

## Vom Erz zum Roheisen

Ausgangsstoffe für die Roheisengewinnung sind die Eisenerze, zum großen Teil Eisenoxide, die mit Verunreinigungen vermischt sind. Kalk, Kieselsäure, Tonerde und Phosphate machen diese Verunreinigungen, die auch Gangart genannt werden, aus. Meist werden diese vor der Verarbeitung durch die sogenannte Aufbereitung entzogen. Magnetit (auch Magneteisenstein) und Hämatit (auch Roteisenerz) sind als Eisenoxide von besonderer Bedeutung, da sie einen hohen Anteil an Eisen aufweisen. Das Roheisen wird im Hochofen gewonnen. Er besitzt im allgemeinen eine Höhe von 25 m bis 30 m und hat bei einem Durchmesser von etwa 10 m einen Rauminhalt von 500 m<sup>3</sup> bis 800 m<sup>3</sup>. In einem Hochofen kann man jährlich etwa 1 Million Tonnen Eisen erzeugen. Die Beschickung des Hochofens erfolgt über die Gicht. Zuerst gibt man eine Schicht Koks (nahezu reinen Kohlenstoff) vor. Den Koks gewinnt man aus Steinkohle. Dann folgt eine Schicht Erz mit Zuschlägen wie z.B. Kalk, die mit dem am Erz haftenden Gestein eine leicht schmelzbare Schlacke bilden. Darauf kommt wieder eine Schicht Koks usw. Durch die Winddüsen wird eine auf 1200 °C vorgewärmte Heißluft eingeblasen. Jetzt verbrennt der Koks, dabei entstehen Temperaturen von über 2000 °C. Der Koks dient nicht nur als Brennstoff, sondern auch als Stütze für die Beschickung und als Reduktionsmittel. Der Kohlenstoff des Kokes verbindet sich mit dem Sauerstoff der Luft, es entsteht gasförmiges Kohlenstoffmonooxid. Dieses reduziert Eisenoxid zu metallischem Eisen, dem Roheisen. Das hierbei gebildete Kohlenstoffdioxid reagiert mit dem Kohlenstoff in der nächsten Kokszone wieder zu Kohlenstoffmonooxid. Das Gichtgas enthält ca. 30% Kohlenstoffmonooxid. Das flüssige Eisen und die Schlacke sammeln sich im unteren Teil des Hochofens und werden von dort entnommen. Die Schlacke, die auf dem flüssigen Roheisen schwimmt, sorgt auch dafür, dass das Eisen nicht wieder durch die heiße Luft oxidiert wird. Die Schlacke ist ein wertvolles Nebenprodukt. Man verwendet sie vor allem beim Straßenbau und zur Herstellung von Zement.

**Aufgabe 1:** Formuliere das Reaktionsschema der Reduktion von Eisenoxid mit Kohlenstoffmonooxid.

**Aufgabe 2:** Aufgrund welches Eigenschaftsunterschiedes werden die Schlacke und das Roheisen im Hochofen getrennt?

## Vom Roheisen zum Stahl

Das flüssige Roheisen kann in speziellen Schienenfahrzeugen, Torpedopfannen genannt, ohne große Wärmeverluste über größere Entfernungen zum Stahlwerk transportiert werden. Wenn Roheisen noch einen hohen Kohlenstoffgehalt von 4% bis 6% enthält, ist es spröde und nicht verformbar. In diesem Zustand kann man es nur als Gusseisen verwenden. Der größte Teil des Roheisens (ca. 97%) wird jedoch zu Stahl weiterverarbeitet. Stahl ist eine schmiedbare Legierung des Eisens mit einem Kohlenstoffgehalt unter 1,7%. Zwei Verfahren beherrschen heute die Stahlherstellung, das Sauerstoffaufblasverfahren im Oxygenstahlwerk und das Lichtbogenverfahren im Elektrostahlwerk. Beim Sauerstoffaufblasverfahren wird Schrott in den Konverter gegeben.

Jetzt wird flüssiges Roheisen zugeführt. Von oben wird mit einer wassergekühlten Lanze Sauerstoff auf die Schmelze geblasen. Dadurch werden die Begleitelemente des Eisens z.T. oxidiert. Dazu gehören im wesentlichen Kohlenstoff, Silicium, Mangan und Phosphor. Durch Zusatz von Calciumoxid kann man die Oxide von Silicium und Phosphor in eine flüssige Schlacke überführen, die anschließend auf der Metallschmelze schwimmt. Durch Einsatz von Schrott aus dem eigenen Betrieb und aus dem Handel (Alt- und Sammelschrott; Autowracks usw.) spart man Energie und Rohstoffe. Dieses Recyclingverfahren wird in der Stahlindustrie seit Jahrzehnten angewendet. Um die Qualität des Stahls gezielt zu verbessern, werden Proben entnommen und analysiert. Danach erfolgt kontrollierte Zudosierung von Zuschlägen (z.B. von Chrom und Nickel), damit der Stahl die gewünschten Eigenschaften annimmt. In den Lichtbogenofen, der im Wesentlichen aus einem feuerfesten Ofengefäß, einem Deckel, Elektroden und einer Kippvorrichtung besteht, führt man Schrott ein. Zwischen dem Schrott und den Graphitelektroden entsteht beim Anlegen einer Spannung ein Lichtbogen, der den Schrott zum Schmelzen bringt. Da bei diesem Verfahren der Lichtbogen für die zum Schmelzen notwendige Temperatur sorgt, tritt keine oxidierende Flamme auf. So kann man teure Legierungsmetalle zusetzen und damit auch hochwertige Edelstähle erzeugen, ohne große Verluste der teuren Beimengungen durch Oxidation hinnehmen zu müssen.

## Stahl und seine Eigenschaften

Stahl ist ein Werkstoff mit besonderen Eigenschaften. Er lässt sich vor allem im erwärmten Zustand durch Schmieden, Walzen, Pressen und Ziehen verformen. So stellt man daraus Flacherzeugnisse (Bänder und Bleche), Profilerzeugnisse (Träger, Schienen und Drähte) und nahtlose Stahlrohre her. Stahlliegierungen mit bis zu 25% Nickel haben eine große Zähigkeit und sind sehr reißfest. Invarstahl, der sich beim Erwärmen praktisch nicht ausdehnt, enthält ca. 36% Nickel. Zusätze von Chrom und Nickel machen den Stahl so hart, dass man Panzerplatten, Eisenbahnräder und Achsen daraus herstellen kann. Besonders bekannt sind der V2A-Stahl und Nirosta. Diese Chrom-Nickel-Stähle rosten nicht. Wichtig ist auch der nachträglich aufgebrachte Rostschutz für Stähle. Automobilkarosserien aus Stahl werden durch Eintauchen in flüssiges Zink oberflächlich verzinkt (Feuerverzinkung) oder phosphatiert und anschließend lackiert. Hierbei bilden Metallphosphate die Verbindung zwischen Stahl und Lack. Veredelter Stahl hat auch heute noch wirtschaftlich eine große Zukunft.

**Aufgabe 3:** Wie unterscheiden sich Gusseisen und Stahl a) in der Zusammensetzung und b) in den Eigenschaften voneinander?

**Aufgabe 4:** Was sind veredelte Stähle? Nenne Beispiele und Anwendungen.