

## Chemisches Gleichgewicht

### Vorbetrachtung:

Chemische Reaktionen, die sowohl in die eine, als auch in die andere Richtung ablaufen, werden als Gleichgewichtsreaktionen bezeichnet. Befindet sich ein chemisches System im Gleichgewichtszustand, laufen Hin- und Rückreaktion in demselben Maße ab. Wird von außen ein Zwang auf dieses Gleichgewicht ausgeübt, so weicht es diesem Zwang aus (Prinzip von Le Chatelier). Äußere Zwänge können sein eine Konzentrationsänderung der Produkte oder Edukte, Temperaturänderung oder eine Änderung des Gesamtdrucks.

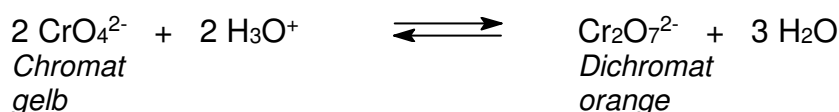
### Testatfragen:

1. Was ist ein chemisches Gleichgewicht?
2. Welche Bedeutung hat das Massenwirkungsgesetz? Wie lässt sich die Gleichgewichtskonstante berechnen und welche Aussagen lassen sich durch sie treffen?
3. Was ist das Prinzip von Le Chatelier? Welche Zwänge können auf ein chemisches Gleichgewicht ausgeübt werden?
4. Was für Reaktionstypen liegen jeweils vor? Erläutern Sie die Begriffe Ligandensubstitution und Maskierung!

### Durchführung:

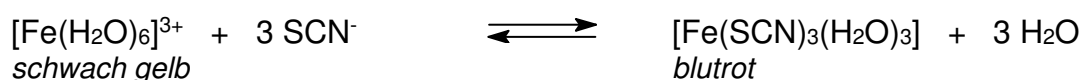
#### 1. Chromat-Dichromat-Gleichgewicht

In einem Reagenzglas wird 1 mL einer ausstehenden gelben Kaliumchromatlösung ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) tropfenweise mit verdünnter Schwefelsäure ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) bis zum Farbumschlag nach orange versetzt. Durch anschließende Zugabe von verdünnter Natronlauge ( $\text{NaOH}$ ) wird die Lösung wieder gelb. Durch welchen Zwang wird das Gleichgewicht beeinflusst?

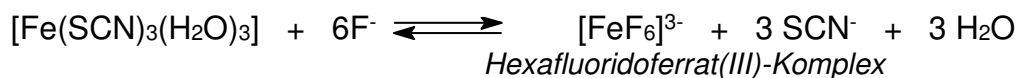


#### 2. Ligandenaustausch bei Eisen(III)-Komplexen

Eisen(III)-Ionen bilden in wässriger Lösung einen farblosen Hexaaquaeisen(III)-Komplex. Drei der Wasser-Liganden werden schnell durch Thiocyanat-Liganden substituiert und es kommt zur Bildung von  $[\text{Fe}(\text{SCN})_3(\text{H}_2\text{O})_3]$  (Triaquatritiocyanatoeisen(III)). Bei der Reaktion ist eine intensive Farbveränderung zu beobachten.

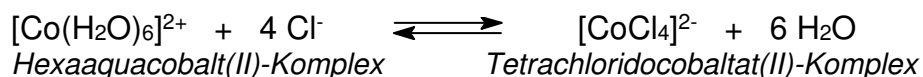


- a) In einem Reagenzglas wird eine wässrige Lösung von Eisen(III)-chlorid mit ein paar Tropfen Ammoniumthiocyanatlösung versetzt. Welche Veränderung tritt auf und wie kann diese anhand einer Reaktionsgleichung beschrieben werden?
- b) Die Lösung von a) wird soweit mit Wasser verdünnt, bis die rote Farbe gerade verschwindet. Welcher Zwang wird auf das Gleichgewicht ausgeübt? In welche Richtung läuft die Reaktion damit ab?
- c) Die gelbe Lösung von b) wird auf zwei Reagenzgläser aufgeteilt. In das Erste werden einige Tropfen Eisen(III)-chlorid-Lösung gegeben, in das Zweite einige Tropfen Ammoniumthiocyanat-Lösung. Welche Veränderung tritt jeweils auf? Welcher Zwang wird auf das Gleichgewicht jeweils ausgeübt und wie weicht das System diesem Zwang aus?
- d) In ein Reagenzglas mit einer intensiv rot gefärbte Lösung von  $[\text{Fe}(\text{SCN})_3(\text{H}_2\text{O})_3]$  (aus a) wird eine Spatelspitze festes Natriumfluorid gegeben, bis es zu einer deutlichen Veränderung kommt. Welche Farbänderung tritt auf? Wie wird dieser Effekt genannt?



### 3. Temperaturabhängige Bildung von Cobalt(II)-Komplexen

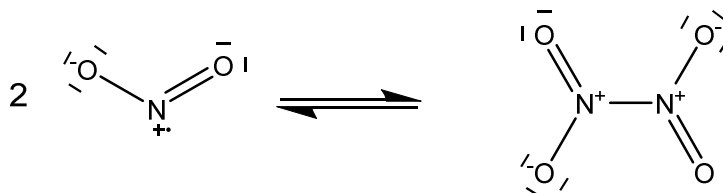
Cobalt(II)-Ionen bilden genau wie Eisen(III)-Ionen Hexaaquakomplexe. Die sechs Wasser-Liganden können dabei leicht gegen 4 Chlorid-Liganden ausgetauscht werden. Diese Reaktion ist jedoch stark Temperaturabhängig.



Ein Reagenzglas mit einer wässrigen Cobalt(II)-nitrat Lösung wird im Wasserbad stark erwärmt und in der Hitze mit so viel konz. Salzsäure versetzt, bis eine intensive Farbveränderung auftritt. Danach wird die Lösung im Eisbad abgekühlt und erneut erwärmt. Welche Veränderung tritt auf? Welcher Zwang wird auf das Gleichgewicht ausgeübt und wie weicht das System dem Zwang aus? Welche Richtung der Reaktion ist exotherm und welche ist endotherm?

#### 4. Druckabhängigkeit von Stickoxiden (nur theoretisch!)

Stickstoffdioxid  $\text{NO}_2$  ist ein Radikal und neigt zur Bildung des dimeren Distickstofftetraoxids  $\text{N}_2\text{O}_4$ .



Das Gleichgewicht lässt sich gut durch die unterschiedlichen Farben betrachten.  $\text{NO}_2$  ist rotbraun, während  $\text{N}_2\text{O}_4$  farblos ist. Da beide Stoffe bei Raumtemperatur gasförmig sind, lässt sich das Gleichgewicht durch eine Änderung des Gesamtdruckes beeinflussen. Welche Form liegt bei hohem Druck, welche bei niedrigem Druck vor? Welche Farbe ist jeweils zu beobachten?

**Führen Sie diesen Versuch zu zweit durch und fertigen Sie gemeinsam ein Protokoll dazu an!**