Idee dahinter: Experimente zum „Thiocyanat-Gleichgewicht“

Der Einfluss von Konzentrationsänderungen auf das chemische Gleichgewicht

Grundlegende Hinweise

Der Einfluss der Konzentrationsänderung auf die Einstellung eines chemischen Gleichgewichts lässt sich experimentell gut mit Hilfe des Eisenthiocyanat-Gleichgewichts betrachten. Bei diesem Versuch wird durch das Zusammengeben von farbloser Kaliumthiocyanat- und gelber Eisen(III)chlorid-Lösung (Abb. 1a) zunächst eine rote Lösung hergestellt, die Eisenthiocyanat-Ionen enthält.

Enge wie offene oder auch kontextuale Versuchsbeschreibungen dazu finden sich sowohl in Schulbüchern als auch zahlreichen fachdidaktischen Veröffentlichungen [z. B. 1-3]. Da es in dieser Stunde nur um eine pointierte Abrundung der Sequenz geht, verzichten wir an dieser Stelle auf eine kontextuale Einbettung.

Durch Zugabe jeweils nur eines Eduktes kommt es zu einer Farbvertiefung der roten Lösung. Im sich daraufhin wieder einstellenden Gleichgewicht liegt dann auch das Produkt in höherer Konzentration vor. Wird Natronlauge hinzugegeben, kommt es zur Bildung von Eisen(III)-hydroxid. In diesem Fall hat die Verringerung der Konzentration der Eisen-Ionen auch eine Verringerung der Konzentration der

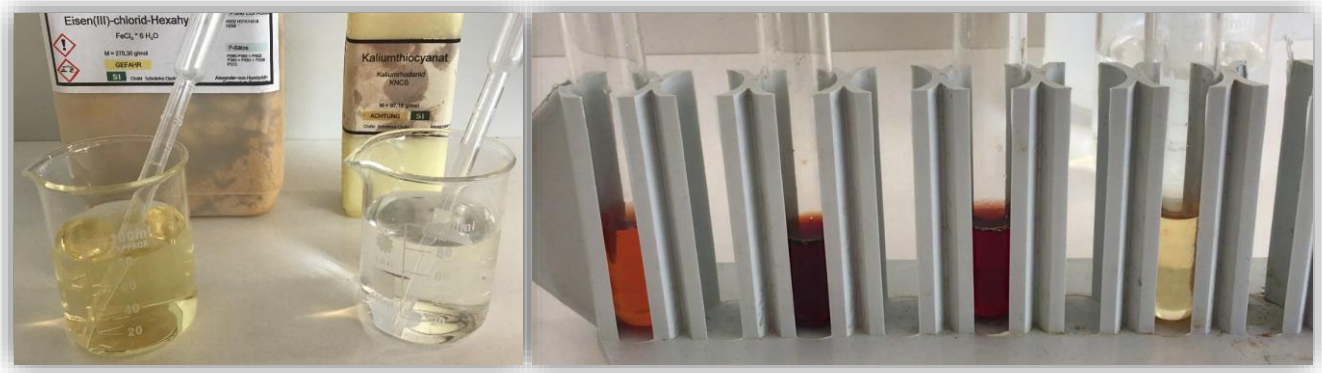


Abb. 1: Eisenthiocyanat-Gleichgewichte, Gregor von Borstel 2021 CC-SA-BY 4.0

Eisenthiocyanat-Ionen im Gleichgewicht zur Folge. Dies manifestiert sich im Verschwinden der roten Farbe (Abb. 1b).

Didaktisch vereinfachend könnte man in der Einführungsphase sowohl die eigentlich korrekte Beschreibung der Komplexe mit zusätzlichen Wassermolekülen als Liganden als auch deren schrittweise Ersetzung durch Thiocyanat-Ionen unter Bildung für uns orangefarbener oder gelber Eisenkomplexe außer Acht lassen. Die für die Einführungsphase anspruchsvolle Darstellung ermöglicht aber die Erklärung der von Schmidkunz beschriebenen, interessanten schrittweise Zugabe von Wasser zur tiefrotgefärbten Lösung [2] und eine Erläuterung der Veränderungen bei Erhöhung der Produktkonzentration.
Die Betrachtung der Störung von Gleichgewichten erfolgt dieses Mal ausgehend von der Analogie hypothesengeleitet. Ggf. arbeitsteilig legt die Bearbeitung der Bildergeschichte in **M1a und M1b** nahe, dass nach einer Störung die Wiedereinstellung des Gleichgewichts mit dann höheren Konzentrationen erfolgt.

Die Auseinandersetzung mit den in der Analogie nicht dargestellten Aspekten ermöglicht nach der Diskussion der experimentell ermittelten Beobachtungen abschließend ein vernetztes Verständnis. So bildet die Bälleschlacht beispielweise nicht die Reaktion zwischen diversen Teilchen ab. Sie zeigt daher für Störungen von Gleichgewichten des Typs $A + B \rightleftharpoons C + D$ u. a. nicht, dass sich bei Zugabe von A das Gleichgewicht derart wieder einstellt, dass durch $A + B \rightleftarrows C + D$ die Konzentration von B sinkt, während die Konzentrationen aller anderen beteiligten Stoffe nachfolgend größer sein werden als zuvor im Gleichgewicht.

Gregor von Borstel und Andreas Böhm 2021 nach Gregor von Borstel und David Weninger im Team LNCU für Sinus/QUA-LiS NRW, 2019. Alle Materialien und Abbildungen, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC-BY-SA 4.0.

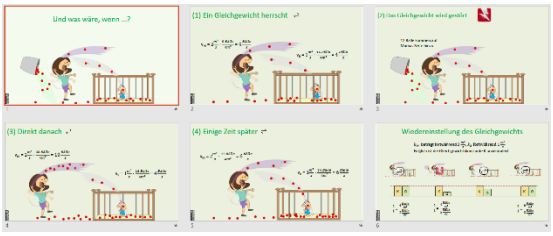
Idee dahinter: Experimente zum „Thiocyanat-Gleichgewicht“

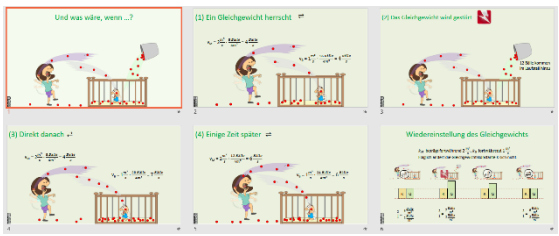
Der Einfluss von Konzentrationsänderungen auf das chemische Gleichgewicht

Möglicher Ablauf

1. Problemstellung entdecken und Transparenz herstellen

Basierend auf ihren Vorerfahrungen und der Analogie der Bälleschlacht, in der nun ein bestehendes Gleichgewicht durch Zugabe von Bällen gestört wird, können die Lernenden die Hypothese aufstellen, dass es folglich zu einer Neuverteilung von Edukten und Produkten kommen kann **[M1a und M1b mit A1 und A2, 2 Foliensätze zur Besprechung]**.



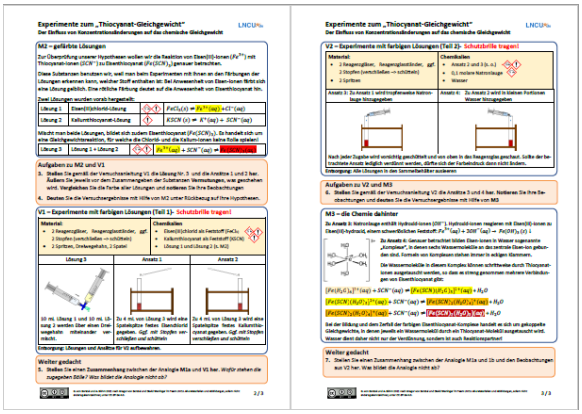


Das zugehörige Experiment wird vom Lehrenden kurz erläutert unter Hinweis darauf, dass

- der Einfluss einer Konzentrationsänderungen auf die Lage des Gleichgewichtes anhand der Farbigkeit betrachtet werden soll und
- die Lehrperson dazu ein gut zu beobachtendes Experiment mit geringem Gefährdungspotential ausgewählt hat.

Gegen eine kontextuale Einbettung (z. B. in Richtung der Bildung farbintensiveren „Kunstblutes“) spricht nichts – sie ist aber auch nicht mit Blick auf den Lernertrag erforderlich.

2. Lernmaterial bearbeiten / Lernprodukt erstellen



Die Versuche **V1 mit M2** sind von ihrem Anforderungspotential so gestaltet, dass sie von allen Schülerinnen und Schülern arbeitsgleich durchgeführt werden können.

Die Auswertung der Ansätze 1 und 2 gelingt in der Regel vielen Schülerinnen und Schülern basierend auf ihrem Vorwissen zur Druckveränderung. Die Erklärungen der Versuche **V2** mit den Ansätzen 3 und 4 sind hingegen komplexer. Sie können unter Zuhilfenahme von **M3** häufig nur von leistungsstärkeren Schülerinnen und Schülern erklärt werden und sind damit Teil der Binnendifferenzierung.

3. Lernprodukt präsentieren, diskutieren/verhandeln und sichern

Bei der Vorstellung und Verhandlung der Ergebnisse gilt es eine Verknüpfung zwischen Kontinuum (beobachtete Farbveränderung) und formal abstrakter Ebene (Reaktionsgleichungen) herzustellen.

Dabei sollen auch die anfänglich aufgestellten Hypothesen überprüft werden. Wie eingangs beschrieben sollte dabei auch gemeinsam reflektiert werden, welche Versuchsschritte und

Gregor von Borstel und Andreas Böhm 2021 nach Gregor von Borstel und David Weninger im Team LNCU für Sinus/QUA-LiS NRW, 2019. Alle Materialien und Abbildungen, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC-BY-SA 4.0.

Auswertungen die Analogie nicht abbildet (*Erniedrigung der Konzentration eines Edukts, Erhöhung der Konzentration der Wasserteilchen*, *hier zeigen die Bälle eher die Eisenthiocyanat-Ionen*).

Über weitere Betrachtungen anderer Gleichgewichte in Form von Materialien können die bisher gewonnenen Erkenntnisse vertieft und zum Prinzip von Le Chatelier verallgemeinert werden.
Die Diskussion über den Einfluss von Katalysatoren auf die Einstellungsgeschwindigkeit und Übungen z. B. durch die Betrachtung von Gleichgewichtsbeeinflussungen in einfachen technischen Prozessen runden die Sequenz ab.

Literatur zum Weiterlesen

[1] K. Ruppersberg, 2016, Das Eisenthiocyanat-Gleichgewicht – einmal anders!, NiU Chemie 166, 49-50.

[2] H. Schmidkunz, 2008. Orange, gelb oder rot. Eindrucksvolle Experimente mit Eisenthiocyanat. NiU Chemie 104, 46-48.

[3] R. Heyser und M. Weiß, 2014. Tatort Chemieraum – Schüler als Filmrequisiteure. PdN CHEMIE in der Schule 6/63, 14-16.

Gregor von Borstel und Andreas Böhm 2021 nach Gregor von Borstel und David Weninger im Team LNCU für Sinus/QUA-LiS NRW, 2019. Alle Materialien und Abbildungen, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC-BY-SA 4.0.