

Werkstofftechnik II

Vom Rohstoff zum Bauteil

Verfasser:

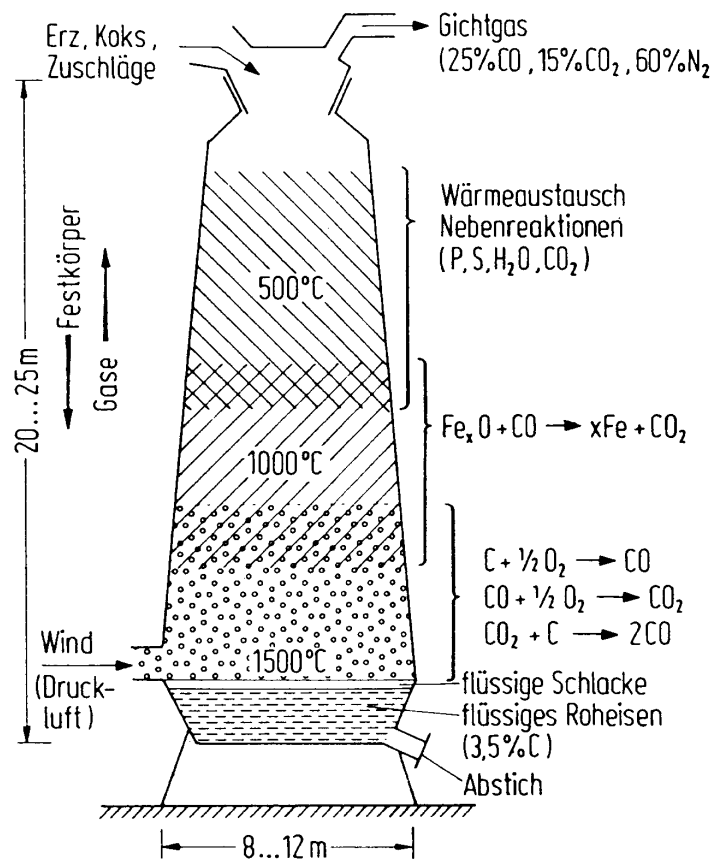
Prof. Dr.-Ing. Hans-Jürgen Christ

Agenda

- Korrosion und Korrosionsschutz
- Normgerechte Werkstoffkennzeichnung
- **Vom Rohstoff zum Bauteil**
 - Vom Rohstoff zum Werkstoff
 - Vom Werkstoff zum Bauteil
- Eisenwerkstoffe
- Aluminiumlegierungen
- Keramische Werkstoffe
- Polymerwerkstoffe
- Verbundwerkstoffe

Hochofen

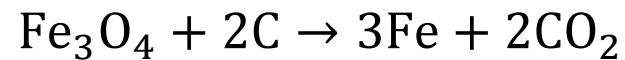
Der Hochofen ist ein Schachtofen nach dem Prinzip des Gegenstromreaktors. Ein moderner Hochofen erzeugt pro Tag ca. 7000 t Roheisen.



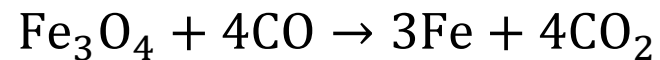
- Vorgehensweise:
 - Feststoffe (Erz, Koks,...) werden von oben zugeführt.
 - Gase (CO/CO₂) steigen von unten nach oben.
 - Einblasen von vorerhitzter Luft: Verbrennungswärme und CO
 - Durch Wärme erfolgt ein Aufschmelzen des erzeugten Eisens.
 - Aufkohlung des Eisens durch Kontakt zu Kohle im unteren Teil
 - Intervallweise wird Roheisen „abgestochen“.
- Alternativverfahren: Wirbelschichtverfahren - Gasförmige Reduktionsmittel durchwirbeln und reduzieren feingemahlens Erz, wobei poriges Eisenpulver (Eisenschwamm) entsteht.

Roheisen

- Die notwendige Energie wird durch den Einsatz eines chemischen **Reduktionsmittels** aufgebracht. Als Reduktionsmittel dient Kohlenstoff, der zu CO und CO₂ oxidiert:



- Neben der **direkten Reduktion** läuft im Hochofen auch eine **indirekte Reduktion** ab. Diese Reaktion erfolgt über den Umweg CO:

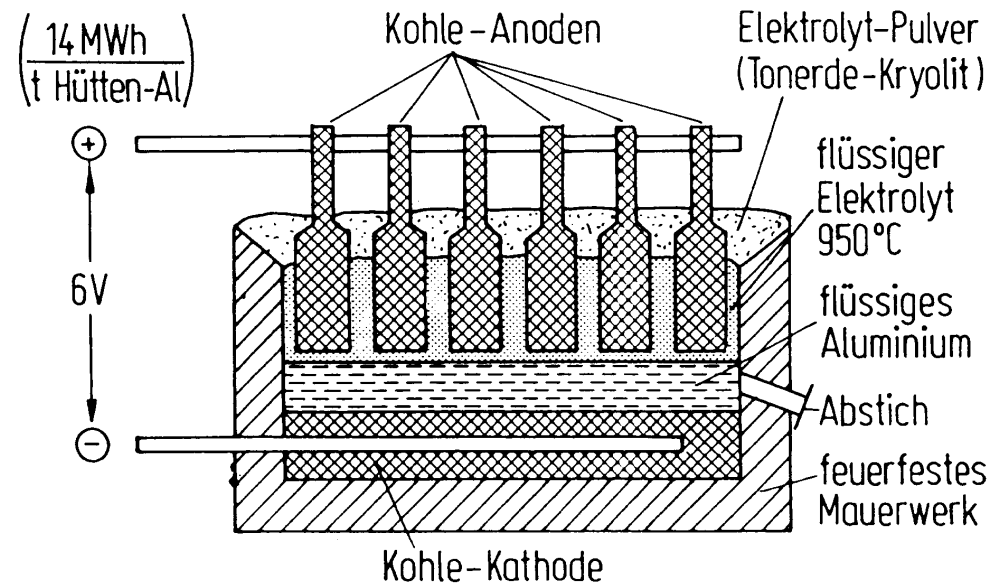


- Das bei der Reduktion des Eisenoxides gebildete CO₂ wird durch festen Kohlenstoff teilweise wieder zu CO reduziert und wird somit für die Reduktion immer wieder nachgeliefert.



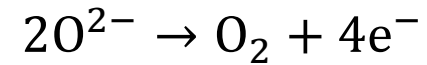
Aluminium

- Die notwendige Energie wird in Form elektrischer Energie zugeführt:
Schmelzflusselektrolyse.
- Der elektrochemische Prozess läuft bei ca. 950°C ab. Als Elektrodenmaterial wird Graphit verwendet. Der Elektrolyt besteht aus flüssigem Kryolith (Na_3AlF_6), welches ca. 5% Aluminiumoxid (Al_2O_3) löst:

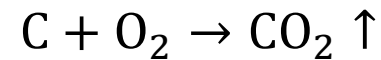


Aluminium

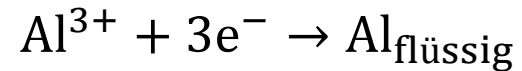
Anode:



Umkehrung der
Sauerstoffkorrosion



Kathode:



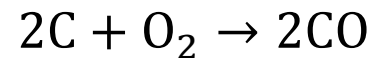
Kennzeichen von Aluminiumhütten sind eine große Anzahl von Zellen und entsprechender Energieverbrauch. Deshalb sind diese Anlagen meist mit eigenem Kraftwerk (z.B. Wasserkraftwerk) ausgestattet.

Reinheitssteigerung

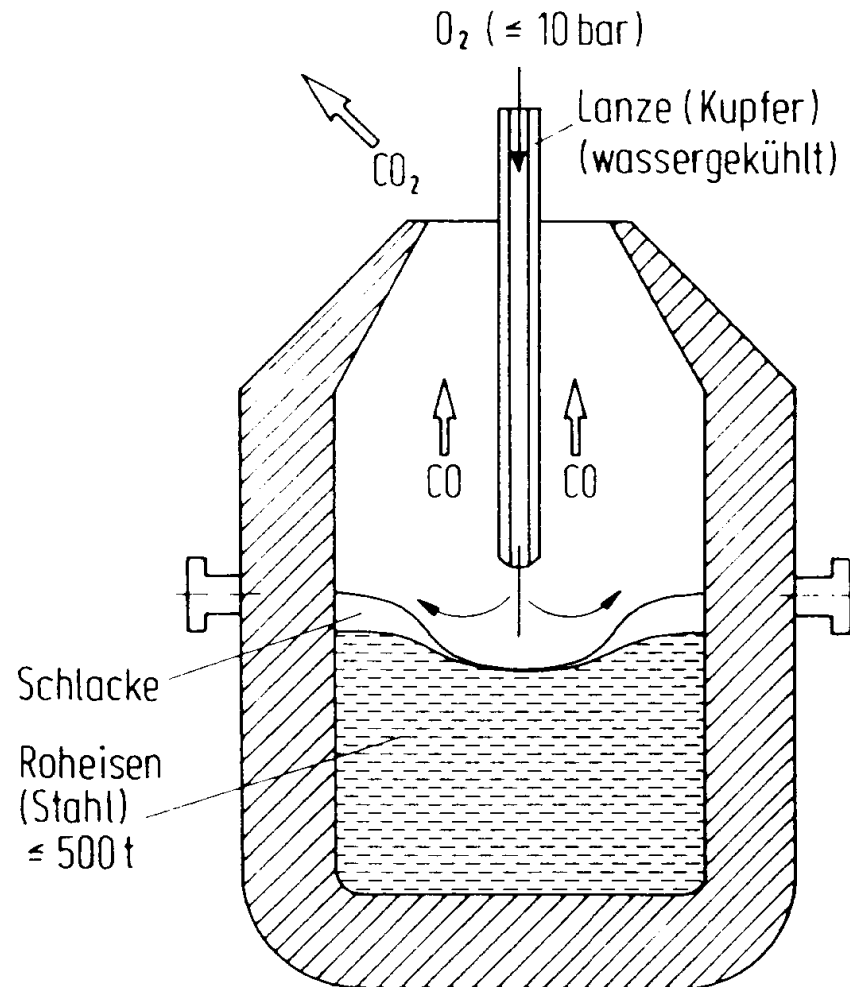
Roheisen, Rohkupfer und Hüttenaluminium sind typische Vorprodukte mit hohem Verunreinigungsgehalt, der einen Einsatz als Werkstoff nicht zulässt. Um Werkstoffe zu erhalten, die den heutigen Anforderungen genügen, wendet man **Raffinationsprozesse** an.

Stahlerzeugung

- Roheisen enthält neben den Hauptverunreinigungen Mn, P, S insbesondere sehr viel Kohlenstoff. Im Stahlwerk erfolgt in einer iterativen Prozessfolge eine schrittweise Erniedrigung des Verunreinigungsgehaltes.
- Die Erniedrigung des Kohlenstoffgehaltes erfolgt meist durch die Reaktion mit Sauerstoff:



LD-Verfahren



Meist kommt das **LD-Verfahren** (LD bedeutet Linz-Donawitz) zum Einsatz, bei dem reiner Sauerstoff von oben durch eine wassergekühlte Lanze auf die mit **Schlacke** (flüssig) bedeckte Schmelze aufgeblasen wird.

Stahlberuhigung

- Durch das Frischen erhöht sich der Sauerstoffgehalt der Schmelze stark, so dass es beim Abgießen und Erstarren (sinkende Löslichkeit mit sinkender Temperatur) zur Entwicklung von CO kommt gemäß:

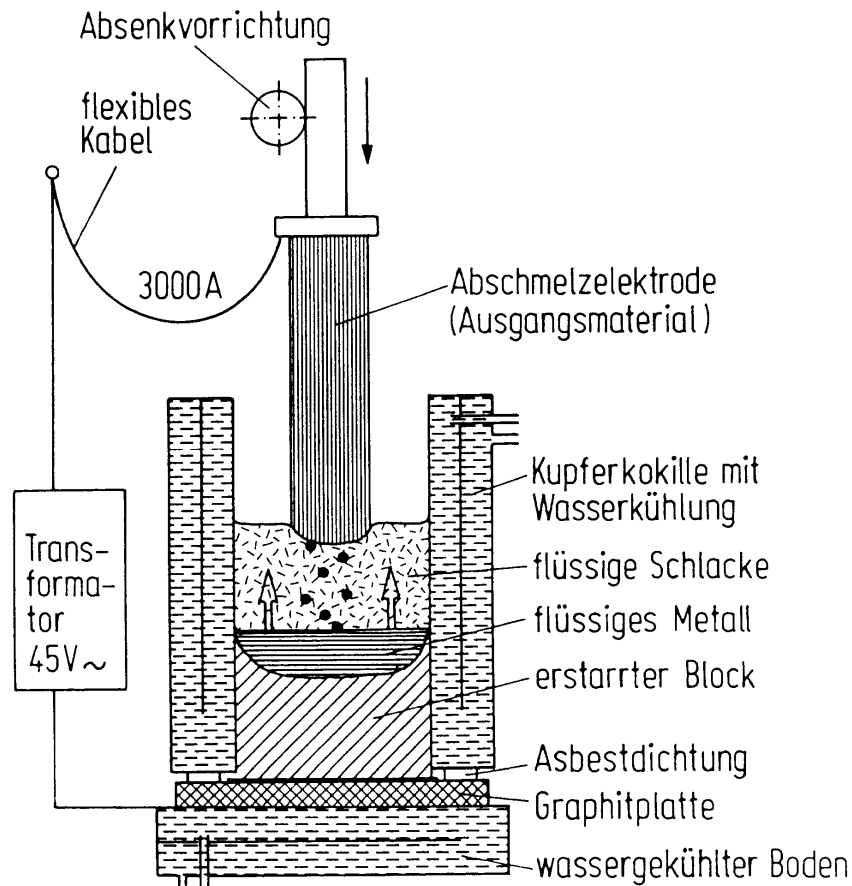


Die erstarrende Schmelze gerät ins Kochen (**unberuhigt** vergossener Stahl).

- Um **beruhigten** Stahl herzustellen, muss der in der Schmelze gelöste Sauerstoff entfernt werden. Dies kann z.B. durch **Desoxidation** mit Al und Si ($\rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3$ und SiO_2) oder durch eine Vakuumentgasung erfolgen.

Die wichtige Rolle der Schlacke

Das ESU-Verfahren:

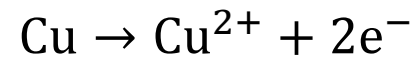


- Schlacken sind nicht nur Abfallprodukte bei der Stahlerzeugung, sondern auch Reaktionspartner bei der Reinheitssteigerung durch chemische Reaktion im flüssigen Zustand.
- Aus diesem Grund werden für höchste Qualitätsansprüche fertige Gussblöcke nochmals durch elektrische Stromwärme umgeschmolzen (**ESU-Verfahren: Elektroschlack-Umschmelzverfahren**).
- Durch das tropfenweise Absinken der Schmelze durch die Schlacke, kommt es zu einer intensiven Reaktion (Reinigung) zwischen Schmelze und Schlacke.

Im Falle des Kupfers erweist sich die Elektrolyse als wirksames Raffinationsverfahren.

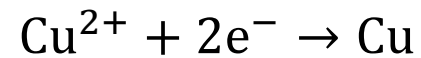
Durch genaue Kontrolle der Elektrolytzusammensetzung und der Potentialdifferenz kann erreicht werden, dass folgende Elektrodenreaktionen ablaufen:

Anode (Rohkupfer):



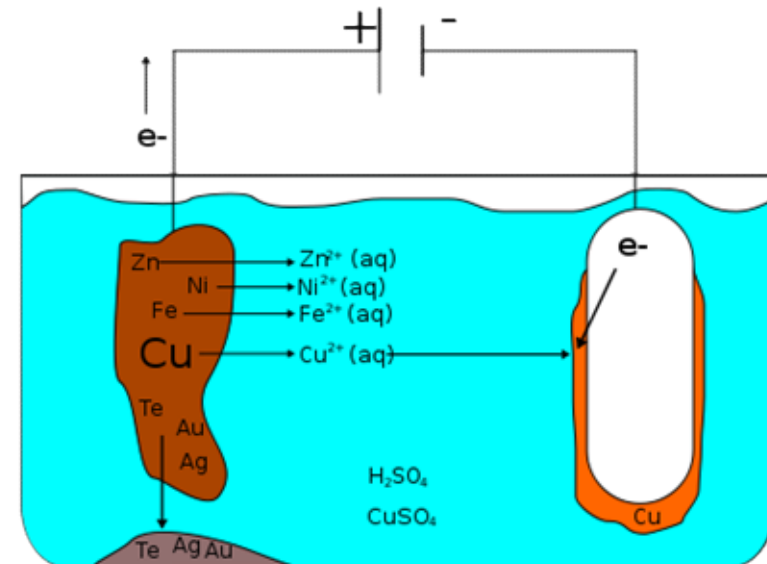
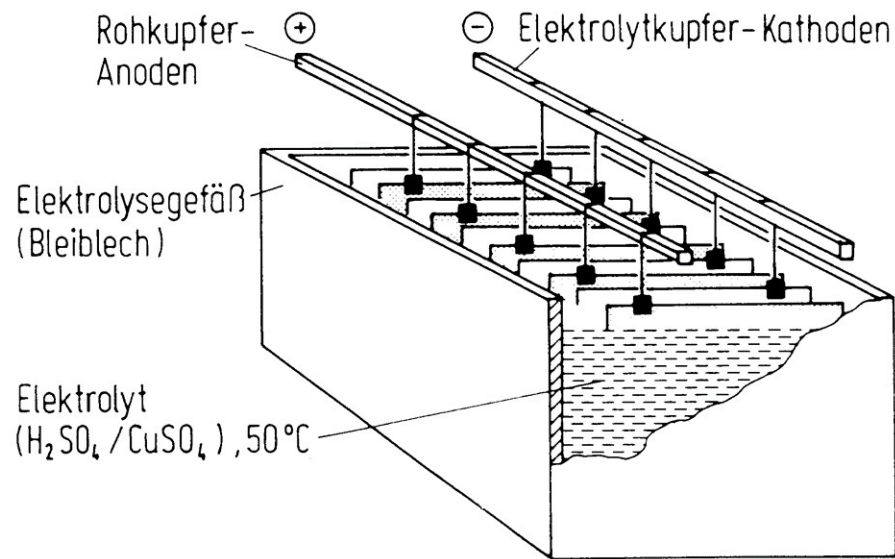
(Kupferauflösung)

Kathode (dünnes Reinkupferblech):



(Kupferabscheidung)

Kupferraffination



Quelle: Internet, Wikipedia

Gemäß ihrer Stellung in der elektrochemischen Spannungsreihe

- lösen sich edlere Metalle als Kupfer nicht auf, sondern reichern sich im *Anodenschlamm* unter der Anode an,
- gehen unedlere Metalle in Lösung, scheiden sich aber an der Kathode nicht ab (Anreicherung im Elektrolyt).