

Vom Roheisen zum Stahl

Das im Hochofenprozess entstandene *Roheisen* ist als Werkstoff leider kaum zu gebrauchen. Es enthält verschiedene Verunreinigungen. Diese sind die Elemente Kohlenstoff, Mangan, Silizium, Phosphor, Schwefel u.a., wobei Kohlenstoff mit 3-5% anteilmäßig wesentlich mehr enthalten ist als die anderen unerwünschten Begleitelementen. Kohlenstoff und die anderen Verunreinigungen bewirken, dass das Roheisen spröde (brüchig) wird und sich schlecht schmieden (verformen) lässt, aber auch, dass es schneller schmilzt als reines Eisen.



► Weiterverarbeitung

Das flüssige Roheisen aus dem Hochofen wird je nach der Art, in der Kohlenstoff in ihm gebunden ist, in *graues* und *weißes Roheisen* unterteilt. Graues Roheisen wird nach dem Einschmelzen von Schrottteilen in Formen gegossen und heißt dann *Gusseisen*. Gegenstände aus Gusseisen sind z.B. Kanaldeckel, Heizkörper, Öfen, Rohre, Motorblöcke und Maschinenteile. Gegenstände aus Gusseisen sind aber *spröde* und *nicht sehr temperaturbeständig*. Ihr Vorteil ist, dass sie kaum rosten. Weißes Roheisen hingegen wird zu *Stahl* weiterverarbeitet.

► Stahl

Die Vorteile des Stahls liegen in seiner guten *Verformbarkeit* und seiner *Hitzebeständigkeit*. Stahl wird aus Roheisen hergestellt, in dem man den Kohlenstoffgehalt unter etwa 1,7% senkt und die anderen verunreinigenden Elemente weitgehend entfernt. Stahl wird aus diesem Grund auch "veredeltes Eisen" genannt. Dem Stahl kann man noch Elemente beimengen, so dass je nach Art und Menge der Elemente *Stahllegierungen* mit speziellen Eigenschaften entstehen.

► Verfahren zur Stahlherstellung

Der Vorgang, bei dem der Gehalt an Kohlenstoff und anderem Elementen im Roheisen gesenkt wird, wird als *Frischen* bezeichnet, was nichts anderes bedeutet, als dass die unerwünschten Begleitelemente oxidiert werden. Relativ unbedeutende Frischverfahren sind das *Bessemer-Verfahren* und das *Thomas-Verfahren*, bei denen die Oxidation durch Luft vonstatten geht.

Technisch weit verbreitet ist aber das sogenannte *LD-Verfahren*. Seinen Namen erhielt es nach den Österreichischen Stahlwerken in Linz und Donawitz. Bei diesem Verfahren wird das flüssige Roheisen aus dem Hochofen in einen großen, schwenkbaren Behälter gefüllt. Dieser Behälter heißt *Konverter* und fasst ungefähr 300t flüssiges Roheisen. Zusätzlich wird noch *Eisenschrott* in ihn gegeben. Der Eisenschrott wird zur Kühlung des Konverters benötigt. Denn die Reaktion, die zur Umwandlung von Roheisen in Stahl führt, ist exotherm, so dass die Temperatur der Schmelze im Konverter trotz Zugabe von Metallschrott von etwa 1250°C auf etwa 1600°C ansteigt.

Am Anfang der Reaktion steht eine *wassergekühlte Lanze*, die in die Schmelze des Konverters gehalten wird. Durch diese Lanze wird reiner Sauerstoff mit einem Druck von etwa 10bar geblasen. Der Sauerstoff oxidiert die Begleitelemente und die entstehenden gasförmigen Oxide (die Gase Kohlenmonoxid, Kohlendioxid und Schwefeldioxid) entweichen durch die Konverteröffnung in den Abgaskamin oder lagern sich an der Oberfläche der Schmelze ab (alle festen/flüssigen Oxide), wo sie zusammen mit vorher

zugegebenem *Kalkstein* die sogen. *Schlacke* bilden. Nach etwa einer halben Stunde ist der Gehalt an Fremdelementen in der Schmelze stark gesenkt. Die Schlacke und die Stahlschmelze werden getrennt voneinander abgestochen, d.h. aus dem Konverter in einen Transportkübel gegossen. Dann folgt der Prozess der *Rückkopplung*, bei der man noch etwas kohlenstoffhaltiges Eisen hinzu gibt, um den Kohlenstoffgehalt des Stahls zu regulieren, den dieser darf nicht zu klein werden.

Das zweite wichtige Stahlherstellungsverfahren ist das *Elektrostahlverfahren*. In einem *Elektroofen* wird das Roheisen auf Temperaturen um 3000°C gebracht. Dies erreicht man durch anlegen einer Spannung zwischen zwei Graphitelektroden, zwischen denen sich dann ein sogenannter Lichtbogen bilden. Außer dem Roheisen wird Schrott zugegeben, dessen Sauerstoffanteil die Begleitelemente oxidiert. Dann setzt man Legierungsmetalle in bestimmten Mengen direkt hinzu, so dass eine Stahllegierung entsteht. Stähle, die im Elektroofen erzeugt wurden, heißen *Elektrostähle* und sind besonders hochwertig.

► **Stahlsorten**

Bei den Stahlsorten lassen sich zwei große Gruppen unterscheiden, die Kohlenstoffstähle und die Edelstähle. In beiden Fällen handelt es sich um kohlenstoffhaltiges Eisen, aber Edelstähle enthalten noch zusätzlich noch andere Metalle.

Kohlenstoffstähle sind nichtlegierte Stahlsorten, die über 80% des weltweit erzeugten Stahls ausmachen. Es gibt viele Kohlenstoffstähle mit unterschiedlichem Kohlenstoffgehalt. Stähle mit einem Gehalt von weniger als 0,25% Kohlenstoff sind leicht verformbar und werden zur Herstellung von Blechen, Konservendosen, Autokarosserien, Drähten und Nägeln verwendet. Liegt der Kohlenstoffgehalt zwischen 0,25% und 0,7% wird der Stahl härter und lässt sich weniger leicht verformen. Daher wird dieser Kohlenstoffstahl für Eisenbahnschienen, im Maschinenbau, sowie im Stahlbau hauptsächlich verwendet. Die höchste Kohlenstoffkonzentration im Stahl beträgt 0,7% bis 1,5% - der Stahl ist somit sehr hart und kaum verformbar. Seine Verwendung findet Anwendung in der Chirurgie (Chirurgische Instrumente), in der Werkzeugherstellung, sowie als Rasierklingen und Stahlfedern.

► **Eigenschaften**

Die grundlegenden mechanischen Eigenschaften aller Stähle sind die Verformbarkeit und die Zugfestigkeit. Beide Eigenschaften hängen vom Kohlenstoffgehalt des Stahles ab. Es ist aber unmöglich, beide Eigenschaften gleichzeitig in einer Stahlsorte zu optimieren.

Bei niedrigem Kohlenstoffgehalt sind die Stähle leicht verformbar und haben eine geringe Zugfestigkeit.

Bei hohem Kohlenstoffgehalt aber herrschen eine hohe Zugfestigkeit und eine schwere Verformbarkeit vor.

► **Unterschiede Zwischen Stahl und Gusseisen**

	Stahl	Gusseisen
Kohlenstoffgehalt in %	0,5 bis 1,7	3,2 bis 3,6
Eigenschaften	plastisch verformbar zugfest schmiedbar schweißbar	Formgebung durch Gießen geringe Bruch- und Schlagfestigkeit hart aber spröde
Verwendung	Maschinenteilherstellung Federherstellung Autoblechherstellung Baustahlherstellung	Herstellung von Kanaldeckeln Heizkörpern Öfen Röhren Motorblöcken Maschinenteilen

► **Einige Legierungen**

Name	Zusammensetzung	Eigenschaften	Verwendung
V2A-Stahl	Fe, bis zu 18% Cr, bis zu 14 % Ni	korossionsfest säurebeständig sehr hart	Werkzeuge, Fahrzeugbau
Invar-Stahl	65% Fe, ca. 35% Ni	geringe Wärmeausdehnung	Präzisions- messinstrumente
Messing	60-70% Cu, 30-40 Zn	korossionsbeständig	Maschinenbau Armaturen
Glockenbronze	80% Cu, 20% Sn	sehr hart, stoßfest	Glockenguss
Dural	Al, bis zu 5% Cu (+ Mn, Mg, Si)	korossionsfest	Flugzeug- und Fahrzeugbau
Neusilber	73-80% Cu, 15-20% Ni, bis zu 7% Zn	korossionsfest	Bestecke, feinmechanische Geräte
Schnellarbeitsstähle	Fe, 4% Cr, 15% W, 2% V	bei Rotglut hart	Werkzeuge

► Ökologische Aspekte der Stahlherstellung

Vor dem Hintergrund von Klimaveränderungen durch CO₂-Emissionen bedarf es in der Stahlindustrie, die wegen der Koksmetallurgie ein Hauptverwerter fossiler Brennstoffe ist, einer ständigen Kontrolle nicht nur der Prozesswirtschaftlichkeit, sondern auch der Umweltverträglichkeit und des Energieverbrauchs der eingesetzten Technologien. Dies gilt für bestehende Anlagen ebenso wie für den Aufbau neuer Kapazitäten - und zwar global, da (teurer) Umweltschutz nicht durch Standortverlagerung aufgrund laxerer Gesetzgebung in Entwicklungsländern umgangen werden darf.

Prinzipiell bieten sich zwei Ansätze für Stahlerzeuger an: Optimierung der Kreislaufwirtschaft und präventive Abfallwirtschaft durch produktionsintegrierten Umweltschutz.

Die Kreislaufwirtschaft des klassischen Integrierten Hüttenwerkes, das aus Erz und Koks Stahl über die klassische Route - Hochofen, Stahl- und Walzwerk - erzeugt, wurde seit dem Beginn der Industrialisierung ständig optimiert. Die bedeutendsten Meilensteine der Nachkriegszeit sind die Entwicklung des Sauerstoff Aufblas-Verfahrens ("LD-Verfahrens") zur Stahlerzeugung und die Einführung des Stranggießverfahrens. Letzteres löste den Blockguss ab und ermöglichte eine Einsparung von weltweit etwa 100 Millionen t Eigenschrott. Trotzdem steigt das Schrottangebot, aber ein Integriertes Hüttenwerk kann da nur begrenzt nachkommen, da im Sauerstoff Aufblas-Verfahren nur etwa ein Viertel der Rohstahlmenge durch Schrott bereitgestellt werden kann. Im Elektrostahlwerk können hingegen bis 100 Prozent Schrott verarbeitet werden. Obwohl diese Art der Stahlerzeugung nur etwa halb so viel Energie wie das LD-Stahlwerk benötigt, exportiert die rohstoffarme Bundesrepublik Deutschland jährlich rund 8 Millionen t Stahlschrott.

Der Export des Rohstoffes "Schrott" soll in Zukunft zu Gunsten einer umweltorientierten Kreislaufwirtschaft reduziert werden. Die (noch) geringen Elektrostahlkapazitäten in Deutschland werden derzeit durch Neubauten in Unterwellenborn, Peine und Georgsmarienhütte erweitert.

Durch konsequente Stoffflussoptimierung und Restwärmeausnutzung ist die Stahlerzeugung auf Erzbasis im Integrierten Hüttenwerk bezüglich ihrer Schadstoffbelastung für Boden, Luft und Wasser nicht mehr wesentlich zu verbessern. Der Energieverbrauch bei der Stahlherstellung wird hauptsächlich durch das mehrmalige Wiedererwärmen auf dem Weg von Kokerei bis Warmwalzwerk bestimmt.

Dem Produktionsintegrierten Umweltschutz kann durch intelligente Anwendung und innovative Erzeugung von Stahl nachgekommen werden. Beispielsweise birgt die Entwicklung hochfester

Stahlsorten mit Hilfe moderner Stähle und Konstruktionsmethoden ein erhebliches Energieeinsparungspotential bei der Verwendung als Karosseriewerkstoff. Durch eine optimierte thermomechanische Behandlung lassen sich bereits im Herstellungsprozess, bei der Verarbeitung und Nutzung sowie durch die bestens eingeführte Wiederverwertung bilanzielle Vorteile von Stahl als Karosseriewerkstoff ableiten.