



Eisen: Stahl und Edelstahl

Zusammensetzung und Herstellungsverfahren

Andrea Treske, WS 02/03; Christian Sollmann, WS 08/09

Gliederung

1	Vom Eisen-Erz zum Roh-Eisen	2
1.1	Eisen-Kohlenstoff-Diagramm.....	4
1.2	Eisen-Modifikationen	5
2	Vom Roh-Eisen zum Stahl	5
2.1	Zusammensetzung und Eigenschaften von Roh-Eisen	5
2.2	Frisch-Reaktionen: Entkohlung des Roh-Eisens	6
2.2.1	Windfrisch-Verfahren (1855) oder Thomas-Verfahren	6
2.2.2	Herdfrisch-Verfahren (1864) oder Siemens-Martin-Verfahren	7
2.3	Desoxidationsreaktionen	7
2.4	Entschwefelungsreaktionen.....	7
2.5	Entgasungsreaktionen.....	7
2.5.1	LD-Verfahren (1949) oder Sauerstoffaufblas-Verfahren	7
2.5.2	OBM-Verfahren (Oxygen-Bodenblas-Maximilianshütte, Ende der 60er).....	8
2.5.3	Kombinierte Blas-Verfahren (Mitte der 70er)	8
2.5.4	Elektrostahl-Verfahren	8
3	Veränderungen von Stahl-Eigenschaften	9
4	Einteilung von Stählen.....	10
5	Edelstahl.....	11

Einstieg 1: *Mit dem Werkstoff Eisen hat die Menschheit schon lange praktische Erfahrungen. Schon die alten Ägypter wussten den Gebrauch von Eisen zu schätzen. Ein Beleg hierfür sind die frühesten Funde von eisernen Gebrauchsgegenständen aus dem 4. Jahrtausend v. Chr. Das Eisen wurde von den Ägyptern als ein Geschenk des Himmels verehrt, denn es wurde zuerst aus eisenhaltigen Meteoriten gewonnen. Erst mit dem Bau von Schachtöfen um 2.000 v. Chr. gelang es dem Menschen aus Eisen-Erzen und Holzkohle das Eisen zu gewinnen.*

In Mittel-Europa lassen sich mit Beginn des ersten vorchristlichen Jahrtausends die ersten Anzeichen einer Eisen-Gewinnung zurückverfolgen. Aufgrund der hohen Metall-Vorkommen in Bayern und der Pfalz entstanden in den Siedlungen der Kelten Rennöfen, mit denen hohe Schmelz-Temperaturen zur Gewinnung von Eisen aus Eisen-Erzen erreicht wurden. Die Kelten stellten in erster Linie aus Eisen Schmuck-Gegenstände her. Erst

später verbesserte ihre Schmiede-Kunst das Eisen und es entstand ein neuer Werkstoff für Werkzeuge, Pflüge und Waffen.

Im Laufe der Jahrhunderte optimierte der Mensch die Eigenschaften von Eisen-Produkten. Durch wichtige Verfahren in der Metall-Industrie gelang es das unverzichtbare Eisen dem täglichen Gebrauch noch anpassungsfähiger zu machen. Aus Roh-Eisen entstanden Stähle und Edelstähle.

Einstieg 2: Rezeptur zur Herstellung von Damaszener-Klingen: „Dann stößt der Meisterschmied, nachdem er der Klinge durch Hämmern eine scharfe und gerade Schneide verliehen hat, das Schwert in ein Feuer von Zedernholzkohle, hinein und wieder heraus, während er das Gebet zu Baal rezitiert, bis der Stahl die rote Farbe der aufgehenden Sonne angenommen hat, so wie sie bei Sonnenaufgang über der Wüste gen Osten erscheint, um dann mit einer schnellen Bewegung den Stahl von der Spitze bis zum Haft sechsmal durch die fleischreichsten Teile des Rückens und der Oberschenkel eines Sklaven zu stoßen, bis die Farbe dem königlichen Purpur gleicht. Dann, falls das Schwert mit einem Streich und einem Schlag des rechten Armes des Meisters den Kopf des Sklaven ohne Scharte oder Riss vom Rumpf getrennt hat, und die Klinge um den Körper eines Mannes gebogen werden kann, ohne sich zu verbiegen, mag das Schwert als perfekt gelten und dem Dienste des Gottes Baal geweiht werden.“ Quelle: Aus einem Alchemisten-Buch aus Nürnberg von 1532 („Von Stahel und Eysen“) zur Qualitätsverbesserung von Schwertern

"Nimm Stängel und Blätter von Verbena, zerstoße sie, und drücke den Saft durch ein Tuch. Gib eine gleichgroße Menge von Männerpisse dazu, und etwas von dem Saft den man aus Käfermaden gewinnt. Lass das Eisen nicht zu heiß werden, sondern halte Maß. Lass es abkühlen, bis es goldene Flecken zeigt, dann kühle es zur Gänze in dem Gebräu. Wenn es sehr blau wird, ist es noch zu weich." [9]

1 Vom Eisen-Erz zum Roh-Eisen

Die Gewinnung von Roh-Eisen erfolgt durch Reaktion von oxidischen Eisen-Erzen in Hochöfen. Wichtige Eisen-Erze hierbei sind der Magneteisenstein (Magnetit, Fe_3O_4) und der Roteisenstein (Hämatit, Fe_2O_3).

Die Arbeitsweise eines Hochofens beginnt mit der Befüllung des Ofens von oben mit Eisenerz und Koks. Durch Einblasen von Heißluft verbrennt der Koks im unteren Teil des Hochofens mit dem Luft-Sauerstoff zu Kohlenstoffmonooxid. Das in der aufsteigenden heißen Luft enthaltene Kohlenstoffmonooxid reagiert daraufhin in der Mitte des Hochofens mit dem Eisenoxid der Eisen-Erze. Die Eisen-Erze werden reduziert, d. h. der im Erz gebundene Sauerstoff wird entfernt. Die Reaktionsprodukte sind Eisen und Kohlenstoffdioxid. Der Koks und dessen Verbrennungsprodukt Kohlenstoffmonooxid dienen bei dieser Reaktion als Reduktionsmittel. Im unteren Teil des Hochofens bewirken die exothermen Reaktionen ein Schmelzen des Eisens. Die Schmelze, in der neben Eisen eine geringe Menge anderer Elemente gelöst sind, wird dann als Roh-Eisen von der oben schwimmenden Schlacke (oxidisches Stoff-Gemisch) durch einen Abscheider getrennt. Noch im flüssigen Zustand gelangt das Roh-Eisen zur Weiter-Verarbeitung ins Stahlwerk.

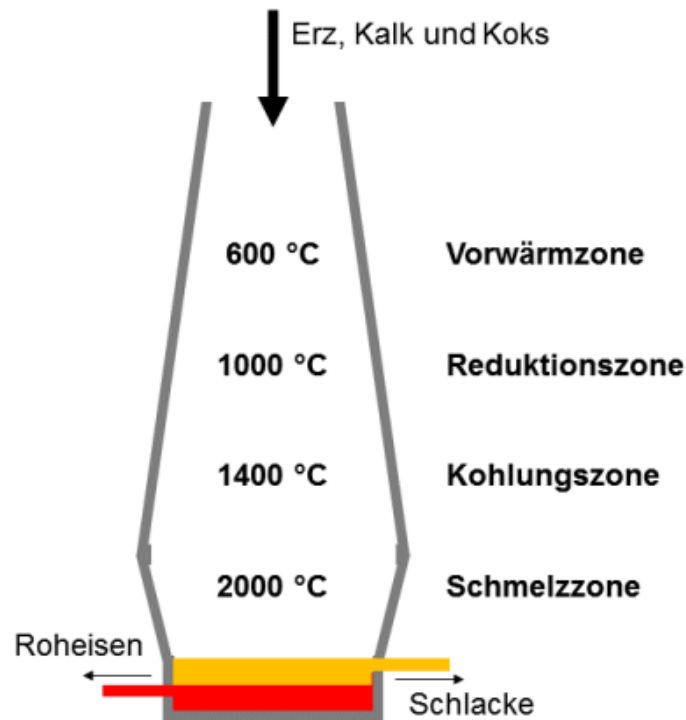


Abb. 1: Schematische Darstellung eines Hochofens

Das flüssige Roheisen kommt in den Konverter. Zusätzlich wird noch Eisenschrott zugegeben. Unter Sauerstoffzugabe werden die Begleitelemente oxidiert. Der Oxidationsprozess, der den Kohlenstoffanteil senkt (das Frischen), liefert in diesen Verfahren genug Wärme, um den Stahl flüssig zu halten; eine externe Wärmezufuhr ist in den Convertern deshalb nicht notwendig. 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, denn dieser darf nicht zu klein werden

Im 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts hatte man die Beherrschung der Metalle so weit gelernt, dass man Schlachtschiffe, große Brücken oder den Eiffelturm, aber auch komplizierte Taschenuhren bauen konnte. Aber erst seit ca. 1930 hatte man verstanden warum Metalle sich so verhalten, wie sie es tun und man wusste, was im Inneren eines Metalls passiert und warum sich die Eigenschaften ändern.

1.1 Eisen-Kohlenstoff-Diagramm

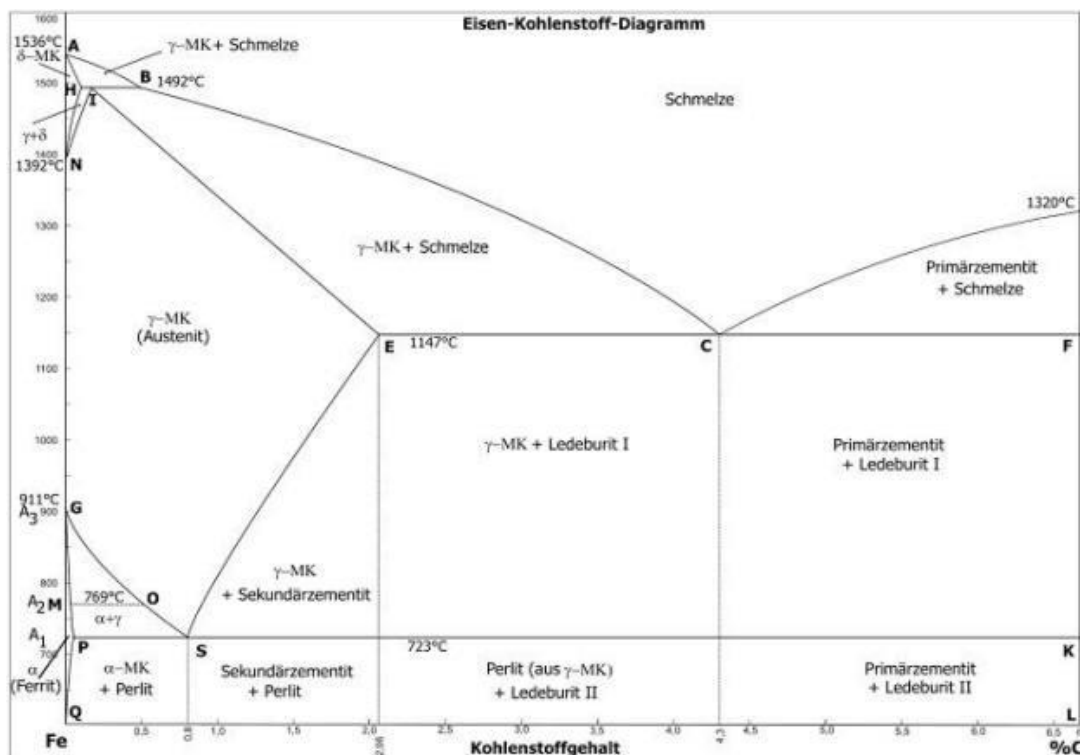


Abb. 2: Eisen-Kohlenstoff-Diagramm [nach 12]

Das Diagramm stellt nur den technisch interessanten Kohlenstoff-Gehalt von 0 bis 6,67% dar.

Grobe Unterteilung:

Oberhalb der Liquiduslinie (ABCD) ist das gesamte Eisen flüssig, zwischen Liquidus- und Soliduslinie (AHIECF) nur ein Teil. Wird bei der Abkühlung der Legierung die Liquiduslinie unterschritten, so beginnt die Primärkristallisation aus der Schmelze.

Zementit = Eisen-Kohlenstoff-Verbindung Fe_3C ist eine Phase

Als Primärzementit wird Zementit bezeichnet, das durch eine Kristallisation aus der Schmelze hervorgegangen ist (Linie CD). Sekundärzementit entsteht durch Ausscheidung aus dem Austenit (Linie ES), Tertiärzementit durch Ausscheidung aus dem Ferrit (Linie PQ)

Bei Perlit und Ledeburit handelt es sich nicht um Phasen, sondern um besondere Phasengemische (Gefüge).

Anwendung:

Das Zustandsschaubild bildet eine wichtige Grundlage für technische Eisenlegierungen, insbesondere für die Wärmebehandlung von Stählen, mit der man neben der Auswahl von Legierungselementen gezielt Einfluss auf deren Eigenschaften nehmen kann. Mit Hilfe des Fe-C - Diagramms wird festgestellt, in welchem Zustand sich ein unlegierter Stahl mit bekanntem Kohlenstoffgehalt bei einer bestimmten Temperatur befindet und welche Gefüge-Veränderungen bei Temperaturänderungen zu erwarten sind.

1.2 Eisen-Modifikationen

Neben dem Eisen ist Kohlenstoff der wichtigste Bestandteil im Stahl. Je nach Eisen-Modifikation entsteht somit ein Misch-Kristall aus Eisen und Kohlenstoff.

Eisen-Modifikation	Fe-C-Mischkristall	metallograph. Bezeichnung	max. C-Gehalt	Struktur
α -Eisen	α -Mischkristall	Ferrit	0,018% bei 723°C	kubischraumzentrierte Kristallstruktur
γ -Eisen	γ -Mischkristall	Austenit	2,06% bei 1147°C	kubischflächenzentrierte Kristallstruktur
δ -Eisen	δ -Mischkristall	δ -Ferrit	0,10% bei 1493°C	kubischraumzentrierte Kristallstruktur

Bereits kleinste Veränderungen des Kohlenstoff-Gehaltes haben große Auswirkungen auf die Eigenschaften des Stahls. Stähle mit einem Gehalt von weniger als 0,25% Kohlenstoff sind leicht verformbar und werden zur Herstellung von Blechen, Konserven-Dosen, Auto-Karosserien, Drähten und Nägeln verwendet. Liegt der Kohlenstoff-Gehalt zwischen 0,25% und 0,7% wird der Stahl härter und lässt sich weniger leicht verformen. Daher wird dieser Kohlenstoff-Stahl für Eisenbahn-Schienen, im Maschinenbau, sowie im Stahlbau hauptsächlich verwendet. Die höchste Kohlenstoff-Konzentration 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 Werkzeug-Herstellung, sowie als Rasierklingen und Stahlfedern.

2 Vom Roh-Eisen zum Stahl

2.1 Zusammensetzung und Eigenschaften von Roh-Eisen

Roh-Eisen besteht nicht nur aus Eisen. Neben 90% Eisen, enthält es zusätzlich noch 4 - 5% Kohlenstoff und 5% Begleitstoffe. Unter den Begleitstoffen fallen Elemente wie Mangan, Silicium, Phosphor und Schwefel.

Der Kohlenstoff bzw. seine Atome sind in die Eisen-Kristallebene des Roh-Eisens eingelagert. Man spricht von einem interstitiellen Fremd-Atom. Dabei verursachen diese Fremd-Atome im kubisch raumzentrierten Gitter (krz-Gitter) eine Gitter-Aufweitung, welche zu einer Spannung im Gitter führt (Abb. 3 und Abb. 4). Wird Druck auf das Roh-Eisen ausgeübt, können die einzelnen Ebenen aufgrund der Aufweitung nicht aneinander vorbeigleiten. Die einzelnen Ebenen brechen auseinander.

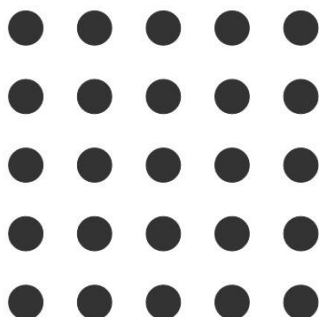


Abb. 3: Eisen-Kristallebene des krz-Gitters

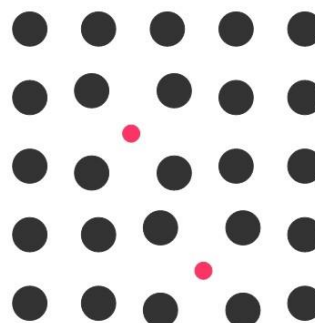


Abb. 4: Eisen-Kristallebene mit interstitiellen Fremd-Atom (● Kohlenstoff) des krz-Gitters

Experiment: Brüchigkeit von Roh-Eisen bzw. Guss-Eisen

Material:

- Dünne Stange aus Guss-Eisen vom Schrott-Händler
- Arbeitshandschuhe
- Schutzbrille

Durchführung: Die Gusseisen-Stange wird der Muskel-Kraft ausgesetzt

Beobachtung: Die Gusseisen-Stange bricht

Interpretation: Kohlenstoff macht Guss-Eisen spröde

Der eingelagerte Kohlenstoff macht das Roh-Eisen zwar sehr hart, aber auch spröde und daher nicht schmiedbar. Der im Roh-Eisen enthaltene Kohlenstoff beeinflusst die Eigenschaften dieses Metalls.

Um dem Metall seinen typischen metallischen Charakter der Verformbarkeit zu geben, muss der Kohlenstoff und die störenden Begleit-Elemente weitgehend aus dem Roh-Eisen entfernt werden.

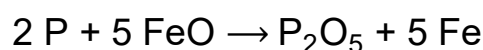
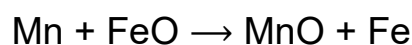
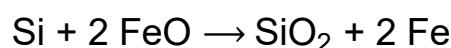
Dazu sind mehrere Raffinationsprozesse nötig:

- Frischreaktionen
- Desoxidationsreaktionen
- Entschwefelungsreaktionen
- Entgasungsreaktionen

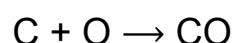
2.2 Frisch-Reaktionen: Entkohlung des Roh-Eisens

Bei der Frisch-Reaktion wird Sauerstoff in flüssiges Eisen (Schmelze) geblasen. Der Sauerstoff kann sich im Eisen lösen und es bildet sich flüssiges Eisen(II)-oxid.

An der Grenzfläche Metall - Oxid oxidiert das entstandene Eisen(II)-oxid die störenden Begleit-Elemente, wie Si, Mn oder P:



Zur Verschlackung der Oxide wird Calciumoxid zugesetzt. Der Kohlenstoff reagiert mit dem in der Schmelze gelösten Sauerstoff.



Es existieren zwei prinzipielle Möglichkeiten um das Roh-Eisen zu frischen:

2.2.1 Windfrisch-Verfahren (1855) oder Thomas-Verfahren

Bei diesem Verfahren erfolgt das Frischen in birnenförmigen, kippbaren eisernen Konvertern, die mit feuerfestem Material ausgekleidet sind. Durch Boden-Düsen des Konverters wird Luft in das Roh-Eisen geblasen. Dementsprechend besitzt der erzeugte Stahl einen hohen Stickstoff-Gehalt. Der gesamte Prozess dauert 20 – 50 Minuten, wobei das

entstehende Produkt vergleichbar hochwertig ist. Das letzte Thomas-Stahlwerk in Deutschland wurde 1975 stillgelegt.

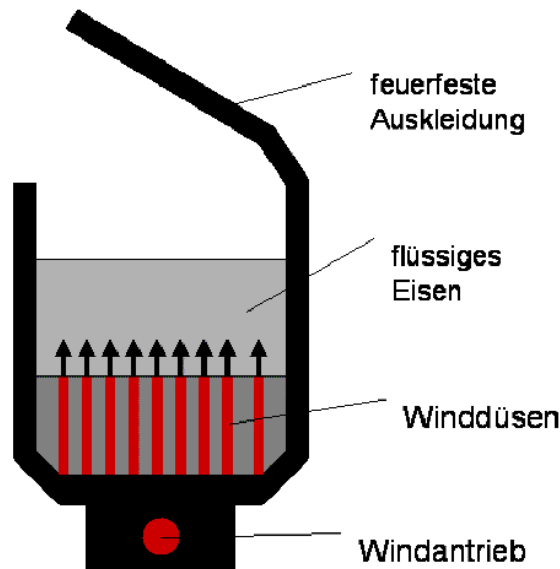


Abb. 5: graphische Darstellung des Windfrisch-Verfahrens

2.2.2 Herdfrisch-Verfahren (1864) oder Siemens-Martin-Verfahren

Hier wird der Stahl aus Roh-Eisen und Schrott (= altes, verrostetes Eisen) erzeugt. Als Ofen wird ein feuerfest ausgekleideter kippbarer Herd benutzt. Das Eisen-Schrott-Gemisch wird mit einem heißen Brenngas-Luft-Gemisch aufgeschmolzen. Das Frischen erfolgt einerseits durch den Sauerstoff-Gehalt des Schrotts und andererseits durch die Luft, die sich im Brenngas-Luft-Gemisch befindet. Die Oxidation des Roh-Eisens erfolgt wesentlich langsamer als beim Windfrisch-Verfahren (3 – 5 Stunden). Das letzte Siemens-Martin-Stahlwerk wurde 1982 stillgelegt.

2.3 Desoxidationsreaktionen

Im Stahl gelöster Sauerstoff verursacht bei der Erstarrung schädliche oxidische Einschlüsse. Damit diese Einschlüsse nicht entstehen können, muss flüssiger Stahl desoxidiert werden. Ein wirksames Desoxidationsmittel (Reduktionsmittel) ist hierbei Aluminium:



2.4 Entschwefelungsreaktionen

Der im Roh-Eisen gelöste Schwefel wird in Sulfid überführt, z. B. mit Calcium, Magnesium oder Calciumcarbid.

2.5 Entgasungsreaktionen

Kohlenstoffmonoxid und atomarer gelöster Wasserstoff werden durch Entgasung und vermindertem Druck entfernt.

Neuere Verfahren:

2.5.1 LD-Verfahren (1949) oder Sauerstoffaufblas-Verfahren

Beim LD-Verfahren wird durch eine wassergekühltes Rohr ca. 20 Minuten lang Sauerstoff auf das Schmelzbad im Konverter geblasen (Abb. 6 und Abb. 7). Dabei oxidieren die unerwünschten Begleit-Stoffe des Roh-Eisens und werden als Schlacke abgestochen. Durch die Zugabe von Schrott wird der Roheisen-Einsatz verringert. Zusätzlich wird durch

den im Schrott gebundene Sauerstoff der Sauerstoff-Aufwand reduziert. Der auf diese Weise erzeugte flüssige Stahl wird anschließend durch Kippen des Konverters abgestochen. Er zeichnet sich durch eine hohe Reinheit aus.



Abb. 6: LD-Konverter, 120 Tonnen schwer [1]

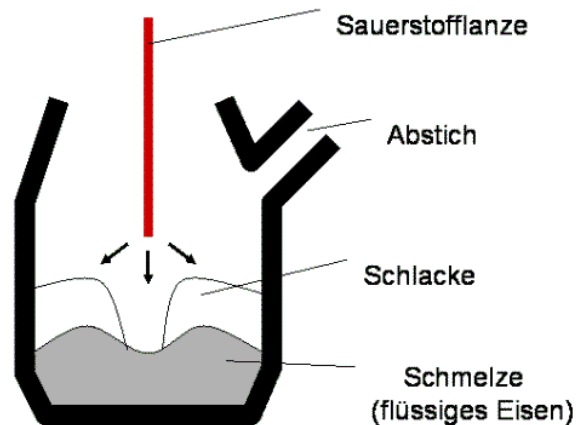
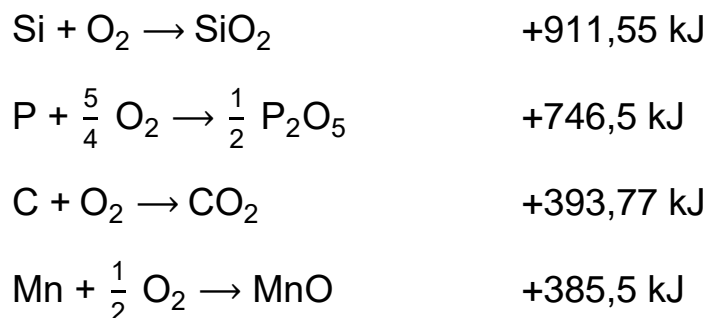


Abb. 7: graphische Darstellung des LD-Verfahrens

Die Entfernung der Begleit-Stoffe lässt sich mit den folgenden chemischen Reaktionen und deren freiwerdender Wärme, welche die Wärme-Zufuhr einspart, erklären.



2.5.2 OBM-Verfahren (Oxygen-Bodenblas-Maximilianshütte, Ende der 60er)

Bei diesem Sauerstoff-Bodenblas-Verfahren tritt Sauerstoff durch Düsen im Konverter-Boden in die Schmelze ein. Dem Sauerstoff werden 3 - 5% Kohlenwasserstoffe zugesetzt, dadurch beginnt die Reaktion mit der Eisen-Schmelze erst in einigem Abstand von der Düsen-Mündung, so dass die feuerfeste Auskleidung standhält.

2.5.3 Kombinierte Blas-Verfahren (Mitte der 70er)

Bei diesem Prozess sind die Aufblas-Technik und die Bodenblas-Technik vereint. Die Vorteile sind bessere Bad-Durchmischung, damit bessere Gleichgewichtseinstellung, geringere Verschlackung von Eisen (höhere Stahl-Ausbeute), bessere Entphosphorung und sehr definierte und geringe (< 0,02%) Kohlenstoff-Gehalte.

2.5.4 Elektrostahl-Verfahren

Der Stahl wird in Lichtbogen- oder Induktionsöfen geschmolzen. Ein bis 8.000°C heißer Lichtbogen überträgt die benötigte Wärme durch Strahlung.

Bei Massen-Stählen wird unlegierter Schrott mit Kohle eingeschmolzen (1 - 2,5 Stunden). Anschließend erfolgt das Frischen. Aus hochwertigem Schrott werden Edelstähle hergestellt.

Nach dem Frischen des Eisens im Konverter oder im Lichtbogen-Ofen wird der Stahl nachbehandelt, um die endgültige chemische Zusammensetzung einzustellen. Die Nachbehandlung erfolgt in der Pfanne, einem topfförmigen Gefäß (Fassungsvermögen bis 300 t, feuerfest ausgekleidet). Dabei erfolgt Desoxidation, Entschwefelung und Entgasung.

Mit Hilfe dieser Verfahren kann man Stähle mit unterschiedlichen Kohlenstoff-Anteil herstellen. Der Kohlenstoff-Anteil ist ausschlaggebend für die Eigenschaften des Stahls. Damit lässt sich seine vielseitige Verwendung erreichen. In der folgenden Tabelle sind die Eigenschaften und Verwendung von Werkzeugstahl aufgelistet.

Anteil an Kohlenstoff	Eigenschaft	Verwendung
<0,25 %	leicht verformbar	Spezialdrähte, Nägel, Konservendosen und Autokarosserien
0,25 -0,7 %	wenig verformbar, aber fester	Maschinenachsen, Eisenbahnschienen, Feilen und Zangen
0,7 -1,5 %	hart	Stahlfedern, Rasierklingen, Handsägen, Messer und Schwerter

Tab. 1: Eigenschaften und Verwendung von Werkzeug-Stahl

Experiment: Verformbarkeit von Stahl

Material:

- Dünne Stange aus Stahl vom Schrotthändler
- Arbeitshandschuhe
- Schutzbrille

Durchführung: Die Stahl-Stange wird der Muskel-Kraft ausgesetzt

Beobachtung: Die Stahl-Stange lässt sich verformen

Interpretation: Der geringe Kohlenstoff-Anteil macht Stahl verformbar

3 Veränderungen von Stahl-Eigenschaften

Die drei grundsätzlichen Methoden zur Veränderung der Stahleigenschaften sind:

- Legieren
- Kalt-Verformen (Walzen, Ziehen,...)
- Wärmebehandlung
 - a. Glühen: Stahl wird erwärmt und in ruhender Luft abgekühlt
 - b. Härten: Stahl wird erwärmt und extrem schnell abgekühlt; man unterscheidet ja nach Abschreckmittel zwischen Wasser-, Öl- oder Lufthärten
 - c. Vergüten: Ziel: hohe Zähigkeit und Duktilität zu erreichen. Härten und Anlassen des Stahls bei höherer Temperatur

4 Einteilung von Stählen

Stahl hat aufgrund seiner Eigenschaften eine weit verbreitete Verwendung in unserem Alltag gefunden. Die Industrie zeigt daher ein großes Interesse die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Stahls zu verbessern. Aus diesem Grund werden dem Stahl verschiedene Legierungsmetalle, sogenannte Stahl-Veredler, zugesetzt. Legierungsmetalle sind vor allem Chrom, Nickel, Kobalt, Molybdän, Wolfram, Mangan, Vanadium und Titan. In der nachstehenden Tabelle sind einige Legierungsmetalle mit ihren Eigenschaften und Verwendung aufgelistet.

Legierungsmetall	Eigenschaften	Verwendung
Molybdän	fest, rostbeständig, elastisch, wenig dehnbar, sehr wärmebeständig	Zahnräder, Achsen, Wellen, Stahlfedern für Kfz und Uhren
Chrom	besonders hart, hitze-, rost- und chemikalienbeständig	Schlagwerkzeuge, Kugeln, Maschinenteile
Nickel	zäh, dehnbar, rostbeständig, erhöhter elektrischer Widerstand	Zahnräder, Drahtseile, Widerstandsdrähte, Achsen
Chrom/Nickel	gut schweißbar, sehr hart, rost- und säurebeständig	Waschmaschinen, Kochgeschirr, Besteck, Armbanduhren

Tab. 2: Eigenschaften und Verwendung von Edelstahl

Die Einteilung von Stählen verläuft nach Ihren Anwendungen und Eigenschaften.

Gruppe 1: unlegierte Baustähle

- S - allgemeiner Baustahl (z.B.: S295)
- E - Maschinenbaustahl
- P - Druckbehälterbaustahl

Gruppe 2: Einsatzstähle und Vergütungsstähle

- C 10 C15 C60..... C n C bedeutet der Anteil des Kohlenstoffes in n/100 in %

Gruppe 3: niedrig legierte Stähle

- Gehalt aller Legierungselementen (außer Kohlenstoff) < 5 %
- Beispiel: 15CrNi6
- Die erste Zahl kennzeichnet den Anteil von Kohlenstoff: 15 / 100 in % C hier: 0,15%
- Das Legierungselement mit dem höchsten Anteil an der Legierung steht an erster Stelle: Cr
- diesem wird die 1. Zahl hinter den Legierungselementen zugeordnet, dem 2. Element die 2. Zahl usw. Kann man keine Zahl zuordnen, so ist der Anteil unter 1%
- Um den Anteil der jeweiligen Legierungselemente zu bestimmen, muss die Zahl, die dem Element zuzuordnen ist durch eine bestimmte Konstante dividiert werden.
- hier: Cr hat die Konstante 4: der Anteil von Cr beträgt $6/4$ in % = 1,5%
- Ni hat einen Anteil von unter 1%

Gruppe 4: hochlegierte Stähle

- Der Gehalt eines der Legierungselemente beträgt mindestens 5%
- Beispiel: X5CrNiMoV18-8-2
- X - Kennzahl für alle hochlegierten Stähle
- 5/100 in % C
- Cr Ni Mo V charakterisieren die Legierungselemente
- 18 % Cr 8 % Ni 2 % Mo unter 1 % V (Molybdän, Vanadium)

(Vorgehensweise analog Gruppe 3, jedoch kann der Anteil der Legierungselemente in Prozent direkt abgelesen werden, und muss nicht über eine Konstante berechnet werden)

5 Edelstahl

Alltagsrelevanz: Edelstahl im Haushalt: Töpfe, Besteck, Messer.

Hiermit wird eine Chrom-Nickel-Legierung bezeichnet, die rostfrei, geschmacksneutral und spülmaschinengeeignet ist. Auf Gegenständen aus Edelstahl ist diese Legierung als Ziffernfolge zu finden. So bedeuten: 18/8 einen Anteil von 18% Chrom, 8% Nickel, 74% Stahl, oder 18/10 einen Anteil von 18% Chrom, 10% Nickel, 72% Stahl .

Stähle, die besonders aggressiven Anforderungen im Haushalt genügen müssen, insbesondere alle Arten von Küchenmessern, können folgende Kennzeichnung für Klingens- stahl aufweisen: X 45 Cr Mo V 15

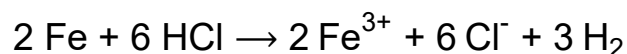
Hier liegt ein hochlegierter Stahl (X) vor, dem 15% Chrom (Cr), Molybdän (Mo) und Vanadium (V) zur Erhöhung der Verarbeitungsfähigkeit hinzugefügt wurde. Der Kohlenstoff- anteil, der dafür sorgt, dass die Klinge scharf bleibt, beträgt 0,45%.

Ein so legierter Stahl zeichnet sich durch außergewöhnliche Härte, Beständigkeit, Zähig- keit und Säurebeständigkeit aus.

Experiment:

Kohlenstoffstahl und Edelstahl in Salzsäure legen. Bei dem Kohlenstoffstahl ist eine Gas- entwicklung zu beobachten, beim Edelstahl erfolgt keine Reaktion.

Reaktionsgleichung



Zusammenfassung: Eisen-Erz wird im Hochofen unter Verwendung von Koks zu Roh- Eisen verarbeitet. Aufgrund des hohen Kohlenstoff-Anteil (ca. 5%) ist Roh-Eisen zwar hart, aber zugleich spröde. Durch verschiedene Verfahren werden der Kohlenstoff und die Begleit-Stoffe aus dem Roh-Eisen entfernt (Stahl-Erzeugung). Der Stahl hat einen Kohlenstoff-Anteil von weniger 1,5%. Je nach Kohlenstoff-Anteil ist Stahl leicht verform- bar (< 0,25% C) oder hart (0,7 - 1,5% C). Die Herstellung von Edelstahl wird durch Bei- fügen von Legierungsmetallen zur Stahlschmelze erreicht.

Abschluss: *In der ca. 3.000-jährigen Stahlgeschichte sind in den letzten 2 Jahrhunderten sehr viele neue Industriebranchen hinzugekommen, die den Stahl für sich nutzen. Aber ein großer Industriezweig existiert schon mindestens seit den alten Römern: Die Rüs- tungsindustrie.*

Jeder der ca. 900.000 römischen Legionäre war mit einem Kurzschwert, dem "Gladius" bewaffnet und es gab eine regelrechte Rüstungsindustrie.

Die Waffenproduktion war immer schon ein besonders lukrativer Wirtschaftszweig. Kriege, gab und gibt es immer irgendwo, und Aufrüstung bedeutet Arbeit und Aufschwung. Was der Markt verlangt und bezahlt, das wird produziert und geliefert, damals wie heute.

Quellen:

1. <http://de.wikipedia.org/wiki/Stahlerzeugung>, 22.03.11. (Autor: Axel1963, Lizenz: Public Domain)
2. Riedel, Allgemeine und Anorganische Chemie, DeGruyter, Berlin 1999
3. Holleman/Wiberg, Lehrbuch der Anorganischen Chemie, DeGruyter, Berlin 1985
4. Vorlesungsskript: Werkstoffkunde 1, Lehrstuhl für Werkstoffkunde und Werkstoffmechanik, TU München, 2005
5. <http://www.dillinger.de/cdstahlherstellung/cd/screens/htmlscopt/c.html>, 22.03.11 (Quelle verschollen, 23.02.2021)
6. C. E. Mortimer, Das Basiswissen der Chemie, 7. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart 2001
7. http://www.klassenarbeiten.de/referate/chemie/stahlherstellung/stahlherstellung_15.htm, 22.03.11
8. <http://www.woodworking.de/schaerfprojekt/stahl1.html>, 22.03.11 (Quelle verschollen, 23.02.2021)
9. http://www.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/mw1_ge/kap_4/advanced/t4_1_1.html; Stand 19.01.2006
10. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schema_kopie.jpg; Stand 13.04.2016 (Autor: Ivak, Lizenz: Public Domain)
11. <http://www.lernwerkstoffe.de/.service.html>; Stand 10.01.2006 (verschollen)
12. <http://de.wikipedia.org/wiki/Eisen-Kohlenstoff-Diagramm>; Stand 13.12.2005 (Autor: Eisenbeisser, Lizenz: GNU Free Documentation License)
13. Holleman - Wiberg, Lehrbuch der Anorganischen Chemie, 101. Auflage, de Gruyter Verlag, Berlin - New York, 1995
14. Moore - Hummel, Physikalische Chemie, 2. Auflage, de Gruyter Verlag, Berlin - New York, 1973
15. <http://de.wikipedia.org/wiki/Stahl>; Stand 13.12.2005
16. <http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2>; Stand 13.12.2005 (verschollen)
17. <http://stahl.profzone.ch/stahlx.htm>, Stand 10.01.2006 (verschollen)
18. <http://www.walzwerke-einsal.de/index.php?id=62>; Stand 11.01.2006
19. <http://www.code-knacker.de/edelstahl.htm>; Stand 20.01.2006
20. <http://www.damaszener.de/Lexikon/lexikon.html>; Stand 22.01.2006 (verschollen)
21. <http://home.t-online.de/home/Martin.Marheinecke/home.htm>; Stand 19.01.2006 (verschollen)