



Gewinnung und Reinigung der Übergangsmetalle

Kyrill Lorenz
Christian Schmitz

Übersicht

Gewinnung und Reinigung von:

- 1. Scandium
- 2. Titan
- 3. Vanadium
- 4. Chrom
- 5. Mangan
- 6. Eisen
- 7. Cobalt
- 8. Nickel
- 9. Kupfer
- 10. Zink



1. Scandium (Sc)

Vorkommen: Thortveitit $(Y,Sc)_2Si_2O_7$

-sehr selten

-Ukraine ▶ angereicherter Form (Sc)-Anteil:

▶ ca. 105 g / 1000kg



Gewinnung:

-Elektrolyse an einer Schmelze von $\text{ScCl}_3/\text{LiCl}/\text{KCl}$ an Zinkkathode

(LiCl/KCl) ► Senkung des Schmelzpunktes

-Reduktion von ScF_3 mit Ca in Gegenwart von LiF und Zn bei 1000 °C

-In beiden Fällen bildet sich eine (Sc/Zn)-Legierung, aus der anschließend das Zink abdestilliert wird.

-Das zurückbleibende Sc

► zur Reinigung: Hochvakuumdestillation

-Des Weiteren fällt Sc als Rückstand bei der Uranaufbereitung an.



2. Titan (Ti)



Vorkommen: -in der Natur relativ häufig
(Ilmenit FeTiO_3 , Rutil TiO_2)

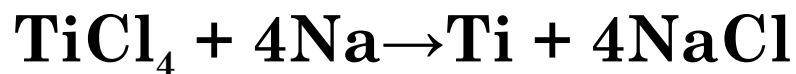
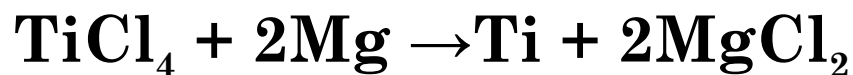
© Thomas Sellnacht

www.periodensystem.net

Gewinnung: W. Kroll-Prozess:



TiCl_4 ► Reinigung ► Reduzieren bei ca. 1000°C in He-Atmosphäre und Mg oder Na zum Metall:



- ▶ **Entstehung von schwammigen Titan**
- ▶ **Herauslösen von restlichen Mg bzw. Na, $MgCl_2$ bzw. NaCl mit verd. HCl**
- ▶ **Entfernung durch Vakuumdestillation**

Titanminerale



Titanit
(Ca-Ti-Silicat)



Anatas
(TiO_2)



Ilmenit
($FeTiO_3$)



Brookit (TiO_2)



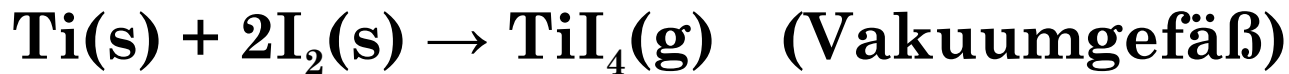
Rutil (TiO_2)



Reinigung:

Zonenschmelzverfahren nach van Arkel und de Boer:

500°C



- ▶ Zersetzen von $\text{TiI}_4(\text{g})$ an elektr. erhitzten sehr dünnen Wolframdraht.(1600°C)
 - ▶ hochreines Ti
- ▶ freiwerdendes I_2 +Ti-Pulver bilden immer wieder neues Jodid.
 - ▶ I_2 zurück in Prozess
- ▶ Herstellung von Ti (sehr teuer, energieaufwendig)
 - ▶ Recycling aus Titanschrott



3. Vanadium (V)



Vanadinit, Mibladen/Marokko, Foto und Copyright: T. Seilnacht

Vorkommen: eher häufiges Element

Titanomagnetit-erze ▶ V_2O_5

Gewinnung: V_2O_5 :

▶ Rösten oder Auslaugen von Vanadiumerzen
oder Vanadiumhaltiger Schlacke

▶ V-Herstellung durch Reduktion mit Ca
(bei 950°C)



Reinigung:

- ▶ **elektrolytische Raffination**
- ▶ **Aufwachsverfahren**
 - ▶ **Erhitzen von Vanadiumiodid in Quarzglasapparatur im Vakuum bei 900-1000°C**
- ▶ **Niederschlag des hochreinen Metalls auf einem glühenden Wolfram-Draht**

Vanadium

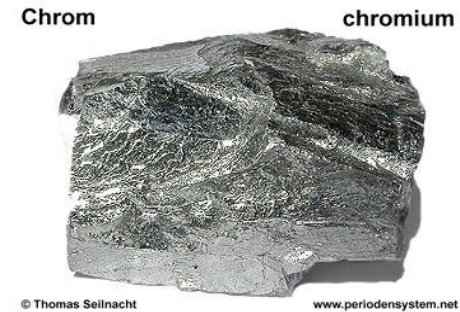
vanadium



© Thomas Seilnacht

www.periodensystem.net





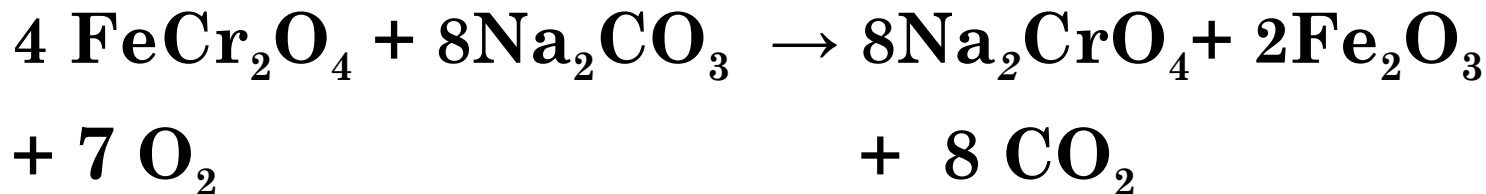
4. Chrom (Cr)

Vorkommen: relativ häufiges Element

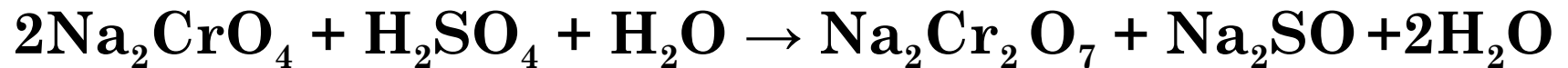
Chromerze: Chromit (FeCr_2O_4)
Krokoit (Rotbleierz) PbCrO_4

Gewinnung:

- ▶ Anreichern von Chromit durch Flotation
- ▶ Zermahlen und Vermischen mit Kalk (CaCO_3) und Soda (Na_2CO_3)
- ▶ Erhitzen bei 1200°C .



- ▶ **Behandeln von Na_2CrO_4 mit konz. H_2SO_4**
- ▶ **Entstehung von $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$**



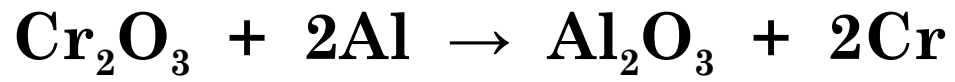
$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ▶ **kristallisiert als Dihydrat aus**

Reduktion mit Kohle ▶ Chrom(III)-oxid:



Reinigung:

▶ aluminothermische Reduktion



5. Mangan (Mn)

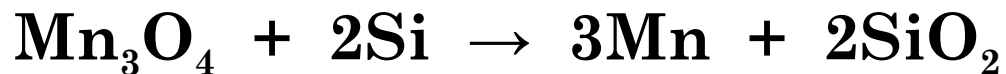


Vorkommen: relativ häufiges Element

- ▶ Mangandioxid (MnO_2)

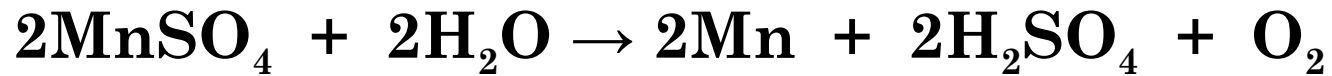
Gewinnung: ▶ Reduktion von MnO_2 mit Si

- ▶ MnO_2 reagiert zu heftig mit Si
- ▶ wird zuerst zu Mangan(II,III) umgewandelt und dann reduziert.



Reinigung:

▶ Elektrochemisch aus MnSO_4



- ▶ 99,6% reines Mangan, ist industriell von geringer bedeutung
- ▶ Ferromangan ist eine wichtige Mn-Legierung für Mn-Stähle (geringere Mn-Reinheit)



6. Eisen (Fe)

Vorkommen: 4 häufigste Stelle der Elementenhäufigkeit

- ▶ Kommt in der Natur außer in Meteoriten nicht Elementar vor!

Eisenerze: Magnetit(Fe_3O_4)

Roteisenerz(Fe_2O_3)

Brauneisenerz($\text{FeO}(\text{OH})$)

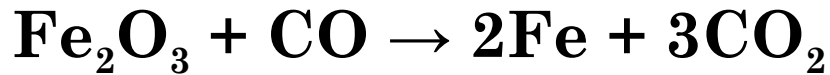
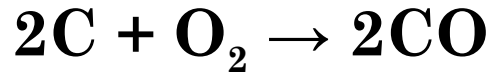
Pyrit(FeS_2)



Gewinnung:

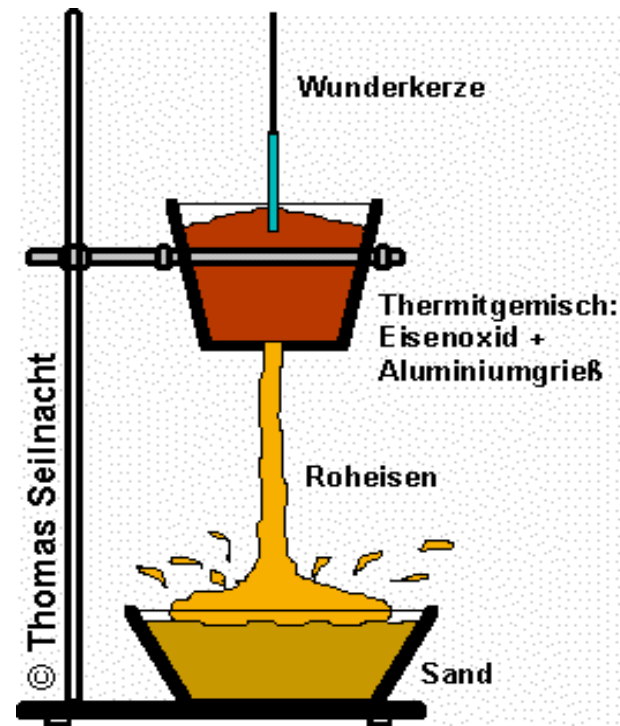
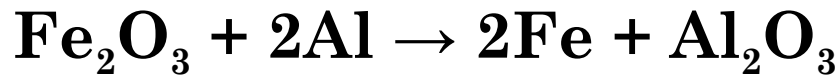
▶ Reduktion von Eisenerzen

▶ Hochofenprozess



▶ (Boudouard-Gleichgewicht)

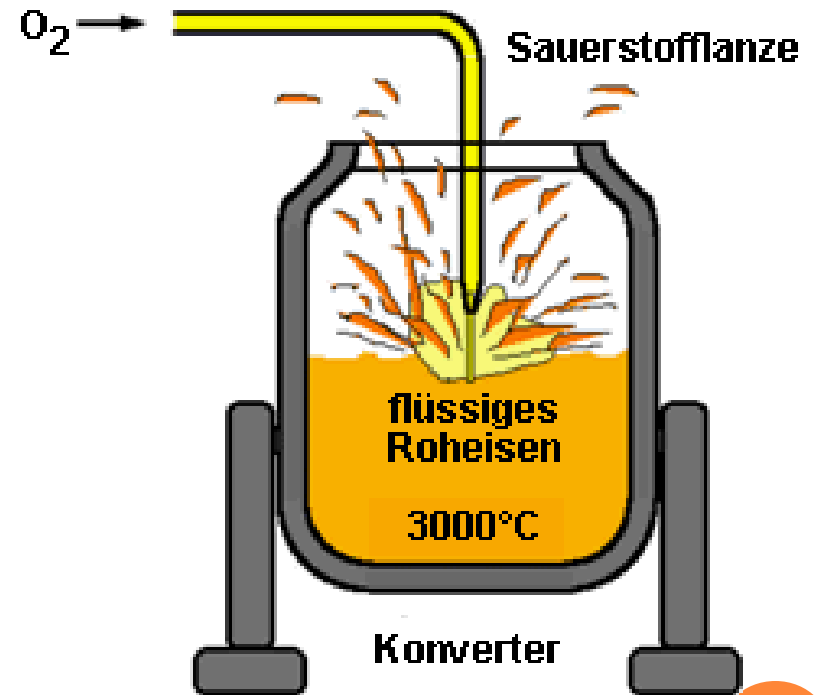
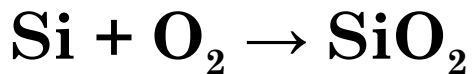
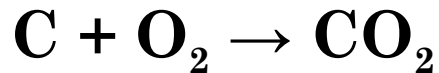
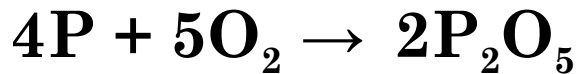
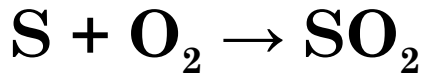
Thermitversuch:



Reinigung:

Sauerstoffblasverfahren

- ▶ 70% Roheisen + 30% Stahlschrott
- ▶ reiner Sauerstoff auf die Schmelze



7. Cobalt (Co)

Vorkommen: relativ häufiges Element

- ▶ Kommt in der Natur außer in Meteoriten nicht Elementar vor!

Cobalterze: Weißnickelkies (CoAs_3)

Cobaltglanz (CoAsS)

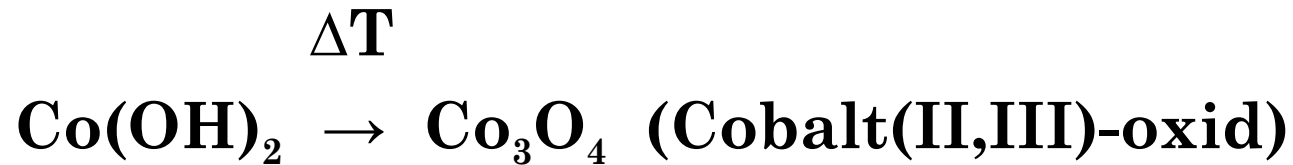


Erythrin, Marokko, Foto und Copyright: Thomas Seilnacht

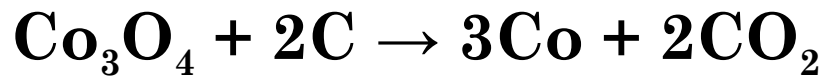
Gewinnung:

- ▶ **Anreichern der Cobalterze durch Flotation**
 - ▶ **Rösten ▶ Abfließen von Fe in der Schlacke**
- ▶ **Verbleibendes Rohstein enthält:**
 - ▶ **(Cu,Ni,Cobalterze als Sulfide bzw. Arsenide)**
 - ▶ **Abrösten mit $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaNO}_3$**
 - ▶ **Entweichen von S,As**
- ▶ **Lösen von restlichen Metalloxiden mit heißer HCl**
 - ▶ **Trennen mit Chlorkalk ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$)**
 - ▶ **Ausfallen von CoO als $\text{Co}(\text{OH})_2$**





► Reduzieren Co_3O_4 mit C oder Al zu Co



Reinigung:

Elektrolyse



© Thomas Seilnacht



8. Nickel (Ni)



Vorkommen: relativ häufiges Element

- ▶ im Magnetkies (Pyrrhotin) als NiS

Gewinnung:

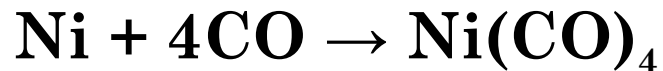
- ▶ Nickelgehalt wird durch Flotation angereichert
- ▶ Beim verrösten bindet man Fe_2O_3 mit der Schlake und lässt es abfließen.
 - ▶ Cu-Ni-Feinstein wird mit Na_2S versetzt
 - ▶ NiS fällt am Boden aus und wird zu NiO oxidiert
 - ▶ NiO wird mit Koks zu Ni reduziert



Reinigung:

▶ Mondprozess

- ▶ Reduzieren von NiO mit CO und H₂ zu Ni
- ▶ Ni wird im Gegenstrom mit CO gebracht und es entsteht Ni(CO)₄



- ▶ bei 180°C zersetzt sich Ni(CO)₄ und lagert sich als reines Nickel(99,9%) an kleinen Ni-Kugeln ab



9. Kupfer (Cu)



Vorkommen: -gediegenes Material

Kupfererze: Buntkupferkies (Cu_5FeS_4)
Chalkopyrit (CuFeS_2)
Chalkosin (Cu_2S), Kupferglanz

Gewinnung:

- ▶ Flotation (verrühren von zermahlenden Erzen mit H_2O)
- ▶ Metallsulfide und Metalloxide stoßen H_2O ab
- ▶ Quarz und Silikate werden leicht Benetzt

- ▶ **Transport von schweren Erzteilchen mit Schaum an die Wasseroberfläche**
 - ▶ **abschürfen**

Rösten

- ▶ **oxidieren zu Kupferoxid**



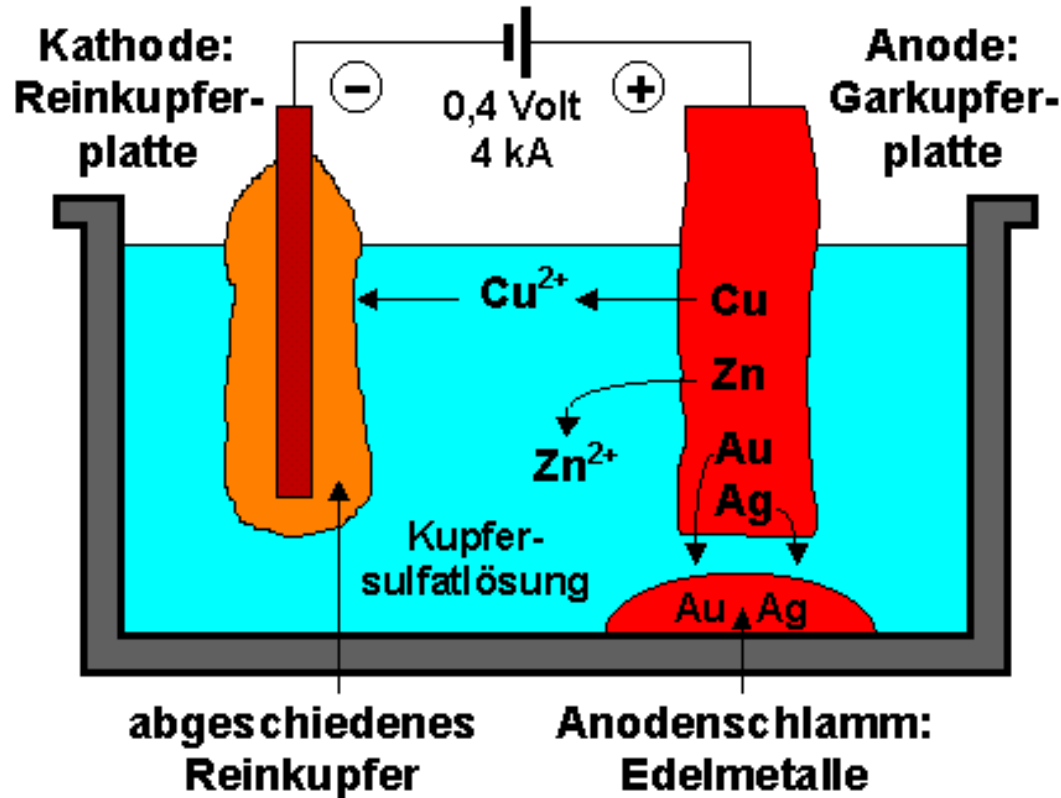
Schlackenblasen: $2\text{Cu}_2\text{S} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Cu}_2\text{O} + 2\text{SO}_2$

- ▶ **Reduzieren von Cu_2O mit Cu_2S (aus dem Erz) zu unreinem Garkupfer (Reinheitsgrad etwa 98,5%)**

Garblasen: $\text{Cu}_2\text{S} + 2\text{Cu}_2\text{O} \rightarrow 6\text{Cu} + \text{SO}_2$



Reinigung: elektrolytische Kupferraffination



Anodische Oxidation: $\text{Cu (unrein)} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$

Kathodische Reduktion: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu (rein)}$



10. Zink (Zn)



Vorkommen: relativ häufiges Element

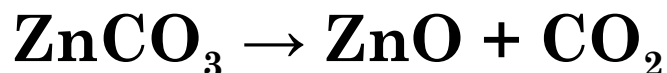
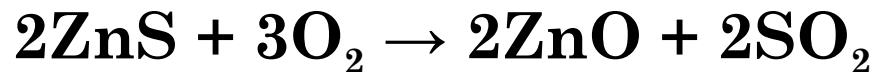
Zinkkerze: Zinkblende (ZnS)

Zinkspat (ZnCO₃)

Gewinnung:

▶ ZnS werden geröstet

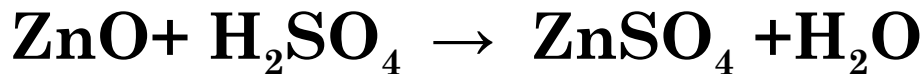
▶ Umwandeln von ZnCO₃ in ZnO



Reinigung: ▶ Nasses Verfahren

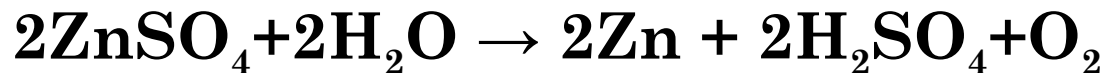


- ▶ Umwandeln von ZnO mit konz. H_2SO_4 zu ZnSO_4



- ▶ Das Zinksalz wird bei 3,5 Volt elektrolysiert, dabei scheidet sich reines Zink(99,9%) an der Kathode ab

- ▶ Energieverbrauch: 3500 kWh/1000kg



QUELLEN:

- C.E.Mortimer. U.Müller: Chemie das Basiswissen der Chemie
- A.F.Holleman,E.Wiberg: Lehrbuch der Anorganischen Chemie
- www.seilnacht.tuttlingen.com
- www.chemie-master.de
- www.mineralienatlas.de

