Idealfall ist die Luppe ein Gemisch aus reduziertem Eisen mit verschiedenen hohen Anteilen Kohlenstoff im Gefüge. Sie liegt in der festen Form vor und ist porös und mit Schlackestoffen und Holzkohleresten versetzt.

7. Weiterverarbeitung Verdichten

In der Regel wird die Luppe unmittelbar aus dem Ofen entnommen und sofort durch vorsichtig gesteigertes überschmieden verdichtet: Auch wird bei großen Luppen gerne eine sofortige Teilung der Luppe in handhabbare Stücke gemacht.

8. Weiterverarbeitung Raffinieren (homogenisieren) oder Frischen

Im Anschluss an das Verdichten wird je nach Qualität des Erzeugnisses entweder direkt durch mehrere Feuerschweißvorgänge raffiniert oder es wird durch ein Frischfeuer gezielt auf- oder abgekühlt um anschließend schmiedbares **Renneisen/-Stahl** zu bekommen.

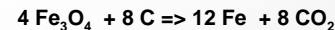
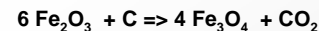


Prinzipiskizze Direktreduktion im Rennofen



Theoretische Grundlagen Direktreduktion:

Stöchiometrische Formeln der chemischen Grundvorgänge bei der Direktreduktion von Erz zu Roh-Eisen/Stahl:



Dieser Vorgang der Stahlerzeugung läuft in der **festen Phase** des Eisens ab. d.h. ein Eisenerzpartikel (fest) wird zu einem Eisenpartikel (fest).

Durch Sintern (Diffusion) wird daraus ein Eisenschwamm. Nun kann das Eisen Kohlenstoff aufnehmen (der Kohlenstoff wird im Eisen gelöst) und wird dadurch zum Stahl.

Da dieses Verfahren ohne ein Aufschmelzen des Eisens auskommt nennt man es auch **Direktreduktion**. Ein Schmelzen würde zu unerwünschtem Gusseisen führen.

Die bei dem Prozess entstehende Schlacke, wird großteils flüssig am Boden des Ofens abgeschieden.

Der reale Sinterprozess im Detail:

Die Mikroskopaufnahme 100fach zeigt das Anwandern/ Sintern der reduzierten Eisenkörner **Fe** (von links) an einen Ferrit-Nukleus (rechts). Die Umgebung ist erstarrte Schlacke (schwarz)



1) In der Reduktionszone wird dem Eisenerz (Fe_2O_3) der Sauerstoff (O) entzogen und gleichzeitig Kohlenstoff (C) zugeführt (Diffusion). In der Realität laufen viele Prozesse parallel ab und es entstehen viele verschiedene chemische Verbindungen, unter anderem Kohlenmonoxid, das für eine Aufkohlung des entstandenen Eisens und somit für die Bildung von Stahl sorgt.