

ÜBUNGSAUFGABEN ZUR VORLESUNG  
„CHEMIE FÜR BIOLOGEN UND MOL. MEDIZINER“  
BLATT 8 A

## Redoxgleichungen

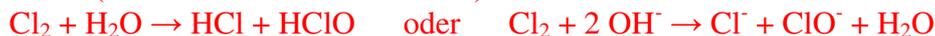
Ermitteln Sie für die nachfolgenden Gleichungen die korrekten stöchiometrischen Faktoren!  
Wie lauten die Nomenklaturbezeichnungen (auch: Trivialnamen) der angegebenen Verbindungen?



Zink reagiert mit Chlorwasserstoff unter Bildung von Zinkionen, Chloridionen und elementarem Wasserstoff. Chlorwasserstoff kann auch als wässrige Lösung formuliert werden (= "Salzsäure")  
 $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$  (Ox.);  $\text{H}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{H}$  (Red.); Chloridionen nehmen an der Redoxreaktion nicht teil.  
 $\text{Zn} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{Cl}^- + \text{H}_2$



Chlor (elementar) disproportioniert in wässriger Lösung (v.a. in basischer Lösung) zu Chlorid und „Hypochlorit“ (Rationaler Name: Chlorat +I)



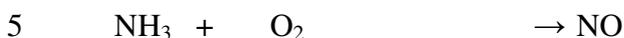
Kupfer-II- Ionen werden von Iodid zu einwertigem Kupfer reduziert, Iodid wird zu elementarem Iod oxidiert.

$\text{Cu}^{2+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}^+$  (Red.);  $2 \text{I}^- \rightarrow \text{I}_2 + 2\text{e}^-$  (Ox.), ein weiteres Iodidion wird benötigt, um das Kupferiodid zu bilden. CuI ist in wässrigem Medium schwer löslich und fällt aus. Erste Teilgleichung verdoppeln.



Eisen-III-Ionen werden von Sulfidionen zu Eisen-II-Ionen reduziert. Sulfid wird zu elementarem Schwefel oxidiert.

$\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ ;  $\text{S}^{2-} \rightarrow \text{S} + 2\text{e}^-$ ; Gesamt:



Grundreaktion der Salpetersäuredarstellung nach Ostwald: Ammoniak ( $\text{N}^{\text{III}}$ ) wird zu Stickstoffmonoxid ( $\text{N}^{\text{II}}$ ) oxidiert. Elementarer Sauerstoff wird zu oxidischem Sauerstoff ( $\text{O}^{\text{II}}$ ) reduziert.



$\text{O}_2 + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{O}^{2-}$  Damit die Elektronenbilanz für die Teilreaktionen ausgeglichen ist, wird die Teilgleichung des „N“ mit 4, die des „O“ mit 5 multipliziert.

$4 \text{N}^{\text{III}} + 5 \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{NO} \text{ (oder } 4 \text{N}^{\text{II}}) + 6 \text{O}^{2-}$  (oder  $10 \text{O}^{2-}$ , da die vier fürs NO in dieser Notation noch nicht verbraucht sind). Die  $4 \cdot 3 = 12$  protonischen Wasserstoffteilchen vom Ammoniak ändern die Oxidationsstufe nicht und bilden 6 Wasser mit den übriggebliebenen  $6 \text{O}^{2-}$ .



Elementares Zink wird von konzentrierter Schwefelsäure oxidiert. In verdünnter Schwefelsäure wären die Wasserstoffionen das Oxidationsmittel. In konz.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ist das Schwefelsäuremolekül

selbst, bzw. der Schwefel der Oxidationsstufe + VI das Oxidationsmittel. Es bildet sich Schwefeldioxid (Schwefel-IV-oxid).



$\text{S}^{+VI} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{S}^{+IV}$ ; oder:  $\text{SO}_4^{2-} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{SO}_2 + \text{restliche } 2\text{O}^{2-}$ ; oder mit Schwefelsäure:



Für  $\text{O}^{2-}$  werden  $2\text{H}^+$  benötigt (Säure-Base-Rkt. unter Bildung von Wasser). Mit Stoffausgleich:



Sämtliche Sauerstoff- und Wasserstoffspezies nehmen an der eigentlichen Redoxreaktion nicht teil, sondern nur an den gekoppelten Säure-Base-Reaktionen.

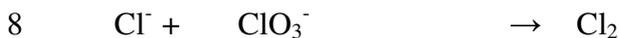


Elementares Zink kann Nitrationen (Nitrat-V-ionen), besonders in bas. Lösung, bis zum Ammoniak reduzieren ( $\text{N}^{+V} + 8\text{e}^- \rightarrow \text{N}^{-III}$ ).



$\text{N}^{+V} + 8\text{e}^- \rightarrow \text{N}^{-III}$ ; zum Ausgleich der Elektronenbilanz: erste Teilgleichung x 4 nehmen.

$4\text{Zn} + \text{N}^{+V} \rightarrow 4\text{Zn}^{2+} + \text{N}^{-III}$ . Ausgleich der Stoffbilanz: zur Bildung von Ammoniak, werden protonische H-Teilchen benötigt, oxidischer Sauerstoff vom Nitration muss entfernt werden:



Chloridionen und Chlorationen (Chlorat-V) komproportionieren zu elementarem Chlor.



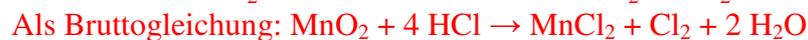
$\text{Cl}^{+V} + 5\text{e}^- \rightarrow \text{Cl}$ ; mit Stoffausgleich:  $\text{ClO}_3^- + 5\text{e}^- + 6\text{H}^+ \rightarrow \text{Cl} + 3\text{H}_2\text{O}$  (Säure-Base-Rkt.  $\text{O}^{2-} + 2\text{H}^+$ ). Erste Gleichung x 5 (Elektronenbilanz).



Mangandioxid (Mangan-IV-oxid, Trivialname „Braunstein“) oxidiert Chloridionen zu elementarem Chlor. Das Mangan-IV wird zu Mangan-II reduziert.



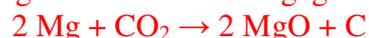
$\text{Mn}^{+IV} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{+II}$ ; für die beiden  $\text{O}^{2-}$  werden  $4\text{H}^+$  zur Bildung von Wasser benötigt.



Magnesiummetall reagiert mit Kohlenstoffdioxid zu Magnesiumoxid und Kohlenstoff. Magnesium wird oxidiert, der Kohlenstoff wird reduziert. Der Sauerstoff (oxidisch,  $\text{O}^{2-}$ ) ändert seine Oxidationsstufe nicht.



$\text{C}^{+IV} + 4\text{e}^- \rightarrow \text{C}$ ; obere Teilgleichung x 2 nehmen  $\rightarrow$  ausgeglichene Elektronenbilanz.



Zinn-II-ionen werden von Arsenationen (Arsenat-V, analog dem Phosphat-V) zu Zinn-IV-ionen oxidiert, Das Arsen-V wird dabei zu elementarem Arsen reduziert, das aus wässrigen Lösungen als dunkles Pulver ausfällt. Die Reaktion ist eine Nachweisreaktion für Arsenverbindungen („Bettendorfsche Arsenprobe“).





Eisen-II-ionen reduzieren Chromationen zu Chrom-III-ionen. Dabei fällt Eisen-III-hydroxid aus. (Lösung muss basisch sein!)



Elementares Eisen wird von konzentrierter Salpetersäure zu Eisen-III-ionen oxidiert. Die Salpetersäure wird zu Stickstoffmonoxid (Stickstoff-II-oxid) reduziert. In verdünnter Salpetersäure würde sich eher aus den durch Protolyse entstehenden Wasserstoffionen elementarer Wasserstoff bilden. In der konzentrierten Salpetersäure ist das HNO<sub>3</sub>-Molekül bzw. der Stickstoff der Oxidationsstufe +V das Oxidationsmittel. (Vgl. Reaktion 6!).



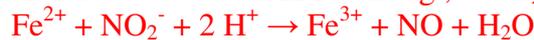
Oder als Bruttogleichung:  $\text{Fe} + 4 \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO} + 2 \text{H}_2\text{O}$



Eisen-II-ionen werden von Nitrat-V-ionen (Trivialname „Nitrit“) zu Eisen-III-ionen oxidiert. Aus dem Nitrit bildet sich durch Reduktion Stickstoffmonoxid (Stickstoff-II-oxid)



$\text{N}^{+III} + \text{e}^- \rightarrow \text{N}^{+II}$ ; Stoffausgleich: für 1 O<sup>2-</sup> werden 2H<sup>+</sup> benötigt,  $\rightarrow \text{H}_2\text{O}$ .



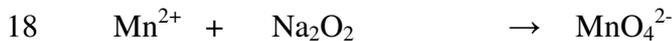
Chrom-III-ionen werden von Wasserstoffperoxid zu Chromationen oxidiert. Der peroxidische Sauerstoff (Ox. Stufe –I) wird zu oxidischem Sauerstoff (Ox. Stufe –II) reduziert.



Iodationen (Iodat-V) und Iodidionen komproportionieren zu elementarem Iod.



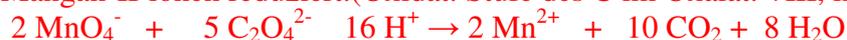
Blei-II,IV-oxid (Trivial „Mennige“) oxidiert Bromidionen zu elementarem Brom. Blei wird zu Pb-II-ionen reduziert. Mennige kann formuliert werden als 2Pb<sup>II</sup>O·Pb<sup>IV</sup>O<sub>2</sub>. Das Oxidationsmittel ist Pb<sup>IV</sup>;



Mangan-II-ionen werden von Natriumperoxid zu Manganat-VI (hier: *nicht* Permanganat = Manganat-VII !!) oxidiert. Der peroxidische Sauerstoff (Ox. Stufe –I) wird zu oxidischem Sauerstoff (Ox. Stufe –II) reduziert. (Vgl. Reaktion 15!).



Permanganationen (Manganat-VII) oxidieren Oxalationen zu Kohlendioxid. Das siebenwertige Mangan wird zu Mangan-II-ionen reduziert. (Oxidat. Stufe des C im Oxalat: +III, im CO<sub>2</sub>: +IV)





Mangan -II- Ionen und Permanganationen komproportionieren zu Mangan-IV (Trivialname: Braunstein)



Chromationen oxidieren Methanol zu Formaldehyd.



Im Gemisch aus Salpetersäure und Salzsäure (= „Königswasser“) bilden sich Stickstoff-III-oxidchlorid (Trivialname „Nitrosylchlorid“) und elementares Chlor. Mit dem Gemisch kann man elementares Gold auflösen.



Toluol (Methylbenzol) wird von Chromationen zu Benzoesäure oxidiert. Chromat ( $\text{Cr}^{+\text{VI}}$ ) wird zu Cr +III reduziert. Das Kohlenstoffatom der Methylgruppe ändert seine Oxidationsstufe von -III nach +III in der Carboxylgruppe.



$\text{Cr}^{+\text{VI}} + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{Cr}^{+\text{III}}$ ; für den Ausgleich der Elektronenbilanz muss die Teilgleichung für die Reduktion des Chromats x3 genommen werden. Dabei werden 2 x 4  $\text{O}^{2-}$  - Teilchen ausgetauscht (S-B-Rkt.!), davon gehen 2 in die gebildete Benzoesäure, 6  $\text{O}^{2-}$  müssen durch 12  $\text{H}^+$  gebunden werden. Von diesen 12  $\text{H}^+$  stammen aber 2 vom Toluol, so dass man zum Ausgleich der Stoffbilanz nur 10  $\text{H}^+$  in die Gleichung einfügen muss:

