

Beeinflussung des chemischen Gleichgewichts

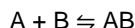
Versuchsziele

- Das Massenwirkungsgesetz praktisch anwenden.
- Die Gleichgewichtskonstante K kennenlernen.
- Den Einfluss des Gleichgewichts auf die Konzentrationen der Reaktionspartner verstehen.
- Lernen, wie das chemische Gleichgewicht für Reaktionen genutzt werden kann.

Grundlagen

Das Massenwirkungsgesetz beschreibt, wie sich die Konzentrationen der Reaktionspartner im chemischen Gleichgewicht verhalten.

Reagieren zwei Ausgangsstoffe A und B miteinander, so wird ein neuer Stoff AB gebildet. Durch Zerfall des Produktes kann es aber auch wieder zur Bildung der Ausgangsstoffe A und B kommen. Diese beiden Reaktionen stehen miteinander in einem Gleichgewicht. Dies wird durch einen Doppelpfeil in der Reaktionsgleichung verdeutlicht.



Chemische Gleichgewichte sind immer dynamische Gleichgewichte. Die Hinreaktion $A + B \rightarrow AB$ läuft genauso schnell ab, wie die Rückreaktion $AB \rightarrow A + B$. Beide Reaktionen finden aber weiterhin statt und in der Reaktionslösung sind Edukte und Produkte vorhanden.

Das zugehörige Massenwirkungsgesetz zu dieser Reaktion lautet dann folgendermaßen und wird durch die Gleichgewichtskonstante K beschrieben. Dabei gilt $[A]$ ist die Konzentration in mol/l von Stoff A:

$$K = \frac{[AB]}{[A] \cdot [B]}$$

Je nachdem, wie groß die Gleichgewichtskonstante K ist, kann eine Aussage über die vorgezogene Richtung der Reaktion gemacht werden. Wenn $K = 1$ ist, dann sind die Hin- und Rückreaktion gleichberechtigt. Ist $K > 1$, dann liegt das Gleichgewicht weitestgehend auf der Seite der Produkte. Ist K hingegen kleiner als 1, dann liegt das Gleichgewicht mehr auf Seite der Edukte.

K nimmt für jede Reaktion einen spezifischen Wert ein und ist unter den gegebenen Bedingungen eine Konstante. Ändern sich die Bedingungen, z.B. durch Temperaturänderung, so ändert sich auch K . Durch Erwärmen wird das Gleichgewicht in Richtung des endothermen Reaktionsverlaufes verschoben und durch Abkühlen genau umgekehrt.

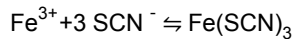
Die Gleichgewichtskonstante K ändert sich nicht, wenn sich die Konzentration eines beteiligten ändert. Bei einer Konzentrationsänderung wird verstärkt die Reaktion ablaufen, die zur Wiederherstellung des Gleichgewichtes führt und somit zum Wert von K . Erhöht man beispielsweise die Konzentration eines



Abb. 1: Versuchsaufbau.




Ausgangsstoffes oder entfernt eines der Produkte, so wird verstärkt die Reaktion Richtung Produkte ablaufen, um das Gleichgewicht zu erreichen.

In diesem Versuch soll anhand von Eisenthiocyanat und seiner Dissoziation und Neubildung das Massenwirkungsgesetz angewandt werden. Der Einfluss der Gleichgewichtskonstante K auf Konzentrationsänderungen wird untersucht. Die Reaktionsgleichung dazu lautet folgendermaßen:



Gefährdungsbeurteilung

Beide Substanzen sind gesundheitsschädlich. Es sollte auf ausreichend Schutzausrüstung geachtet werden.

Eisen(III)-chlorid-6-hydrat	
  Signalwort: Gefahr	Gefahrenhinweise H302 Gesundheitsschädlich bei Verschlucken. H315 Verursacht Hautreizungen. H318 Verursacht schwere Augenschäden. Sicherheitshinweise P280 Schutzhandschuhe / Augenschutz / Gesichtsschutz tragen. P302+P352 BEI KONTAKT MIT DER HAUT: Mit viel Wasser und Seife waschen. P305+P351+P338 BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen. P313 Ärztlichen Rat einholen / ärztliche Hilfe hinzuziehen.
Kaliumthiocyanat	
 Signalwort: Achtung	Gefahrenhinweise H302 Gesundheitsschädlich bei Verschlucken. H312 Gesundheitsschädlich bei Hautkontakt. H332 Gesundheitsschädlich bei Einatmen. H412 Schädlich für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung. EUH 032 Entwickelt bei Berührung mit Säure sehr giftige Gase. Sicherheitshinweise P273 Freisetzung in die Umwelt vermeiden. P302+P352 BEI KONTAKT MIT DER HAUT: Mit viel Wasser und Seife waschen.

Geräte und Chemikalien

2	Stehkolben DURAN, 250 ml, wH	664 268
2	Erlenmeyerkolben DURAN, 100 ml, wH	664 249
1	Becherglas Boro, 400 ml, nF	664 131
5	Magnetührstäbchen, 15 mm x 5 mm Ø	666 850
1	Magnetührer Mini	607 105
1	Doppelspatel Edelstahl, 150 mm	666 962
1	Pipettierball (Peleusball)	666 003
1	Messpipette 5 ml	665 996
1	Messpipette 25 ml	665 998
1	Messzylinder 100 ml	665 754
1	Spritzflasche PE, 500 ml	661 243
1	Waage	667 7977
1	Eisen(III)-chlorid-6-hydrat, 50 g	671 8700
1	Kaliumthiocyanat, 100g	672 7400

Versuchsaufbau und -vorbereitung

Ansetzen der Lösungen

1. Zuerst je 2 g Eisen(III)-chlorid-6-hydrat und Kaliumthiocyanat in jeweils einen Erlenmeyerkolben (100 ml) einwiegen.
2. Zu den Einwaagen je 100 ml Wasser hinzugeben und einen Magnetührstab hinzugeben.
3. Beide Erlenmeyerkolben nacheinander auf den Magnetührer stellen, um die Substanzen vollständig aufzulösen.

Durchführung

Herstellen von Eisenthiocyanat-Lösung

1. Das Becherglas (400 ml) auf dem Magnetührer platzieren und einen Magnetührstab hineingeben.
2. 25 ml der Kaliumthiocyanat-Lösung mit einer 25 ml Messpipette mit Hilfe eines Pipettierballs in den neuen Erlenmeyerkolben pipettieren.
3. Den Magnetührer starten.
4. 5 ml der Eisen(III)-chlorid-6-hydrat-Lösung ebenfalls mit einer zweiten Pipette 5 ml zu der Kaliumthiocyanat-Lösung pipettieren. Den Farbwechsel beobachten.

Störung des Gleichgewichts durch Verdünnen

5. Im nächsten Schritt so viel Wasser hinzugeben, bis die Farbe der Lösung von rot nach gelb-orange umschlägt.

Störung des Gleichgewichts durch Zugabe eines Reaktionspartners

6. In zwei Stehkolben je ca. 50 ml der gelb-orangen Lösung und eine Magnetührstab geben.
7. Die gefüllten Stehkolben nacheinander auf dem Magnetührer positionieren. In einen eine Spatelspitze Eisen(III)-chlorid-6-hydrat geben und den Farbumschlag beobachten. In den anderen eine Spatelspitze Kaliumthiocyanat hinzugeben und ebenfalls den Farbumschlag beobachten.

Beobachtung

Einstellen des Eisenthiocyanat-Gleichgewichts

In dem Moment, in dem Kaliumthiocyanat und Eisen(III)-chlorid-6-hydrat-Lösung zusammen gegeben werden, färbt sich die Mischung blutrot.

Störung des Gleichgewichts durch Verdünnen

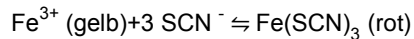
Wird sie wieder mit genügend Wasser verdünnt, wird sie zunächst immer heller, bis sie eine gelb-orangene Farbe annimmt. Dies kommt durch die Dissoziation des Eisenthiocyanats zustande.

Störung des Gleichgewichts durch Zugabe eines Reaktionspartners

Teilt man die gelb-orangene Lösung erneut auf zwei neue Erlenmeyerkolben auf und gibt zu einem erneut Eisen(III)-chlorid-6-hydrat und zu dem anderen Kaliumthiocyanat, so färben sich beide Lösungen wieder blutrot.

Ergebnis**Einstellen des Eisenthiocyanat-Gleichgewichts**

Durch die Mischung von Eisen(III)-chlorid-6-hydrat-Lösung und Kaliumthiocyanat-Lösung kommt es zur Bildung von Eisenthiocyanat. Durch schwache Dissoziation dieses Stoffes kommt es zur blutroten Färbung der Lösung.

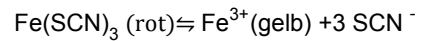


Das Massenwirkungsgesetz für die Reaktion lautet wie folgt:

$$K = \frac{[\text{Fe}(\text{SCN})_3]}{[\text{Fe}^{3+}] \cdot [\text{SCN}^-]^3}$$

Störung des Gleichgewichts durch Verdünnen

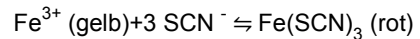
Verdünnt man die Lösung nun, so nimmt die Konzentration des Eisenthiocyanats ab und die Dissoziation damit zu. Die Rückreaktion findet statt.



Da aufgrund des Massenwirkungsgesetzes der Wert für K jedoch gleich bleiben muss, zerfällt das gebildete Eisenthiocyanat nahezu vollkommen. Nach Eintritt des neuen Gleichgewichtszustandes bildet sich $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Dadurch kommt die Gelbfärbung der Lösung zustande kommt.

Störung des Gleichgewichts durch Zugabe eines Reaktionspartners

Wenn im nächsten Schritt wiederum Eisen(III)-chlorid-6-hydrat oder Kaliumthiocyanat hinzugefügt werden, muss sich das Gleichgewicht wieder verschieben. Da die Konzentration eines der beiden Edukte steigt, findet erneut die Hinreaktion statt, bis sich das Gleichgewicht wieder eingestellt hat.



Hierdurch wird die Lösung wieder blutrot gefärbt.

Reinigung und Entsorgung

Alle Lösungen im Abfall für anorganische Salzlösungen mit Schwermetallen entsorgen.