

Werkstofftechnik

Stahlwerkstoffe - Herstellung

Vorlesung



Quelle: GSI – SFI Lehrgang

Stahlwerkstoffe - Herstellung

<https://www.youtube.com/watch?v=bmRiT-66Nwl>

Stahlwerkstoffe - Herstellung

Übersicht

Eisen kommt in der Natur nicht rein, sondern chemisch gebunden vor. Hierbei handelt es sich vorrangig um Eisen-Sauerstoff-Verbindungen, die auch noch mit mineralischen Bestandteilen (Gangart) durchsetzt sind.

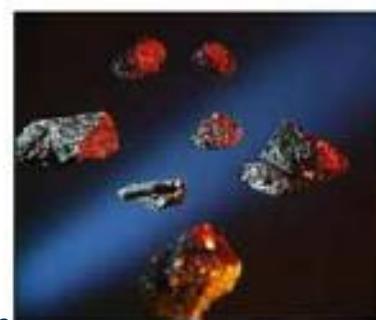
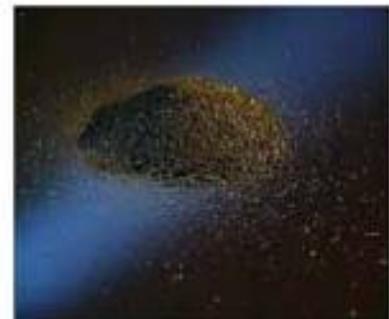
Das Gemenge von Eisen-Sauerstoff-Verbindungen und Gangart wird als Eisenerz bezeichnet.

- Erzvorkommen der Erde ca. 500 Milliarden Tonnen
- Jährliche Fördermenge ca. 700 Millionen Tonnen

Eisenerz	Chem. Formel	Fe-Gehalt in Masse-%	Vorkommen
Magneteisenstein	Fe_3O_4	60 ... 70 %	USA, Ukraine, Schweden
Roteisenstein	Fe_2O_3	40 ... 60 %	Brasilien, Venezuela, Australien
Brauneisenstein	$\text{Fe}_3\text{O}_4 \text{ H}_2\text{O}$	30 ... 50 %	Brasilien, Australien
Spateisenstein	FeCO_3	30 ... 45 %	Österreich

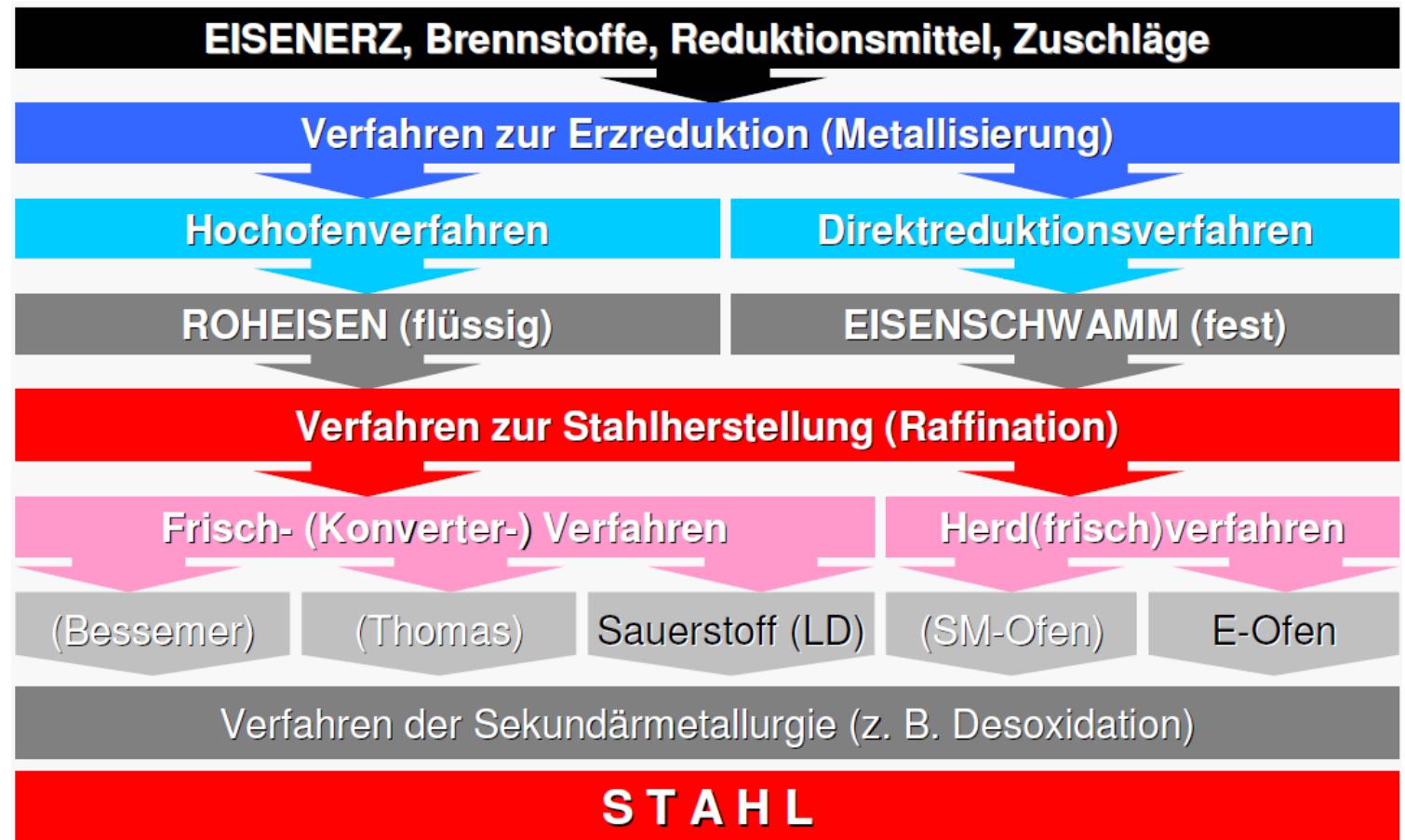
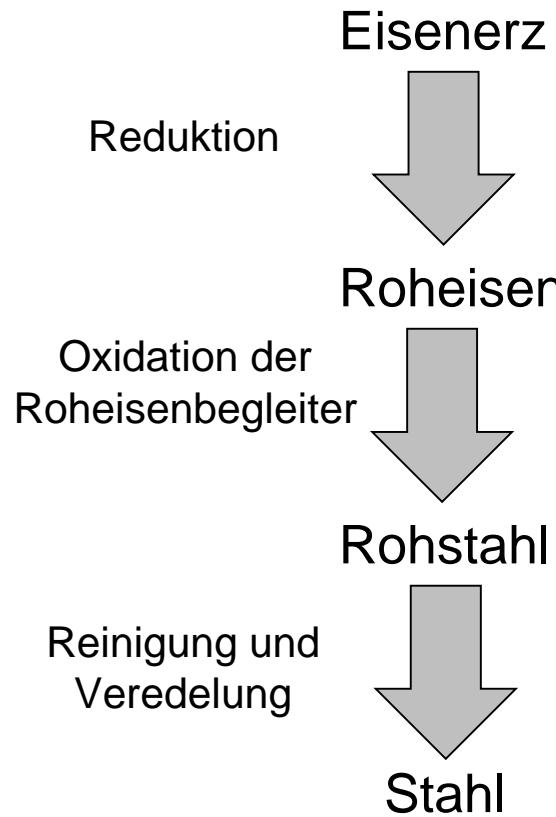
Die wichtigsten Typen von Eisenerz

Quelle: Schuster, SLV Halle



Stahlwerkstoffe - Herstellung

Teilschritte der Stahlherstellung

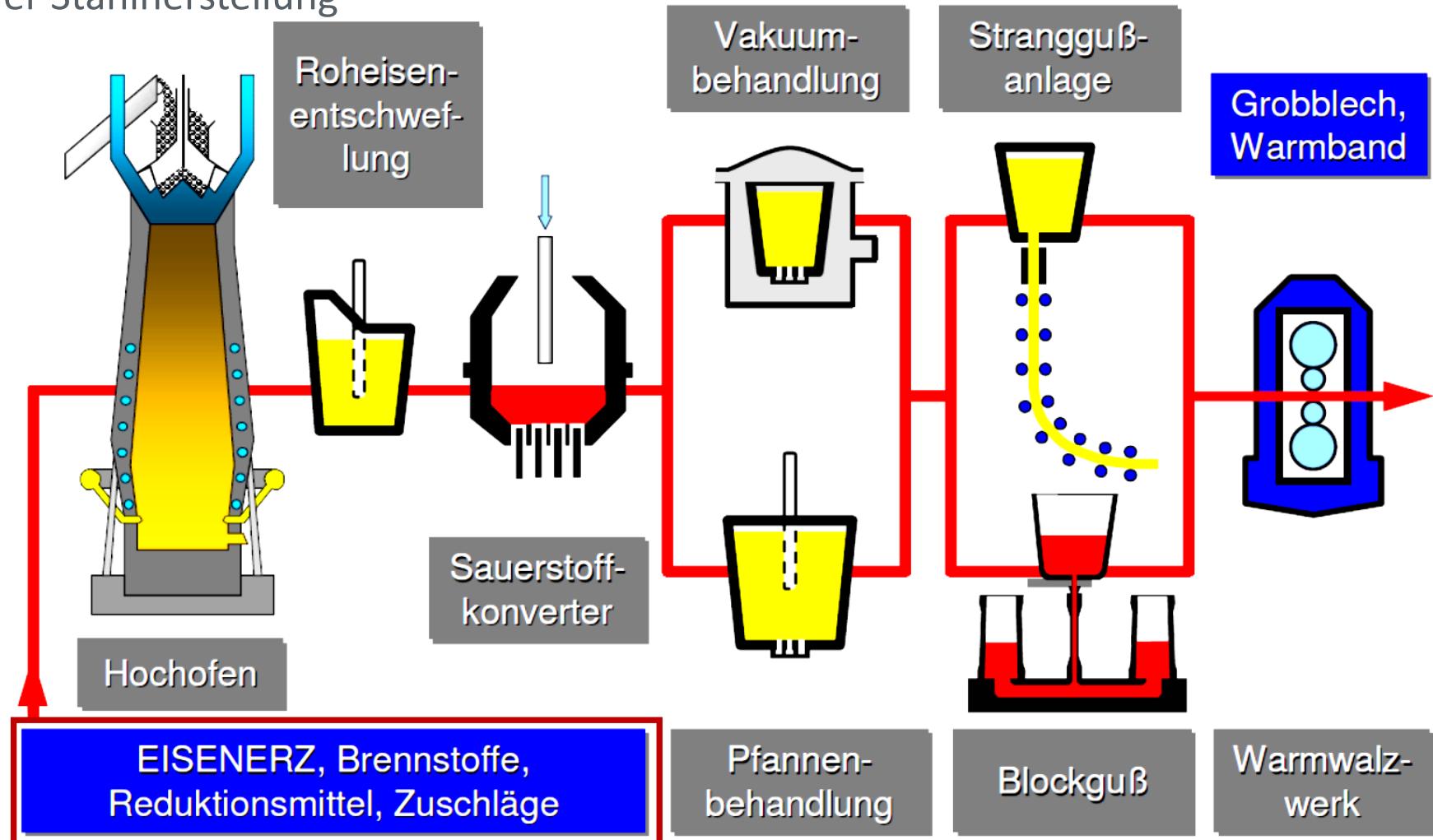


Überblick über allgemeine Verfahrensschritte zur Stahlherstellung

Quelle: Schuster, SLV Halle

Stahlwerkstoffe - Herstellung

Teilschritte der Stahlherstellung



Quelle: Schuster, SLV Halle

Stahlwerkstoffe - Herstellung

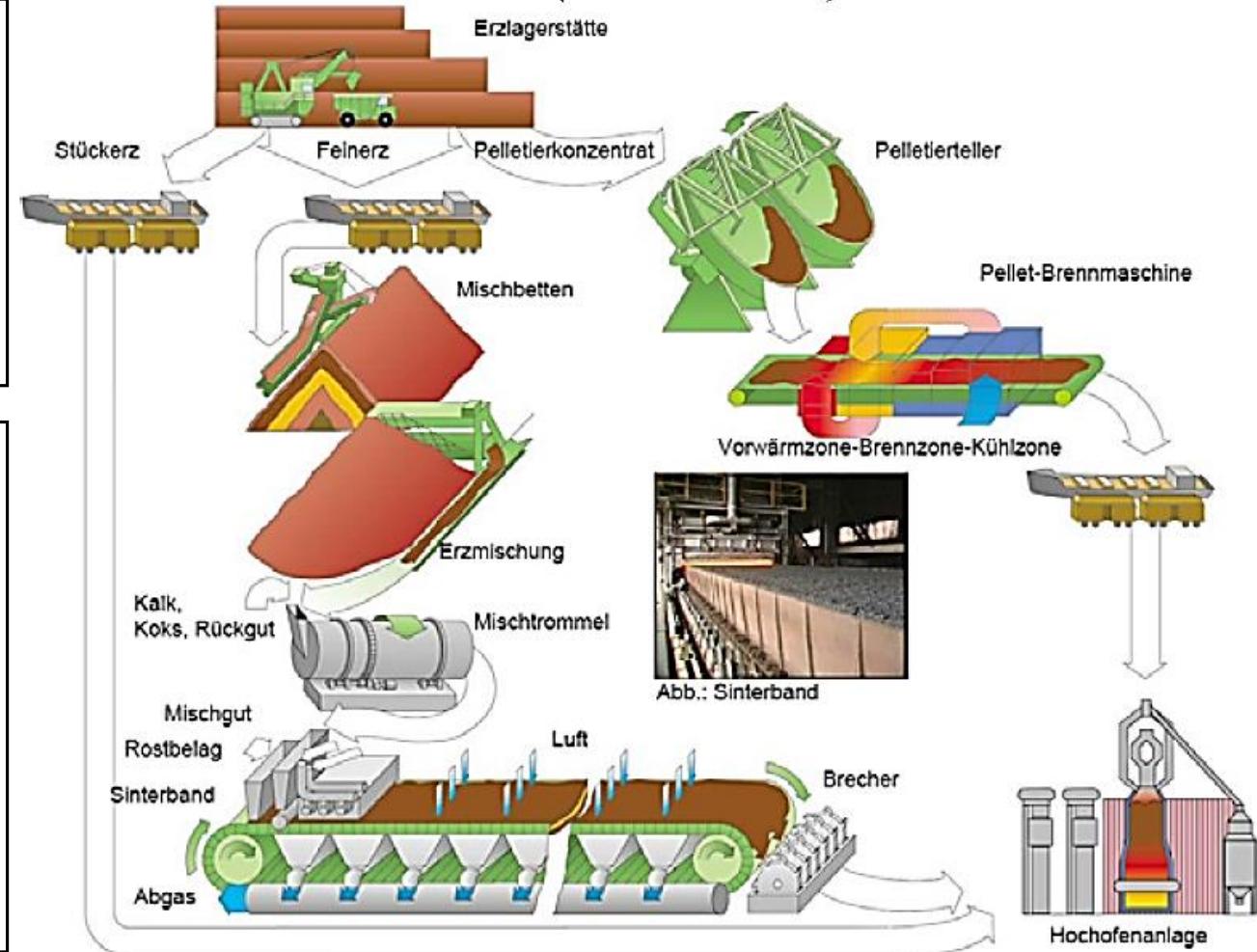
Reduktion - Hochofenprozess

Aufbereiten der Erze

- Eisenerze werden in Form von Stüberz, Sinter und Pellets eingesetzt
- Feinkörnige Erze und Konzentrate werden agglomeriert (durch Pelletieren und Sintern entstehen Kugelchen 10 - 15 mm)

Koks

- Vergasen der flüchtigen Bestandteile zur Erhöhung des Brennwertes (C-Gehalt ↑)
- Aufgaben des Koks:
 - Lieferung des Kohlenstoffs und Wärme für die Reduktion
 - Aufkohlung des Eisens zur Absenkung der Schmelztemperatur



Stahlwerkstoffe - Herstellung

Reduktion – Hochofenprozess

Möller

- Bei der Beschickung eines Hochofens folgt je eine Schicht aus Möller und Koks.
- Zuschlagstoffe im Möller verringern den Schmelzpunkt der Erze und dienen als Flussmittel bzw. Schlackebildner.
- Zuschlagstoffe dienen auch zur Entfernung der Eisenbegleiter Schwefel und Phosphor.

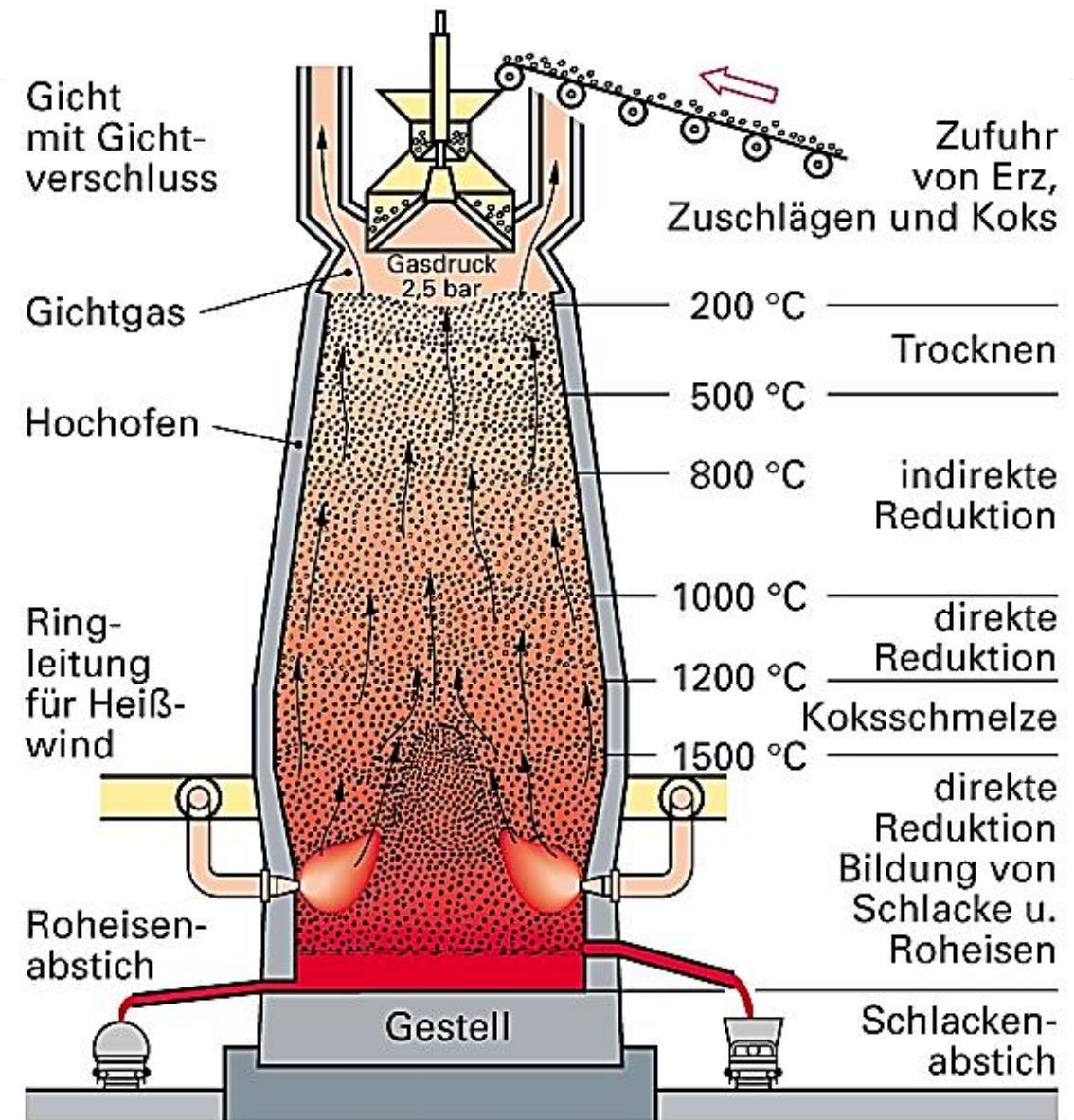
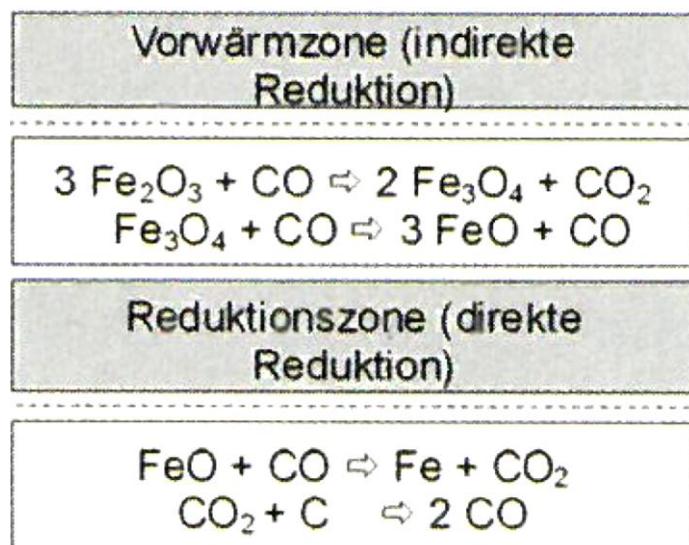


Quelle: Wikipedia

Stahlwerkstoffe - Herstellung

Reduktion - Hochofenprozess

- Schichtweise Einfüllung von Koks und Möller (Gemisch aus Erz, Kohlenstoff und Zuschlagstoffen)
- Einblasen von Heißwind ($600 - 1300^\circ \text{ C}$) über die Windleitung
- Oxidation des Koks zu CO_2 und CO
- CO bewirkt stufenweise Reduktion des Eisenerzes



Stahlwerkstoffe - Herstellung

Reduktion – Hochofenprozess



Hochöfen I + II Werk Schwelgern der Thyssen Krupp Stahl AG

Foto: Thyssen Krupp Stahl AG

Quelle: GSI – SFI Lehrgang

Stahlwerkstoffe - Herstellung

Reduktion - Hochofenprozess

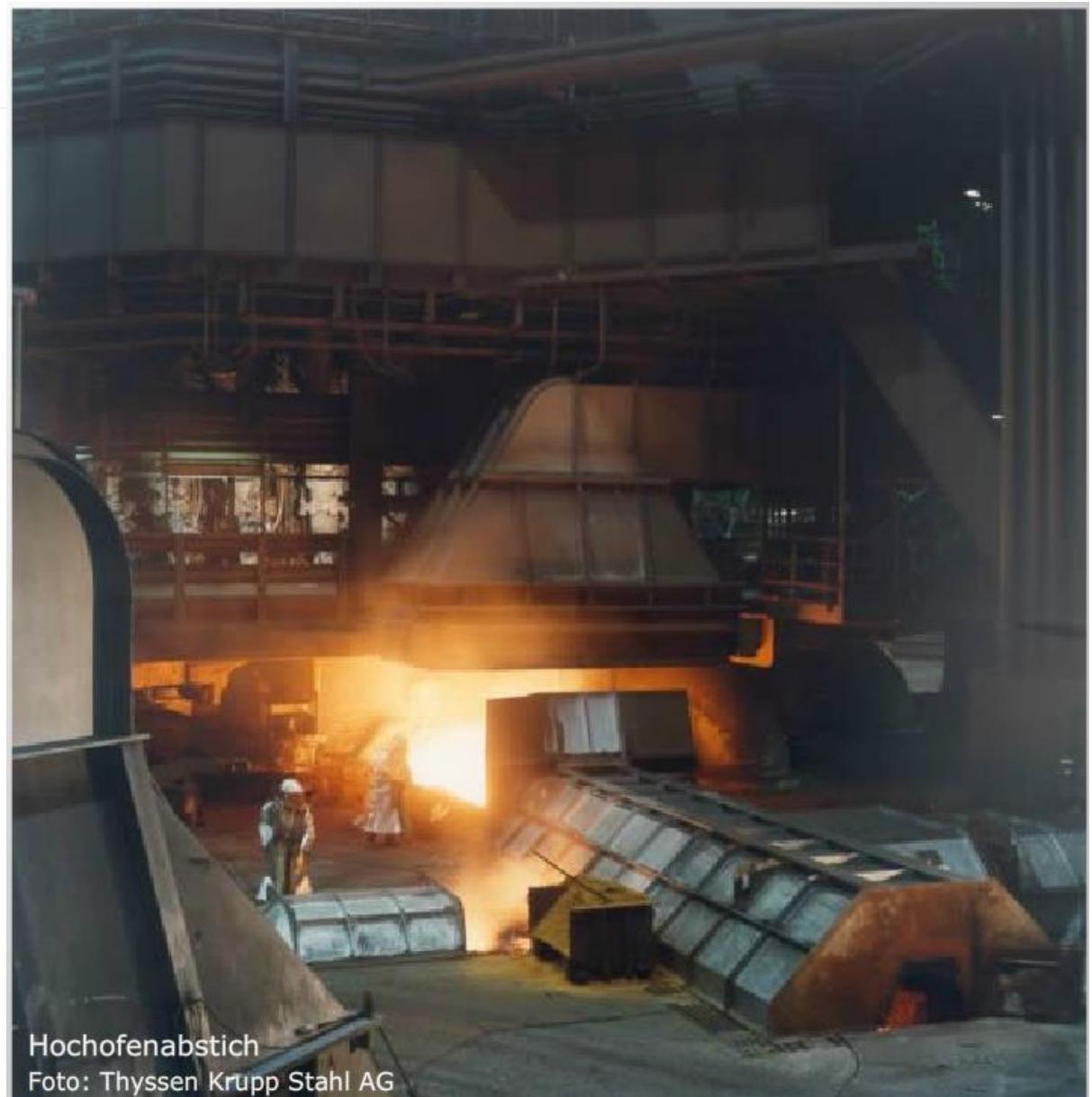
- Höhe: 20 bis 40 m
- Gestellweite: 6 bis 15 m Durchmesser
- Kühlwasserverbrauch: 900 bis 1.500 m³ pro Std.
- Tageserzeugung: 1.500 bis 12.000 t Roheisen
- großer Hochofen (12.000 t/Tag) benötigt:
 - 19.200 t Erz
 - 4.000 t Koks
 - 11 Mio. m³ Luft
- Es fallen an:
 - 3.300 t Schlacke
 - 17 Mio. m³ Hochofengas

Stahlwerkstoffe - Herstellung

Reduktion – Hochofenprozess, Abstich

Chemische Zusammensetzung des Roheisens

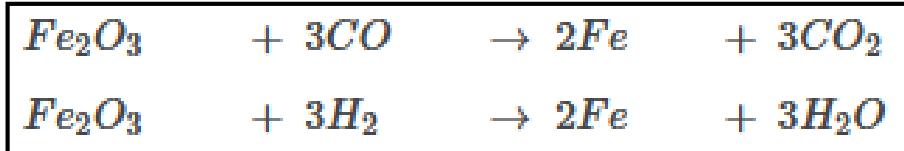
C	3 bis 5 %
Si	0,2 – 2 %
Mn	0,2 – 3 %
P	0,1 – 2 %
S	0,02 – 0,06 %



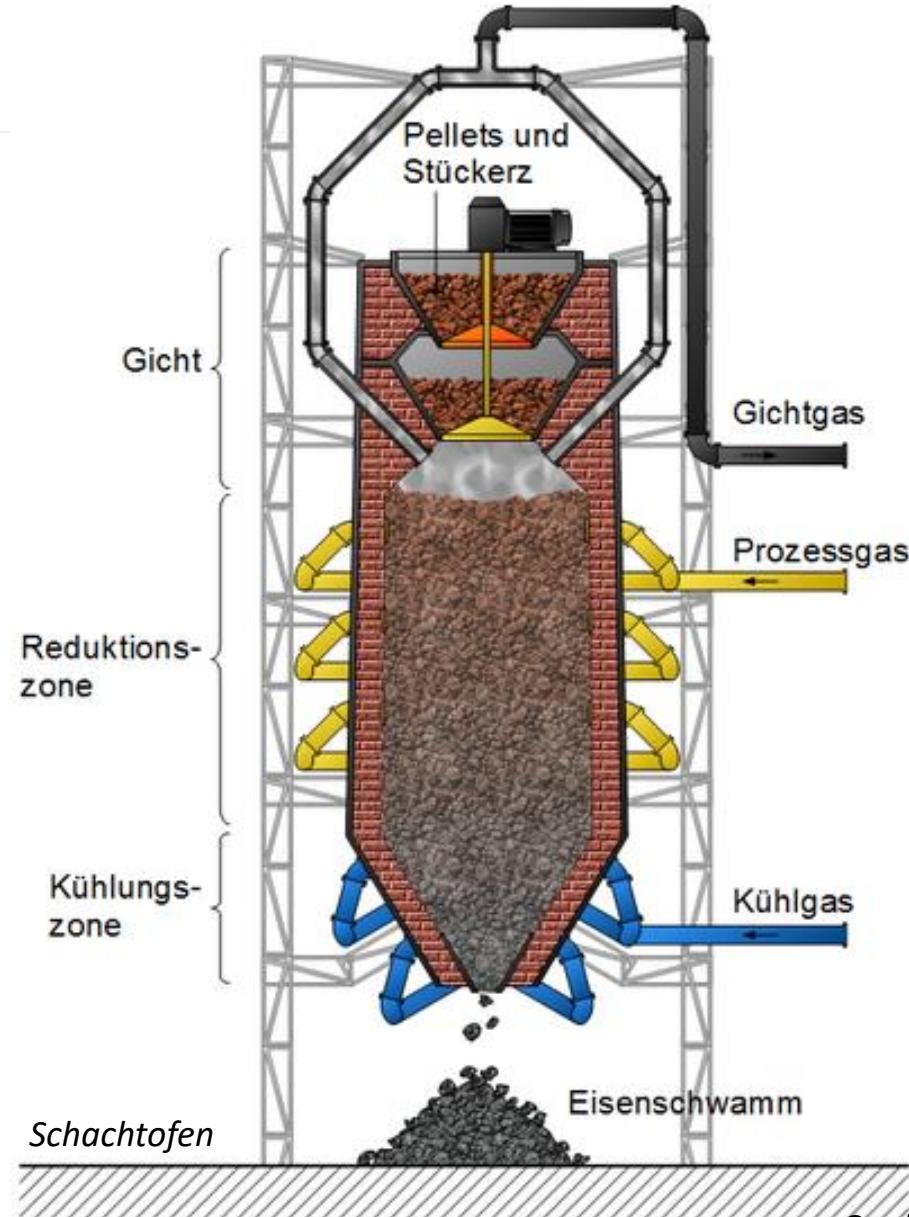
Stahlwerkstoffe - Herstellung

Weitere Reduktionsverfahren - Direktreduktion

- Verwendung von Erdgas, Erdöl, Kohlenmonoxid, Braunkohle als Reduktionsmittel.



- Prozesstemperaturen liegen bei max. 1000° C
- Voraussetzung: Geringe Anteile des Eisenerzes an Gangart.
- Direkte Gewinnung von Eisenschwamm bei Temperaturen unterhalb der Verflüssigung, d.h. im festen Zustand.
- Der Eisenschwamm (DRI) ist porös und besitzt einen Eisenanteil von ca. 95%.



Quelle: Ahoefler.de

Stahlwerkstoffe - Herstellung

Raffination – Herstellung von Rohstahl durch Frischen

- Roheisen ist sprödhart und nicht schmiedbar
- Stahl ist umformbar sowie schmiedbar und härtbar
- Stahlerzeugung aus Roheisen durch Frischen = Verbrennen = Oxidieren
 - Frischen mit reinem Sauerstoff
 - Überführen der Begleitelementen in Oxide
 - Ausgasen, Verschlacken (Binden der festen Abbrandprodukte)
 - Si, Mn, P → vollständige Verschlackung
 - C → Absenken von 3 bis 5% auf maximal 2%
- Hauptsächlich: **Sauerstoff-Blasverfahren (LD-Verfahren)** oder **Elektrostahl-Verfahren**

Stahlwerkstoffe - Herstellung

Raffination – Sauerstoff-Blasverfahren (LD-Verfahren)



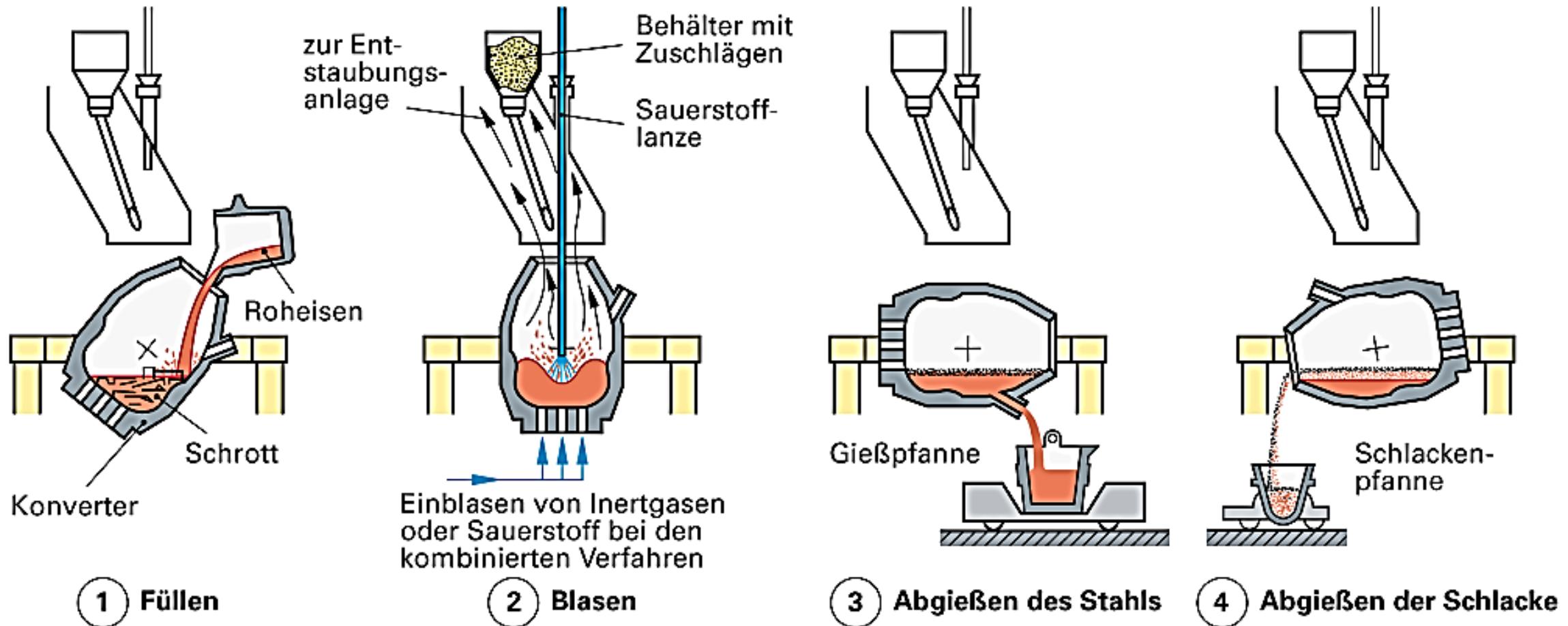
Füllen eines Konverters

Foto: Thyssen Krupp Stahl AG

Quelle: GSI – SFI Lehrgang

Stahlwerkstoffe - Herstellung

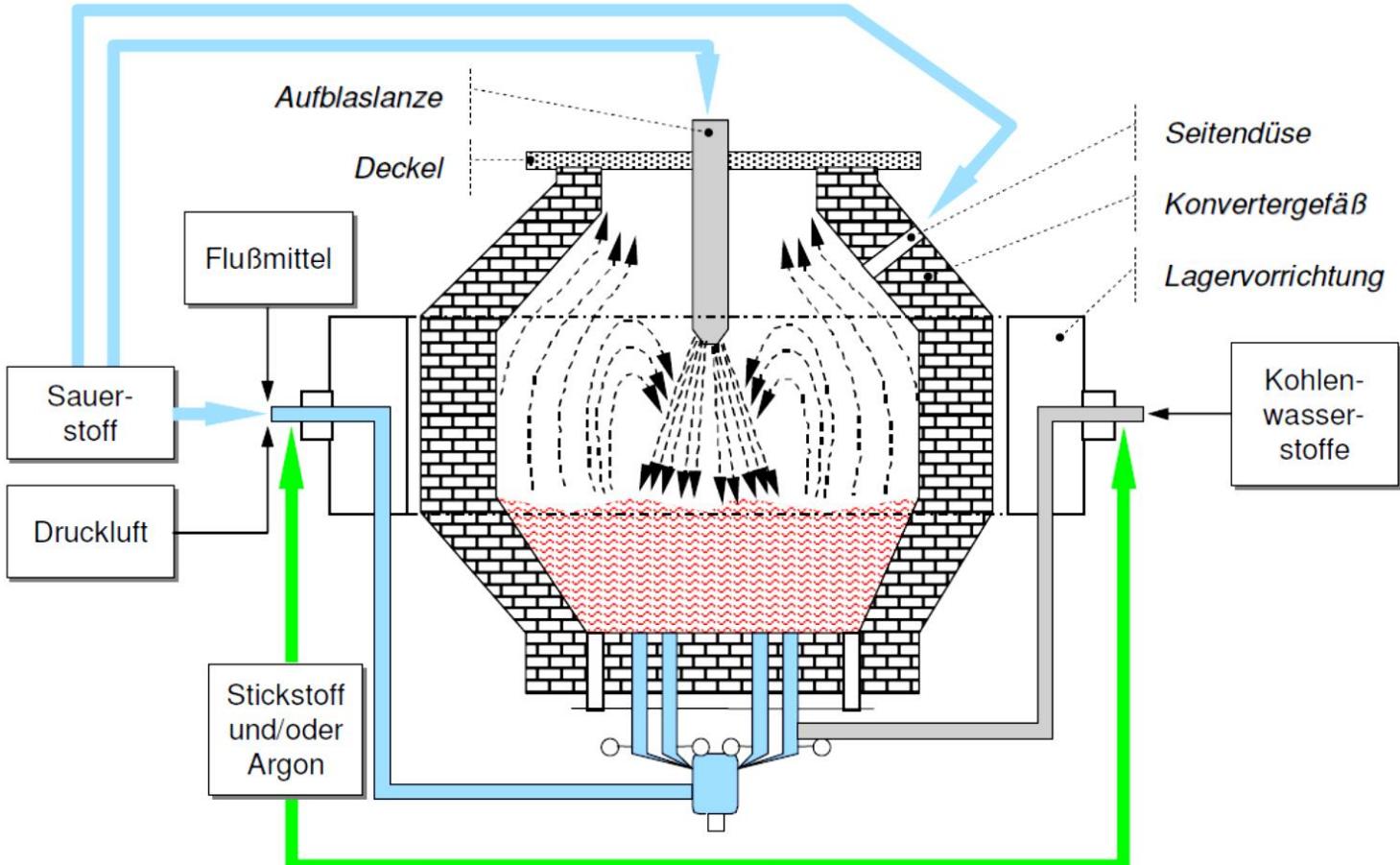
Raffination – Sauerstoff-Blasverfahren (LD-Verfahren)



Stahlwerkstoffe - Herstellung

Raffination – Sauerstoff-Blasverfahren (LD-Verfahren)

- Konverter mit O_2 Zufuhr durch Lanze und Boden
- Durch Verwendung von reinem O_2 kommt es nicht zur Lösung von N_2 im Stahl. Stähle sind unempfindlich gegenüber Alterung.
- Erzeugung von Rohstahl mit hoher Reinheit.
- Man unterscheidet zwischen
 - Sauerstoffaufblasverfahren
 - Sauerstoffbodenblasverfahren
 - Kombiniertes Blasverfahren



Quelle: SLV Halle Schuster

Das kombinierte Blasverfahren ist eine Kombination aus Sauerstoffaufblas- und bodenblasverfahren

Stahlwerkstoffe - Herstellung

Raffination – Thomas-Verfahren

Die Verwendung von Luft beim Frischen führte zur Anreicherung von Stickstoff und Wasserstoff im Stahl
-> Alterung, Versprödung

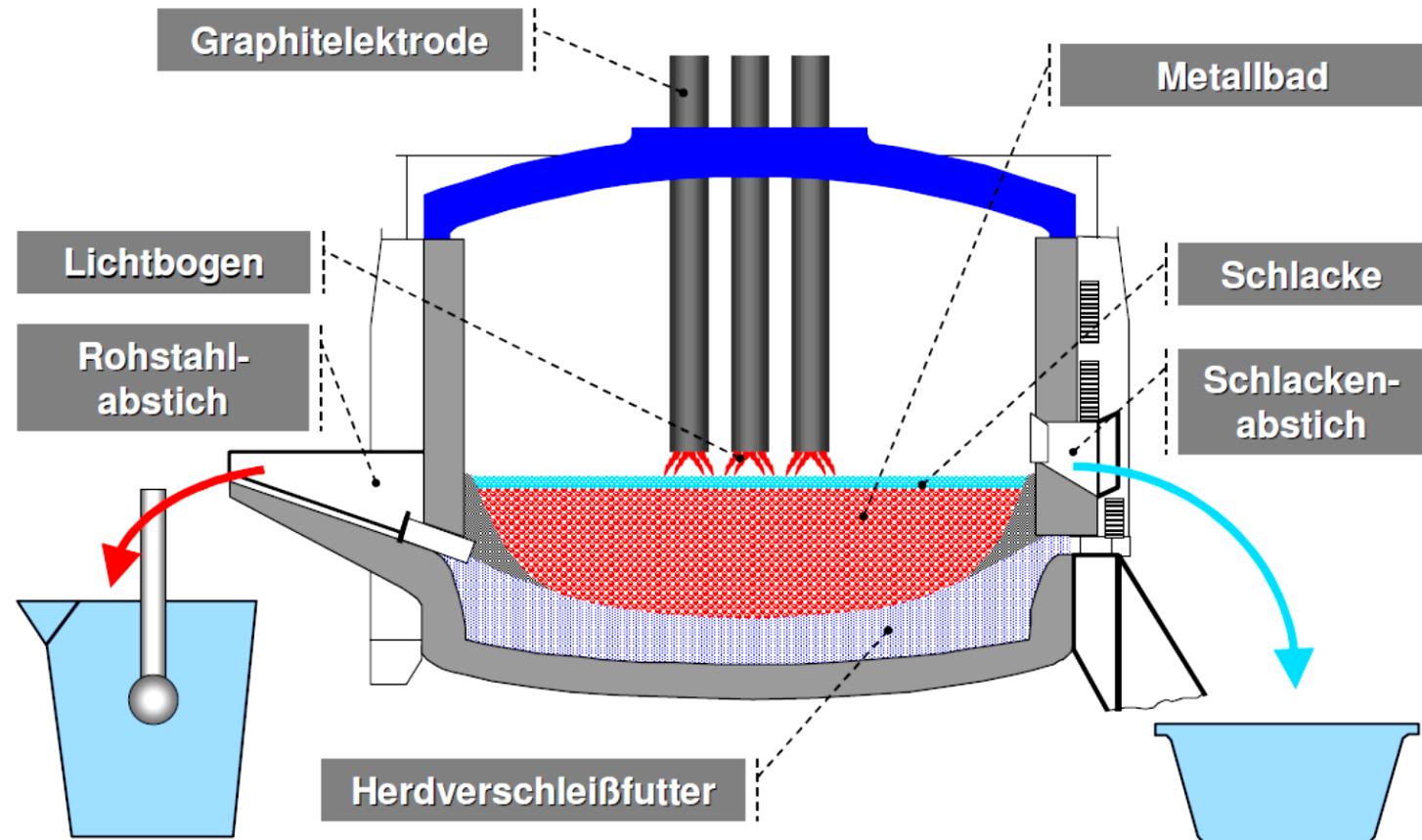


Münsterländer Schneechaos 2005

Stahlwerkstoffe - Herstellung

Raffination – Elektrostahl-Verfahren

- Erforderliche Schmelzwärme wird durch Lichtbogen oder Induktion erzeugt.
- Beschickung mit Schrott, Eisenschwamm, Roheisen, Kalk zur Schlackenbildung und Reduktionsmitteln.
- Temperaturen bis zu 3.500°C im Lichtbogen zwischen Graphitelektroden und Schmelze.
- Möglichkeit des Einschmelzens von schwer schmelzbaren Legierungselementen (Wolfram, Molybdän) als Ferrolegierung.



Quelle: SLV Halle, Schuster

Stahlwerkstoffe - Herstellung

Raffination – Elektrostahl-Verfahren



Elektroofen
Quelle: GSI – SFI Lehrgang

Stahlwerkstoffe - Herstellung

Sekundärmetallurgie – Reinigung und Veredelung

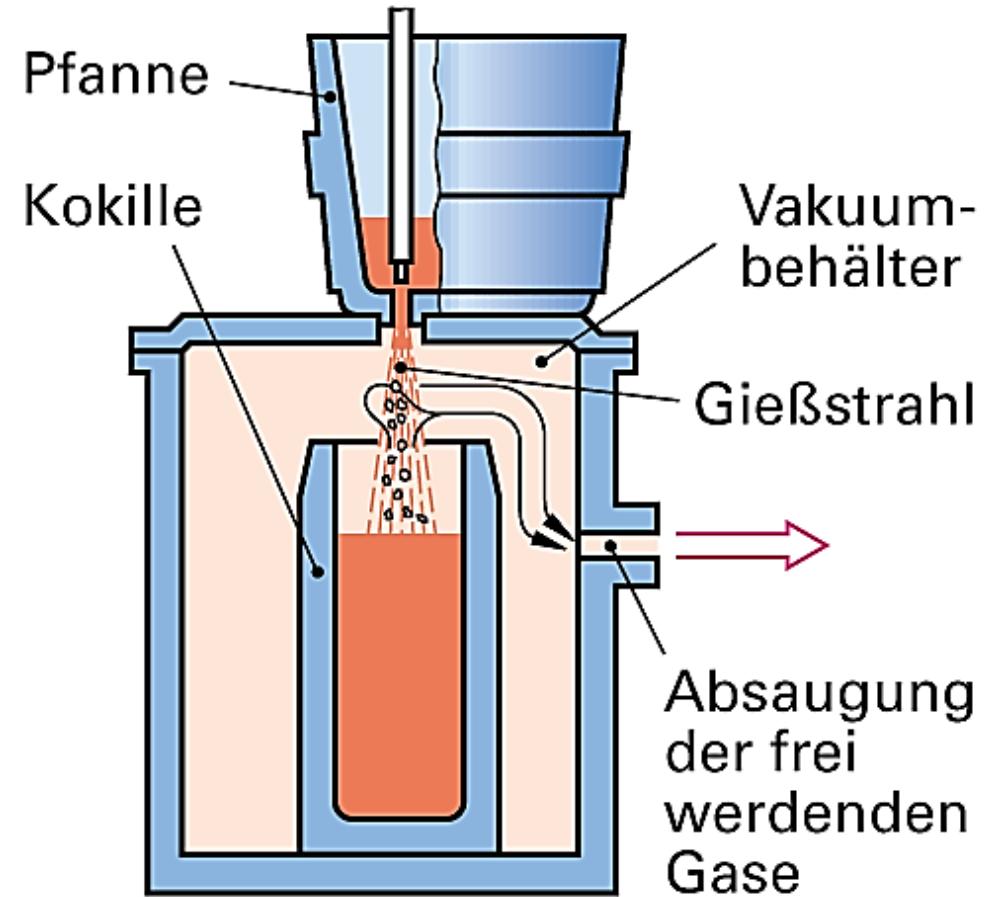
Nachbehandlung der Stahlqualität durch

- Entfernung unerwünschter Begleitelemente
- Zulegieren von Legierungselementen

Vakuumbehandlung

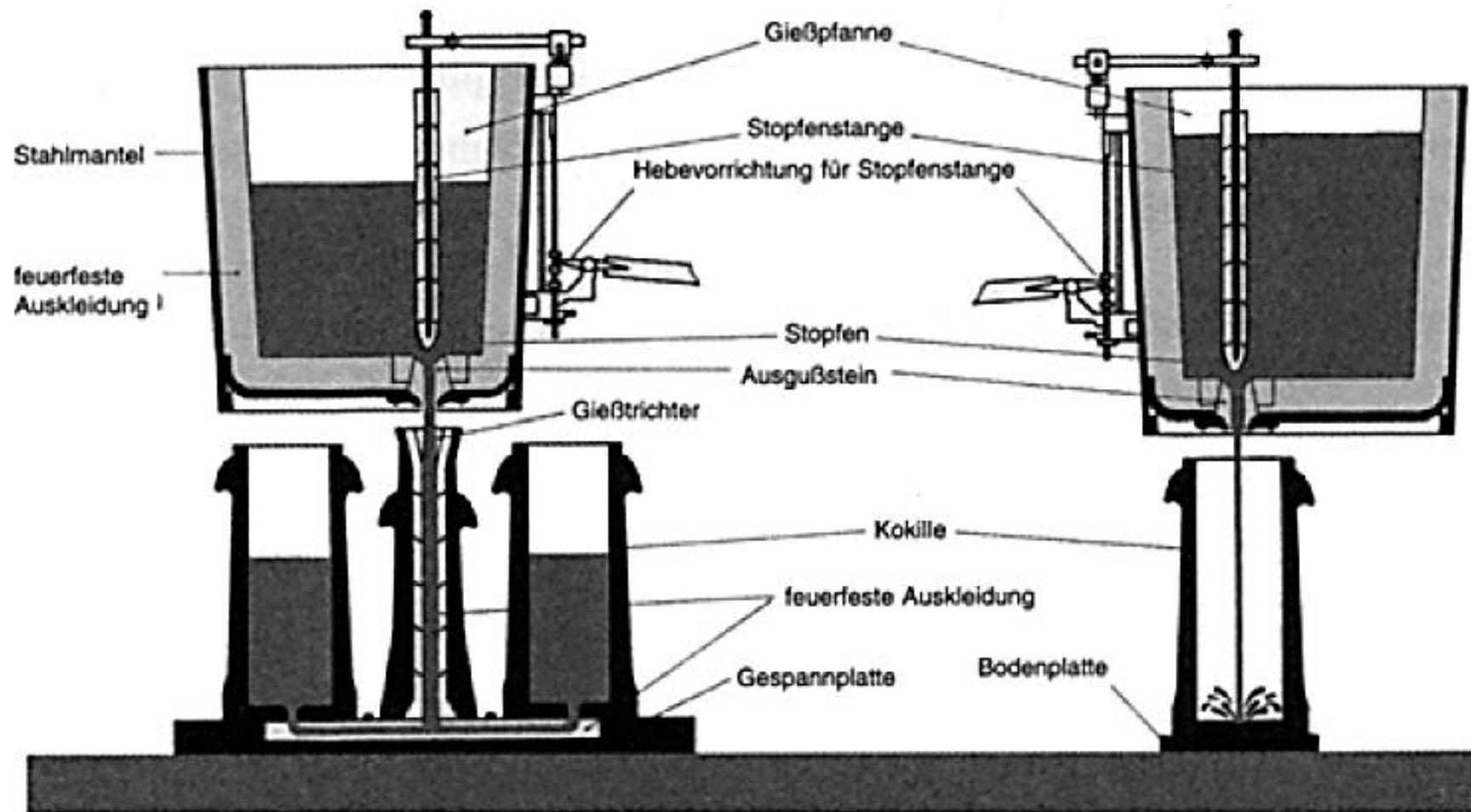
- Verminderung der im Stahl gelösten Gase H₂ und N₂
- Entkohlung (un)legierter Schmelzen bis <0,02 % C (Vakuumfrischen)
- Legieren
- Entschwefeln mit Schlackengemischen

Spülgasbehandlung mit Ar oder N₂, Pulverinjektion



Stahlwerkstoffe - Herstellung

Halbzeugherstellung – Blockguss



Stahlwerkstoffe - Herstellung

Sekundärmetallurgie – Reinigung und Veredelung

Nachbehandlung der Stahlqualität durch

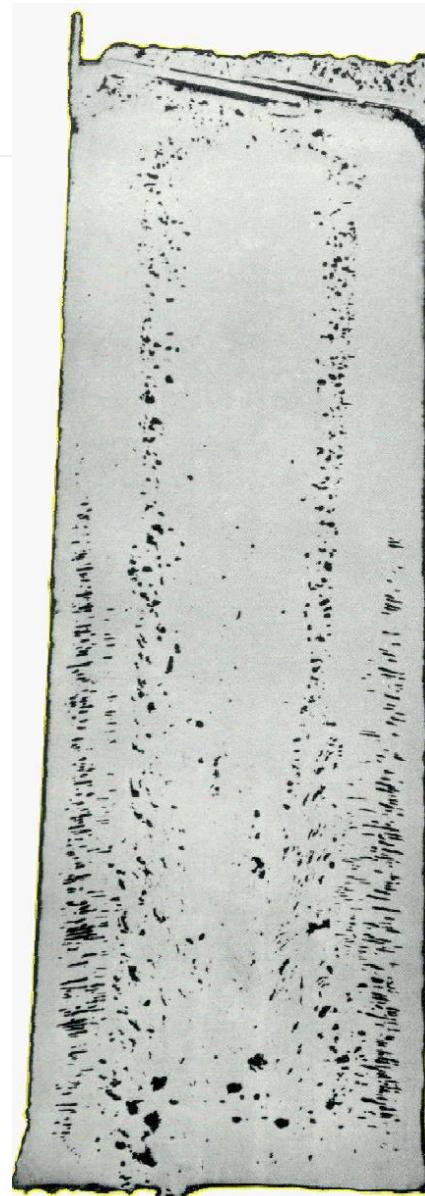
- Entfernung unerwünschter Begleitelemente
- Zulegieren von Legierungselementen

Desoxidation

- Bei der Desoxidation wird der Stahlschmelze Ferrosilicium oder Aluminium zugesetzt.

- Abbindung des beim Erstarren frei werdenden Sauerstoffs
- Der Stahl erstarrt „beruhigt“ bzw. „vollberuhigt“.

Beruhigte (FN) und vollberuhigte (FF) Stähle werden dort eingesetzt, wo ein gleichmäßiges Gefüge erforderlich ist, z.B. bei Werkzeugstählen.



Unberuhigt vergossener Stahl

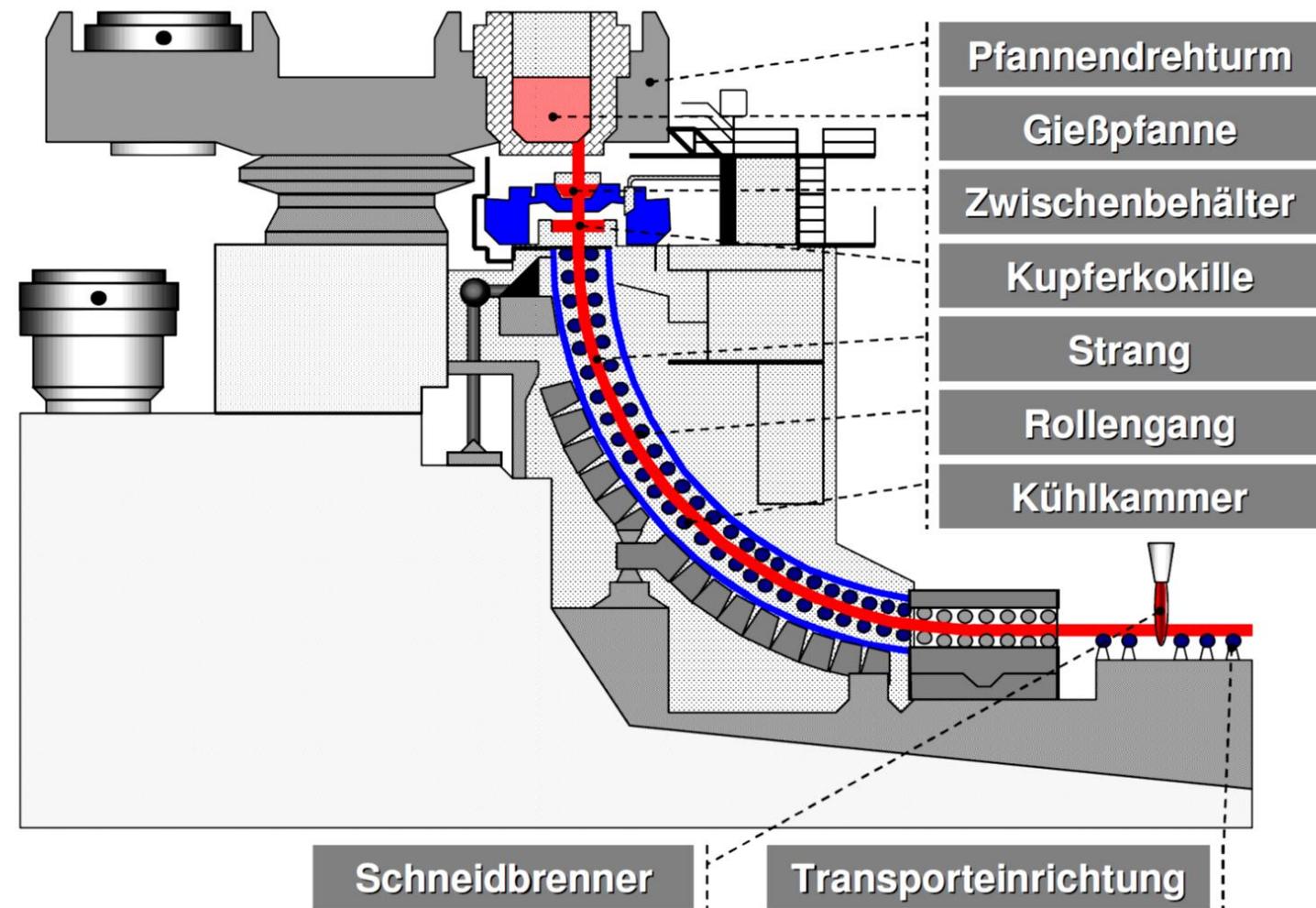


Beruhigt vergossener Stahl

Stahlwerkstoffe - Herstellung

Halbzeugherstellung – Strangguss

- Der flüssige Stahl wird aus der Gießpfanne in einen Zwischenbehälter gegossen. Aus diesem fließt er durch eine wassergekühlte Kokille aus Kupfer und erstarrt dort in der Randzone.
- Der entstehende, innen noch flüssige Stahlstrang wird fortlaufend nach unten aus der Kokille herausgezogen.
- In einer bogenförmigen Kühlkammer mit vielen Walzen wird der Stahlstrang umgelenkt und mit Wasser besprührt.
- Nach der Kühlkammer wird er gerichtet und abgelängt.



Quelle: SLV Halle, Schuster

Stahlwerkstoffe - Herstellung

Halbzeugherstellung – Strangguss



Foto: SMS-Demag AG



Auslaufbereich einer Stranggussanlage
zur Herstellung von Knüppel
Foto: SMS-Demag AG

Quelle: GSI – SFI Lehrgang

Stahlwerkstoffe - Herstellung

Halbzeugherstellung – Strangguss



Quelle: GSI – SFI Lehrgang

Stahlwerkstoffe - Herstellung

Stahlherstellung

