

Experiment: Synthese von Gold-Nanopartikeln

(Klasse 9)

Chemikalien

Gold(III)-chlorid-Lösung $c = 0,000\,44\text{ mol/L}$

Natriumcitrat-Lösung $c = 1\%$

Geräte

siedendes Wasserbad, Reagenzgläser, Messpipette 10 ml, Tropfpipette

Durchführung

- Wasserbad ansetzen
- In 2 Reagenzgläser werden je 4 ml Goldchlorid-Lösung pipettiert.
- In jedes Reagenzglas werden 6 Tropfen Natriumcitrat-Lösung getropft und kurz geschüttelt
- Beide Reagenzgläser in das leicht siedende Wasserbad stellen.
- Bei Eintritt einer deutlichen Verfärbung wird ein Reagenzglas aus dem Wasserbad entnommen und unter dem Wasserhahn abgekühlt.
- Das andere Reagenzglas wird im siedenden Wasserbad belassen, bis sich die Farbe nicht mehr verändert.

Versuchsbeobachtung:

.....
.....

Versuchsdeutung:

Erstelle die Reaktionsgleichung für die Reduktion von Gold-Ionen (Au^{3+}) zu Gold!

.....

Zusatzinformationen für Schüler

Die bei der Reaktion entstehenden Goldatome verbinden sich miteinander zu verschieden großen Partikeln. Die Größe dieser Partikel liegt etwa zwischen 20 und 100 Nanometer.

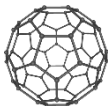
Auf Grund ihrer Größe spricht man von **Nanopartikeln**.

blaue Lösung:

Es haben sich ca. 3 Mio. Goldatome zusammengelagert. Dabei entstehen Goldpartikel mit einem Durchmesser von ca. 20 Nanometer (0,000 000 02 Meter).

rote Lösung:

Es haben sich ca. 400 Mio. Goldatome zusammengelagert. Dabei entstehen Goldpartikel mit einem Durchmesser von ca. 100 Nanometer (0,000 000 1 Meter).



Experiment: Synthese von Gold-Nanopartikeln

(Kurstufe)

Chemikalien

Gold(III)-chlorid-Lösung $c = 0,000\ 44\ \text{mol/L}$

Natriumcitrat-Lösung $c = 1\ \%$

Natriumchlorid-Lösung $c = 4\ \%$

Geräte

siedendes Wasserbad, Reagenzgläser, Messpipette 10 ml, Tropfpipette

Durchführung

- Wasserbad ansetzen
- In 3 Reagenzgläser werden je 4 ml Goldchlorid-Lösung pipettiert.
- In jedes Reagenzglas werden 6 Tropfen Natriumcitrat-Lösung getropft und kurz geschüttelt
- Alle 3 Reagenzgläser in das leicht siedende Wasserbad stellen.
- Bei Eintritt einer deutlichen Verfärbung wird ein Reagenzglas aus dem Wasserbad entnommen und unter dem Wasserhahn abgekühlt.
- Die beiden anderen Reagenzgläser werden im siedenden Wasserbad belassen, bis sich die Farbe nicht mehr verändert.
- Beide Reagenzgläser aus dem Wasserbad entfernen.
- Zu einer der beiden Lösungen werden 5 Tropfen Natriumchlorid-Lösung gegeben

Versuchsbeobachtung:

.....

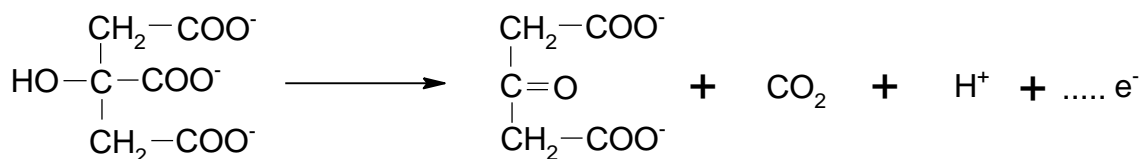
.....

.....

Versuchsdeutung:

Das Citrat-Ion wird bei dieser Reaktion schrittweise unter Abspaltung von Kohlenstoffdioxid und einem Proton oxidiert. Im ersten Schritt entsteht dabei Acetondicarboxylat.

- Ermitteln Sie die Anzahl der bei dieser Oxidation entstehenden Elektronen!

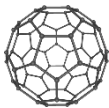


- Stellen Sie die vollständige Redoxgleichung dieser Reaktion auf!

Ox.:

Red.:

Redox:



Zusatzinformationen für Schüler

Die bei der Reaktion entstehenden Goldatome verbinden sich miteinander zu verschiedenen großen Partikeln. Die Größe dieser Partikel liegt etwa zwischen 20 und 100 Nanometer. Auf Grund ihrer Größe spricht man von **Nanopartikeln**.

blaue Lösung:

Es haben sich ca. 3 Mio. Goldatome zusammengelagert. Dabei entstehen Goldpartikel mit einem Durchmesser von ca. 20 nm.

rote Lösung:

Es haben sich ca. 400 Mio. Goldatome zusammengelagert. Dabei entstehen Goldpartikel mit einem Durchmesser von ca. 100 nm.

Weißes Licht besteht aus Wellen unterschiedlicher Wellenlänge:

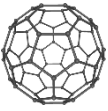
violett blau türkis grün orange rot



Bild: https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AElectromagnetic_spectrum_c.svg, Autor: Horst Frank / Phrood / Anony

Die Größe der entstandenen Gold-Nanopartikel liegt im Bereich der Wellenlänge des sichtbaren Lichtes. Je nach Größe der Partikel wird das Licht einer anderen Wellenlänge absorbiert:

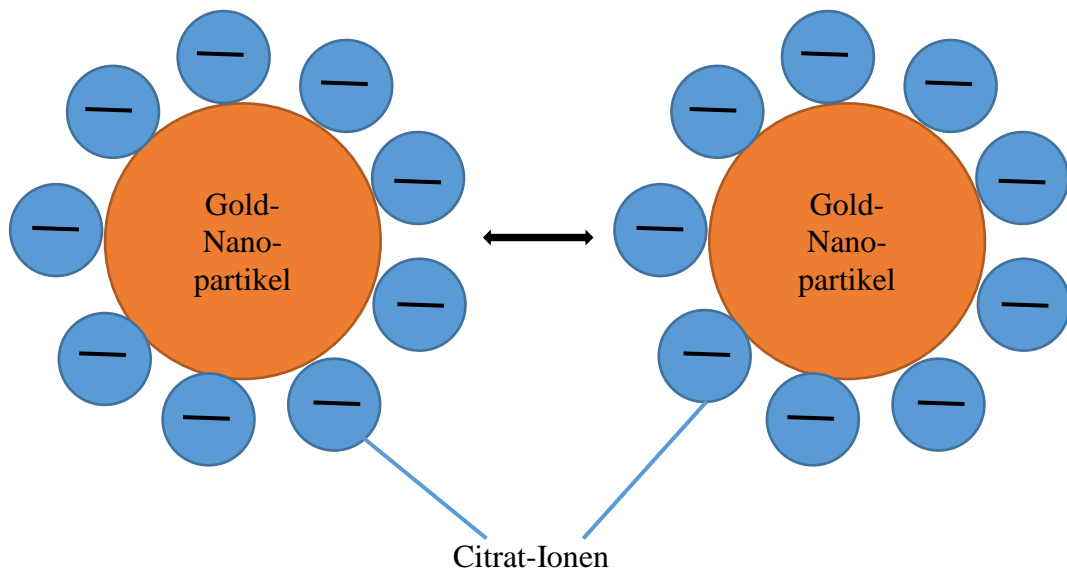
Farbe der Lösung	rot	blau
Partikelgröße	ca. 20 nm	ca. 100 nm
absorbiertes Licht (Wellenlänge)	$\lambda_{\text{abs}} = 521 \text{ nm}$ (grün) kurzwellig energiereich	$\lambda_{\text{abs}} = 575 \text{ nm}$ (gelb) langwellig energiearm



Zusatzinformationen für Schüler

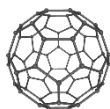
Funktion des Natriumcitrates

Neben seiner Funktion als Reduktionsmittel haben die Citrat-Ionen auch einen Einfluss auf die Größe der Gold-Nanopartikel. Die nicht umgesetzten Citrat-Ionen lagern sich an die Oberfläche der Gold-Nanopartikel an. Dadurch werden die Nanopartikel an ihrer Oberfläche negativ aufgeladen. Die dadurch wirkenden Abstoßungskräfte verhindern ein Verklumpen der Nanopartikel (s. Abb.).



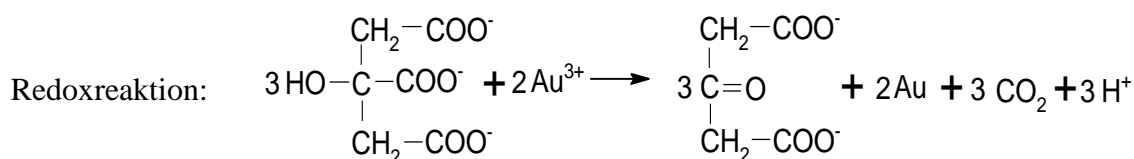
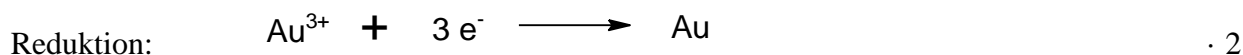
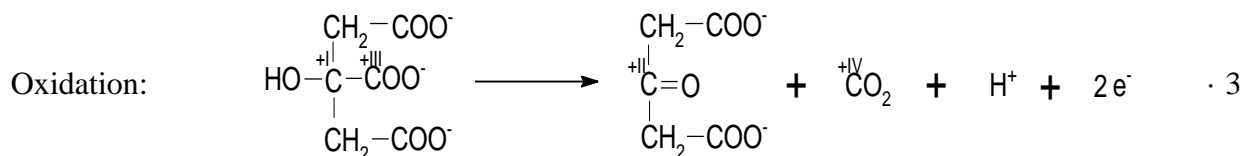
Wirkungsweise des Natriumchlorids

Die Natriumionen stören die Ausbildung der Citrathülle um die Goldpartikel. Dadurch können sich größere Goldpartikel bilden, die wiederum langwelligeres Licht absorbieren und die Lösung blau erscheinen lassen.



Hinweise für die Lehrkraft

Reaktionsgleichung:



Herstellung der Gold-Lösungen

Gold(III)-chlorid kann man von Sigma-Aldrich beziehen. Ein Gramm kostet derzeit ca. 200 Euro. Der Preis schwankt mit dem Goldpreis. Diese Menge reicht für mehrere Schülergenerationen, da nur extrem verdünnte Lösungen verwendet werden. Die Bestellung erfolgt online; es ist eine einmalige Anmeldung erforderlich (<http://www.sigmaaldrich.com/germany.html>).

Die Goldlösung sollte **in braunen Chemikalienflaschen** aufbewahrt werden, um eine vorzeitige Reduktion zu vermeiden.

Aus 1 Gramm Gold(III)-chlorid kann man 7,48 Liter Goldlösung der benötigten Konzentration von $c = 0,00044 \text{ mol/L}$ herstellen. Da dieses Volumen zur Aufbewahrung in der Sammlung ungeeignet ist, sollte man 0,748 Liter einer Lösung mit der Konzentration von $c = 0,0044 \text{ mol/L}$ herstellen. Bei der unmittelbaren Vorbereitung des Versuches kann man dann die benötigte Menge an Lösung entnehmen und um das Zehnfache verdünnen.