

# Vom Eisenerz zum Stahl

- **Was ist das Eisen?**
- **Geschichtliches**
- **Zahlen**
- **Physikalischen Eigenschaften**
- **Erze und Vorkommen**
- **Gewinnung von Roheisen**
- **Verfahren zur Stahlerzeugung**

1. Definition: Eisen ist der bedeutendster Gebrauchsmetall der menschlichen Zivilisation.

In der Erdrinde ist es der zweithäufigste Metall mit 4,7% nach Aluminium und vierthäufigste Element überhaupt. Der Erdkern mit dem Radius von ca. 3500 km (mehr als die Hälfte von Erdradius) Besteht zu 90% aus Eisen. Der Sauerstofftransport im Blut wäre ohne Eisen nicht möglich.

2. Geschichtliches: Das Eisen ist seit 6000 Jahren als Meteoreisen bekannt.

Um 3000 v. Ch. konnte man schon wie heute durch Erhitzen von Eisenerzen mit Kohle darstellen. Zu der Zeit schätzte man Eisen viel mehr als Gold. Es gab zahlreiche Kriege um Eisenvorkommen. Eisenmetallurgie hat immer den Fortschritt gefördert.

3. Statistische Zahlen: weltweite Produktion von Eisen (Stahl) lag:

1900- über 40 Mio. t

2002- weit über 1000 Mio. t

BRD produzierte 2002 ca. 45 Mio. t: 6. Platz weltweit (1. Platz: China)

4. Physikalischen Eigenschaften: Chemisch reines Eisen ist silberweisses verhältnismäßig weiches, dehnbares, recht reaktionsfreudiges Metall.

Dichte:  $7,873 \text{ g/cm}^3$

Schmelztemperatur:  $1539 \text{ }^\circ\text{C}$

Siedetemperatur:  $3070 \text{ }^\circ\text{C}$

Es kommt in drei ineinander überführbaren Modifikationen vor:

bis  $906 \text{ }^\circ\text{C}$ - (alfa)-Eisen (ferromagnetisch)

von  $906 \text{ }^\circ\text{C}$  bis  $1401 \text{ }^\circ\text{C}$ - (gamma)-Eisen (paramagnetisch)

von  $1401 \text{ }^\circ\text{C}$  bis  $1539 \text{ }^\circ\text{C}$ - (delta)- Eisen (paramagnetisch)

Der Kohlenstoff beeinflusst sehr stark die Eigenschaften von Eisen.

Die Löslichkeit von C im Eisen steigt mit Temperatur:

In (alfa)-Eisen: 0,018% (bei  $738 \text{ }^\circ\text{C}$ )

In (gamma)-Eisen: bis 2,1% (bei  $1153 \text{ }^\circ\text{C}$ )

Im geschmolzenen Eisen: ca. 4,3% (bei  $1553 \text{ }^\circ\text{C}$ )

Die wichtigsten Modifikationen nach Zusammensetzung und Kohlenstoffgehalt: Austenit, Ledeborit, Cementit, Perlit.

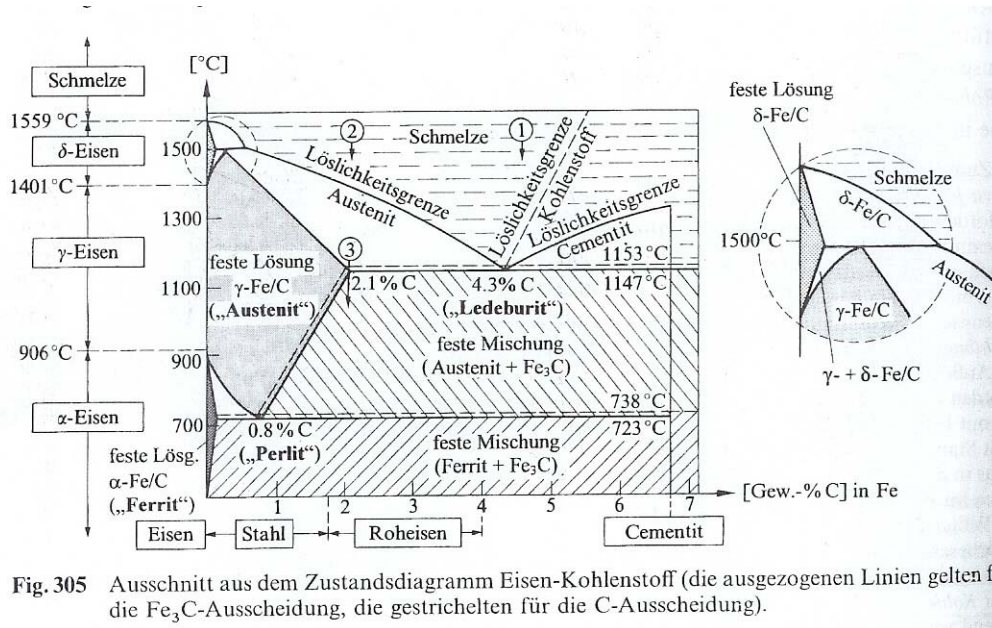


Fig. 305 Ausschnitt aus dem Zustandsdiagramm Eisen-Kohlenstoff (die ausgezogenen Linien gelten für die Fe<sub>3</sub>C-Ausscheidung, die gestrichelten für die C-Ausscheidung).

## auf dem Weg zum Stahl

### Der Rohstoff: Eisenerze

Die wichtigsten oxidischen und sulfidischen Erze auf der Erde sind:

#### Magneteisenstein: $\text{Fe}_3\text{O}_4$

Auch Magnetit genannt ( $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ), enthält bei den wirtschaftlich nutzbaren Erzen **45-70%** Eisen

Vorkommen: Nord- und Mittelschweden, Norwegen, Ural, Nordafrika, USA

Die BRD besitzt kaum Magneteisenstein, importiert große Mengen aus Schweden.

#### Roteisenstein $\text{Fe}_2\text{O}_3$

Die wirtschaftlich genutzten Erze enthalten zu **40-65%** Eisen

Erscheinungsformen: Eisenglanz, roter Glaskopf, Hämatit, und eigentlicher Roteisenstein

Vorkommen: oberer See Nordamerika, Spanien, BRD → Lahn, Dill

#### Brauneisenstein $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ (~1,5)

Verbreitetste Eisenerz, enthält bis zu **60%** Eisen

Wichtige Lager: in Lothringen Gegend von Metz und Diedenhofen

Haben hohen Phosphorgehalt ( $\text{Fe}_3(\text{PO}_4) \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ )

BRD: 2 Lager, in Salzgitter und Peine

#### Spateisenstein $\text{FeCO}_3$

Auch Siderit genannt enthält **25-40%** Eisen

Vorkommen: Siegerland

#### Eisenkies $\text{FeS}$

Auch Schwefelkies oder Pyrit genannt

Wird vor allem aus Spanien eingeführt

Dient in erster Linie zur Erzeugung von Schwefelsäure

Dabei fallen zu **60-65%** Eisen an (Kiesbrände), wird zur Eisengewinnung genutzt

### Das Zwischenprodukt: Roheisen

>1,7% C- Anteil Roheisen: Ist aufgrund der Verunreinigungen kaum als Werkstoff zu gebrauchen.

Roheisen ist spröde und schlecht schmiedbar. Es schmilzt schneller als Stahl.

### Das Endprodukt: Stahl

<1,7% C- Anteil wird auch veredeltes Eisen genannt. Weil es weniger Verunreinigungen hat, ist es als Werkstoff besser geeignet.

Stahl ist gut verformbar und hitzebeständig.

# Erzeugung von Roheisen

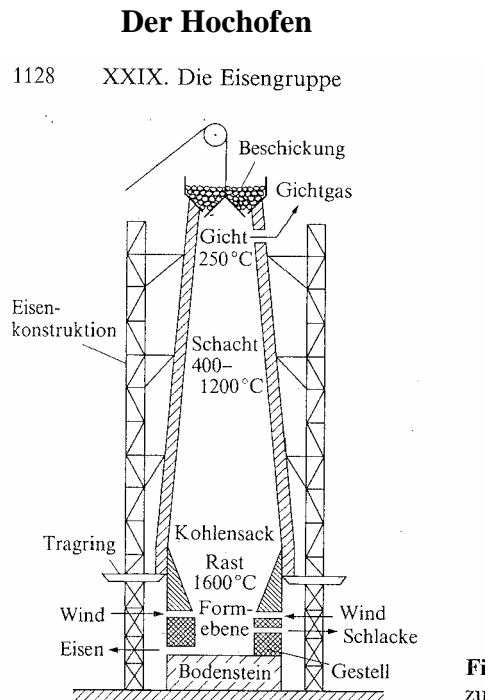
## Hochofenprozess

### Technische Daten:

Höhe: 25-30 m  
Durchmesser: 10 m  
Rauminhalt: 500-800 m<sup>3</sup>  
Form: 2 Kegel

### Leistung:

Jährlich 1 Million t Roheisen aus  
3,5 Millionen t Rohmaterial

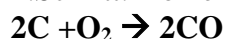


Zugeführt werden: jeweils nacheinander **Koks, Eisenerz mit Zuschlag usw.....**

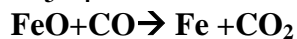
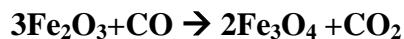
**Zuschlag (Erzgiht, Möller):** dient dazu, die Beimengungen des Erzes (Gangart) in leicht schmelzbare

Calcium- aluminium- silicate zu überführen.  $x\text{CaO} \cdot y\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot z\text{SiO}_2 \leftarrow \text{Schlacke}$

1.Schritt: Kohle wird verbrannt:



Das freiwerdende CO reduziert nun die Oxide zum Metall und wird dabei selber oxidiert:



Das Gas strömt dabei nach oben, das Erz rückt immer tiefer  $\rightarrow$  **Gegenstromverfahren**

**Eingesetzte Stoffmengen für 1t Roheisen:**

2t Erz, 1t Koks, 0,5 t Zuschlag, 5,5 t "Wind"

$\rightarrow$  1t Roheisen, 1t Schlacke, 7t Gichtgas

**Hochofenprodukte:**

**Schlacke**, fließt durch eine unterhalb der Formebene befindliche Öffnung ständig ab. Es wird zum Großteil in der Bauindustrie eingesetzt.

**Gichtgas:** wird vom Staub befreit, dient dann zum Betrieb des Hochofenverfahrens.

**Roheisen** (1,7- 4% C), wird unten abgestochen und weiterverarbeitet

**Weiterverarbeitung:** a) **graues Roheisen:** in das abgestochene Gusseisen werden Schrottteile mit

eingeschmolzen. Anschließend werden sie in Formen gegossen.

es entsteht Gusseisen: 2-4% C-Anteil

Vorteil: rosten kaum

Nachteile: - nicht sehr temperaturbeständig -spröde

Produkte: Kanaldeckel, Heizkörper, Öfen, Rohre, Motorblöcke,....

b) **weißes Roheisen:** wird zu Stahl weiterverarbeitet

## 5. Verfahren zur Aufbereitung von Roheisen zum Stahl:

- a) ) Windfrischverfahren: „Thomas-Verfahren“ (älteres) (a)  
„LD-Verfahren“ (aktuell) (b) (ca. 80%)
  
- b) Herdfrischverfahren: „Siemens-Martin-Verfahren“ (älteres)  
„Schrott-Verfahren“ (aktuell)
  
- c) Elektrolichtbogenverfahren (aktuell) (ca.20%)
  
- d) „Puddelprozess“ (älteres)
  
- e) „Tempern“ (älteres)

## Thomas-Verfahren

Beim Windfrischverfahren wird der Kohlenstoff des Eisens mit übrigen Verunreinigungen durch Einpressen von Luft in das geschmolzene Eisen oxidiert, wobei eine Oxidschlacke entsteht und reines Eisen erhält, da die Verunreinigungen rascher verbrennen als das Eisen.

## Linz-Donawitzer-Verfahren(LD-Verfahren)

Ähnlich wie bei Thomas-Verfahren allerdings wird der Sauerstoff hineingeblasen, wodurch die Ausbeute besser ist, und der Prozess schneller verläuft.

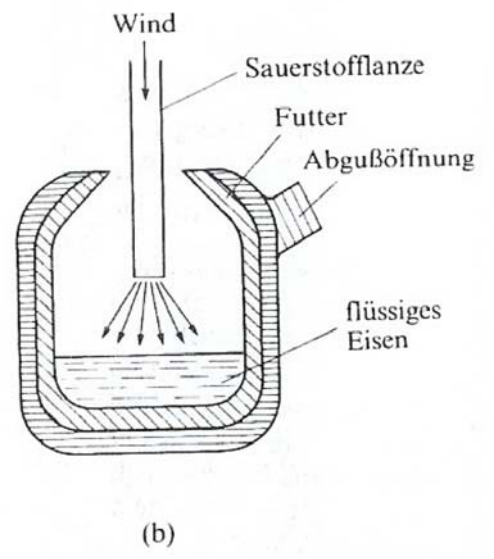
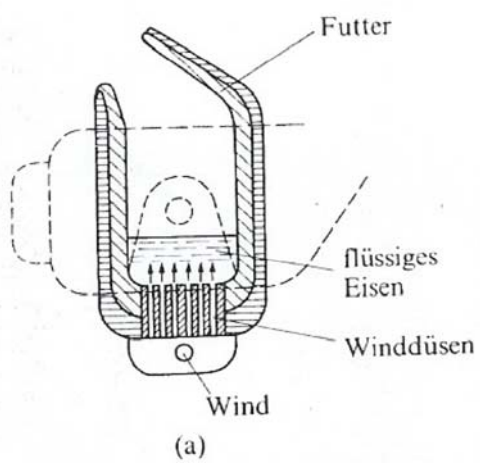
## Siemens-Martin-Verfahren

Die Oxidation von Kohlenstoff sowie anderen unerwünschten Zusätze erfolgt durch sauerstoffhaltige über 1500 °C heißen flüssigen Roheisen streichende Flammengase, die in den Konverter hineingeblasen werden.

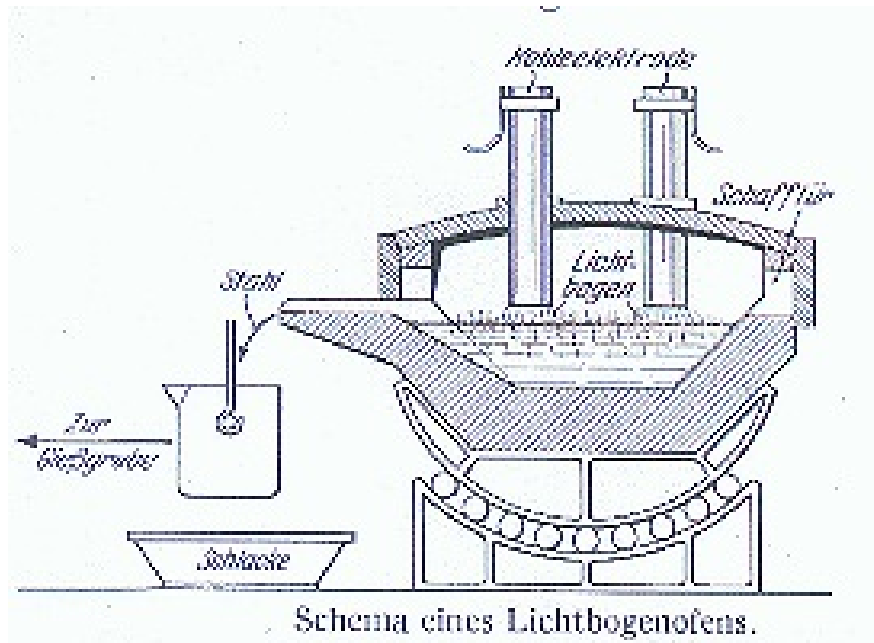
## Schrott-Verfahren

Bei Schrott-Verfahren wird in das flüssige Eisen „Schrott“- verrostetes Eisen zugegeben, wobei reines Eisen entsteht und Kohlenstoff sowie andere Zusätze mit Sauerstoff reagieren.





# Elektrostahlverfahren



**Rohstoffe:** kaum Roheisen, in erster Linie Eisenschrott

**Grundgedanke:** Erzeugung eines Lichtbogens als Wärmequelle

Es wird also eine Spannung angelegt, zwischen zwei Graphit-Elektroden.

In der Schmelze herrschen dabei Temperaturen von bis zu 3000°C.

In die Schmelze werden dann noch Legierungsmetalle hinzugegeben.

→ Es entsteht eine Stahllegierung

**Vorteile:** keine Abhängigkeit von Roheisen (Schrott)

Unabhängig von Koks,

sehr geringe Verunreinigung des Stahls

Strom und Schrott sind überall erhältliche Einsatzfaktoren

**Nachteile:** hoher Energieverbrauch

## Legierungen und Edelstahl

Der Stahl selbst wird kaum mehr als Baustahl angewandt. Vielmehr sind in der Anwendung zahlreiche Legierungen mit anderen Metallen und Elementen, wie Silicium, Phosphor, Vanadium, Chrom, Molybdän, Wolfram, Mangan, Nickel, die Eiseneigenschaften deutlich verbessern. Die bekannteste Legierung ist Edelstahl (Chromnickelstahl).