

Trennung von Anionen und Kationen

Zeitbedarf: 60-80 min

Versuchsziele

- Beobachten, dass Ionen in einem elektrischen Feld wandern.
- Die Trennung von Kationen und Anionen in Lösung beobachten.
- Erkennen, dass die Ionen zur entgegen gepolten Elektrodenseite wandern.

Grundlagen

Ionen wandern im elektrischen Feld. Im Falle farbiger Ionen kann man sich deren Wanderung direkt beobachten. Die Wanderungsrichtung und (größenordnungsmäßig) -geschwindigkeit kann damit leicht bestimmt werden. So wandern Permanganat-Anionen zur positiv geladenen Elektrode und färbt die Elektrolytlösung rot/violett. Kupfertetrammin-Kationen hingegen wandern zur negativ geladenen Elektrode und färbt die Elektrolytlösung blau.

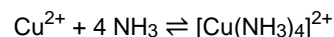
Die Wanderungsgeschwindigkeit hängt von zwei konkurrierenden Kräften ab. Zum einen ist das die Kraft, die das elektrische Feld auf die Ionen ausübt und sie beschleunigt. Zum anderen die Reibung aufgrund der Wechselwirkung der Ionen mit einem bestimmten Radius und der Lösungsmittel mit einer bestimmten Viskosität, die die Teilchen bremst. Diese Kraft ist als *Stokes-Reibung* in die Literatur eingegangen.

Mit zunehmenden Ionenradius nimmt die Wanderungsgeschwindigkeit in den klassischen Fällen ab.

Bei beiden Spezies handelt es sich um sogenannte Komplexe. Komplexe sind meist anorganische Verbindungen, die im Zentrum ein Metallatom besitzen. Um dieses Metallatom lagern sich Molekülionen, sogenannte Liganden, an. Solche Komplexe sind auch noch in Lösung und oft auch in der Gasphase stabil und behalten ihre Struktur bei.

Bei der Herstellung der Kupfertetrammin-Lösung wird ein Ligandenaustausch vorgenommen. Zunächst liegt der Kupfersulfat-Aquakomplex vor. Sulfat- und Wassermoleküle sind an Kupfer nicht sehr stark gebunden.

Die Reaktion sieht wie folgt aus.



In diesem Versuch sollen mit Hilfe eines angelegten elektrischen Feldes, Anionen und Kationen getrennt werden. Dabei soll durch das Verfärben der Elektrolytlösung eine qualitative Aussage getroffen werden.

Gefährdungsbeurteilung

ACHTUNG! Kaliumpermanganat ist brandfördernd, Wasserstoffperoxid ist stark oxidierend. Ammoniak-Lösung ist ätzend und riecht beißend. Hautkontakt mit Kupfersulfat vermeiden. Schutzbrille, Schutzkittel und Schutzhandschuhe verwenden! Nicht in Versuchsnähe essen oder trinken. Feuerquellen vermeiden.



Abb.1: Versuchsaufbau und Materialien.

Wasserstoffperoxid, 30%ig



Signalwort:
Gefahr

Gefahrenhinweise

H302 Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.









H318 Verursacht schwere Augenschäden

Sicherheitshinweise

P280 Schutzhandschuhe/ Schutzkleidung/ Augenschutz/ Gesichtsschutz tragen.

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.

Kaliumpermanganat	
   Signalwort: Gefahr	<p>Gefahrenhinweise H272 Kann Brand verstärken; Oxidationsmittel. H302 Gesundheitsschädlich bei Verschlucken. H410 Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.</p> <p>Sicherheitshinweise P210 Vor Hitze schützen. P273 Freisetzung in die Umwelt vermeiden.</p>
Kupfersulfat	
  Signalwort: Achtung	<p>Gefahrenhinweise H302 Gesundheitsschädlich bei Verschlucken. H319 Verursacht schwere Augenreizung. H315 Verursacht Hautreizungen. H410 Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.</p> <p>Sicherheitshinweise P273 Freisetzung in die Umwelt vermeiden. 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.</p>
Ammoniaklösung, 2 mol/l	
   Signalwort: Gefahr	<p>Gefahrenhinweise H314 Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden. H335 Kann die Atemwege reizen. H400 Sehr giftig für Wasserorganismen.</p> <p>Sicherheitshinweise P280 Schutzhandschuhe und Schutzbrille / Gesichtsschutz tragen. P273 Freisetzung in die Umwelt vermeiden. P301+P330+P331 BEI VERSCHLUCKEN: Mund ausspülen. KEIN Erbrechen herbeiführen. P305+P351+P338 BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen. P309+P310 BEI Exposition oder Unwohlsein: Sofort GIFTINFORMATIONSENTRUM oder Arzt anrufen.</p>

Geräte und Chemikalien

1 Demonstrationsgerät Elektrochemie	664 4071
1 Profilrahmen C50	666 425
1 Tisch zur Elektrochemie	666 472
1 Doppel-U-Rohr mit 2 Fritten	664 091
1 Stabelektrode Platin-Blatt, Satz 2.....	664 369
1 Federstecker klein, Satz 2.....	59002ET2
2 Experimentierkabel, 25 cm, Paar	501 44
1 Erlenmeyerkolben 250 ml, hF	664 243
1 Becherglas 100 ml, hF	602 022
1 Becherglas 250 ml, hF	664 103
1 Becherglas 1000 ml, hF	664 133
1 Waage	ADACB501
1 Pulverspatel	604 5682
3 Glasrührstab.....	aus 665 212ET10
1 Trichter	602 672
1 Faltenfilter	609 082
1 Filtrierstativ	666 584
1 Ammoniumsulfat, 250 g.....	670 4900
1 Kupfersulfat-Pentahydrat, 100 g.....	672 9600
1 Kaliumpermanganat, 100 g	672 7000
1 Ammoniaklösung, verd. 2 mol/l, 500 ml.....	670 3650
1 Wasserstoffperoxid 30%, 250 ml.....	675 3500
1 Wasser, rein 1 l	675 3400

Versuchsaufbau und -vorbereitung

Herstellung der Elektrolytlösung

Als Elektrolytlösung dient eine 20%ige Ammoniumsulfat-Lösung. Hierbei etwa 20 g Ammoniumsulfat in einem Erlenmeyerkolben vorlegen und in 80 ml Wasser (rein) lösen. Die Lösung solange rühren, bis sich sämtlicher Niederschlag gelöst hat.

Herstellung der Trennlösung

Die zu trennende Lösung besteht aus 3 Teilen Kupfertetramminlösung und einem Teil Kaliumpermanganatlösung. Insgesamt etwa 50 ml Trennlösung herstellen.

1. *Kaliumpermanganat-Lösung* ($c \approx 0,1 \text{ M}$): 0,2 g KMnO_4 in 12,5 ml Wasser (rein) lösen (100 ml Becherglas verwenden). Es entsteht eine tiefviolette Lösung.

2. *Kupfertetrammin-Lösung* ($c \approx 0,1 \text{ M}$): 1 g Kupfersulfat-Pentahydrat in 37,5 ml Wasser (rein) lösen (250 ml Becherglas verwenden). Die Lösung solange mit Ammoniak-Lösung versetzen, bis eine tiefblaue Farbe konstant vorliegt. Der sich bildende hellblaue Niederschlag, Kupferhydroxid, soll sich komplett gelöst haben.

Nun die Kaliumpermanganat-Lösung zur Kupfertetrammin-Lösung geben und verrühren.

Versuchsaufbau

Den Versuch wie in Abbildung 1 gezeigt aufbauen. Das Doppel-U-Rohr mit Hilfe der zwei Federstecker vorne am Tisch befestigen. Die beiden Platinblattelektroden in jeweils einen der Schenkel befestigen. Die Elektroden mit Hilfe der Experimentierkabel an den Ausgangsbuchsen (5) des Demonstrationsgeräts befestigen (siehe Abbildung 2 und 3).

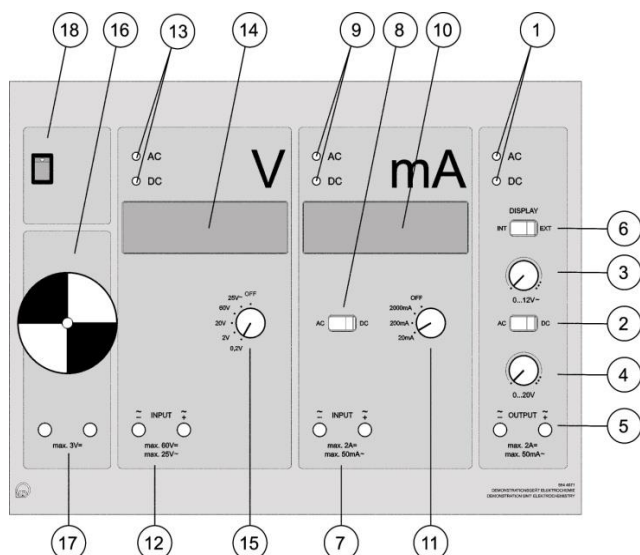


Abb. 2: Skizze des Demonstrationsgerätes.

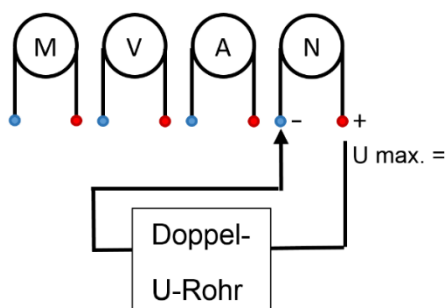


Abb. 3: Schaltung des Versuchs.

Die Messanzeige (10) einschalten und der Umschalter (8) auf Gleichstrom (DC) stellen.

Versuchsdurchführung

In die beiden äußeren Schenkel die Ammoniumsulfat-Elektrolytlösung bis etwa 2 cm unterhalb der Öffnung einfüllen. Sofort die Trennlösung in den mittleren Schenkel bis etwa der gleichen Höhe einfüllen und leicht mit einem Stopfen verschließen. Die Blattelektroden einhängen, dabei Stopfen nicht zu fest aufsetzen um entstehende Gase entweichen zu lassen.

Den Versuch starten. Dafür Drehregler (4) auf maximale Spannung stellen. Die Veränderung an den Schenkeln und jeweiligen Fritten alle 10 – 20 Minuten beobachten.

Beobachtung

Es fließt ein Strom von 90 – 110 mA bei einer Spannung von 11 – 12 V.

10 min: Leichte rosa Färbung an der positiven Fritte.

20 min: An positiver Seite leichte rosa Färbung der Lösung.

30 min: Negative Fritte färbt sich leicht blau, hingegen intensivere Färbung der anderen Seite (rot).

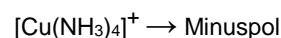
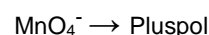
40 min: Negativer Schenkel leichte blau Färbung der Elektrolytlösung. Positiver Schenkel bis etwa zum ersten Viertel gefärbt.

50 min: Negativer Schenkel etwas intensiver im unteren Bereich blau gefärbt. Andere Seite deutlich bis unterhalb der Hälfte durch Permanganat gefärbt.

Nach 60 min wird die Beobachtung abgebrochen.

Ergebnis

Permanganat- und Kupfertetrammin-Ionen wandern unter dem Einfluss des angelegten elektrischen Feldes zu den Elektroden mit entgegengesetzter Ladung:



Bei der Wanderung ist zu erkennen, dass Permanganat-Ionen schneller sind als Kupfertetrammin-Ionen: ihre Beweglichkeit ist höher.

Reinigung und Entsorgung

Die äußeren Schenkel können mit viel Wasser im Ausguss entsorgt werden. Sämtliche Reste mit Kaliumpermanganat in einem Becherglas sammeln. Diese Lösung nun portionsweise mit Wasserstoffperoxid versetzen.

ACHTUNG: Exotherme Reaktion. Reagiert heftig unter Sauerstoffentwicklung. Nur in Abzügen vornehmen. Wasserstoffperoxid nur portionsweise zugeben, da sonst ein Übersäuern droht.

Wenn die Reaktion mit Wasserstoffperoxid vollständig abgelaufen ist, kann die nun braune Lösung über einen Filter und dem Filtrierstativ getrennt werden. Die Mutterlösung mit viel Wasser im Ausguss entsorgen.

Den Niederschlag, Braunstein MnO_2 , im Filter über Nacht im Abzug trocknen und anschließend in den Feststoffabfall für anorganische Feststoffe entsorgen. Die Fritten über Nacht mit verdünnter Wasserstoffperoxid-Lösung einweichen, um Permanganatreste zu entfernen.

Reaktion der Entsorgung

