

Themenkreis Metallgewinnung

5.1 Info: Metallgewinnung

Die wichtigsten (Gebrauchs-) Metalle, die auch in der Schule behandelt werden, sind: Eisen (Stahl), Kupfer, Zink, Aluminium, ggf. Magnesium und Blei. Aluminium und Magnesium lassen sich in einfachen Schulversuchen nicht herstellen. Die meisten Metalle kommen in der Natur bzw. der Erdkruste meist an Sauerstoff gebunden vor: als Oxide, Carbonate und Sulfate oder an Schwefel gebunden als Sulfide. Nur sehr edle Metalle kommen elementar als reines Metall vor z.B. Gold, Silber und auch Kupfer.

Die metallurgische Herstellung der Metalle aus Erzen erfolgt weitgehend aus den Oxiden. Sulfidische Erze werden meist geröstet und dabei in die oxidische Form überführt.

Z.B. $\text{ZnS} + \text{O}_2 \rightarrow \text{ZnO} + \text{SO}_2$. Aus dem SO_2 stellt man Schwefelsäure her.

Reduzieren (reducere lat. = zurückführen) bedeutet ein „Zurückführen“ in den metallischen Zustand oder auch „rückgängig machen der Oxidation“:

Verfahren der Metallgewinnung:

Der Hüttenmann sagt, das Metall wird aus den Erzen erschmolzen. Aus Sicht der Chemie ist diese Aussage unbefriedigend. Den Erzen bzw. den Metalloxiden muss der Sauerstoff „entzogen“ werden. Das ist eine chemische Reaktion. Die Kohle z.B., dem Reduktionsmittel, wird dabei oxidiert. Der Sauerstoff wechselt dabei seinen Partner. Der Kohlenstoff dient also einmal als Reduktionsmittel und zum anderen als Energielieferant für die Aktivierungsenergie und den Schmelzprozess.

Prinzipiell müssen den Metallionen Elektronen zugeführt werden.

1. Bei edlen Metallen wie Silber reicht ein bloßes Erhitzen: $2\text{Ag}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Ag} + \text{O}_2$ (= technisch nicht relevant). Aus Kupfersulfid lässt sich das Metall durch Erhitzen mit (wenig) Sauerstoff gewinnen: $\text{CuS} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Cu} + \text{SO}_2$. Beim Silber stammen die Elektronen von den Sauerstoffionen, beim Kupfer von den Sulfidionen.
2. Sehr unedle Metalle stellt man elektrolytisch her. Die Elektronen liefern bei der Herstellung von z.B. elementarem Magnesium aus Magnesiumchlorid prinzipiell die Chloridionen - aber über den Umweg des negativen Pols einer Gleichstromelektrolyse. Z.B. $\text{Mg}^{2+} + 2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Mg}^0 + \text{Cl}_2$. Dieser Vorgang (Schmelzelektrolyse) benötigt sehr viel Energie. Oft ist eine Elektrolyse aus wässrigen Lösungen möglich z.B. Zink aus einer Zinksulfatlösung: $\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}^0$.
3. In Kenntnis der Redoxreihe (Mg, Al, Zn, C, Fe, H, Pb, Cu, Ag, Au) kann man zur Metallgewinnung die Oxide mit einem links in der Reihe stehenden Metall bzw. Element erhitzen. Die Elektronen stammen dann von dem relativ unedleren Element. Z.B.: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} \rightarrow 2\text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$ (Thermitverfahren) oder $\text{CuO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$.
4. Bei den Verfahren in Hochöfen stammen die Elektronen in der Regel von Substanzen, die in der Natur preiswert und in großen Mengen vorkommen: Kohle oder Erdgas. Z.B.: $2\text{PbO} + \text{C} \rightarrow 2\text{Pb} + \text{CO}_2$ oder $2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{C} \rightarrow 4\text{Fe} + 3\text{CO}_2$.

Eine große Rolle spielen Gleichgewichtsreaktionen. Zinkoxid dürfte sich mit Kohlenstoff eigentlich nicht reduzieren lassen, da Zink weiter links in der Redoxreihe steht. Bei den hohen Temperaturen der Herstellung entweicht das Zn (Sp. 906 °C) gasförmig, so dass das Gleichgewicht nach rechts verschoben wird: $\text{ZnO} + \text{C} \rightarrow \text{Zn}\uparrow + \text{CO}\uparrow$.

Insbesondere spielen beim Hochofenprozess der Eisengewinnung das Boudouard-Gleichgewicht $\text{CO}_2 + \text{C} \rightarrow 2\text{CO}$ eine besondere Rolle. Auch beim Holzkohlefeuer (Grillen) bildet sich (das giftige) CO, erkennbar an den blauen Flämmchen.

Die Zinkgewinnung durch Elektrolyse ist in der beschriebenen Art für den fortgeschrittenen Chemieunterricht gedacht, im Anfangsunterricht sollte man nur die Elektrolyse zeigen - ohne Erklärung der Elektrodenreaktionen und ohne die Laugenreinigung.