

Merck-TU Darmstadt- Juniorlabor



Das chemische Gleichgewicht Experimentieranleitung



Sicheres Arbeiten im Labor

- 1. Im Labor müssen Schutzbrille und Kittel getragen werden!**
- 2. Im Labor darf weder gegessen noch getrunken werden!**
- 3. Jeder Hautkontakt mit Chemikalien ist zu vermeiden!**
- 4. Das Labor darf nur mit festem Schuhwerk und langer Beinkleidung betreten werden.**
- 5. Lange Haare sollten zusammengebunden werden.**
- 6. Jacken und Taschen dürfen nicht ins Labor mitgenommen werden!**
7. Im Labor müssen alle Gefäße, in denen Chemikalien sind, beschriftet werden.
8. Lies vor jedem Experiment genau die Versuchsanleitung.
9. Frage bei Problemen die Betreuer*innen.
10. Lasse den Versuchsaufbau stets von einem/r Betreuer*in kontrollieren!
11. Lies die Beschriftung von Chemikalien genau, bevor du sie verwendest.
12. Gehe sorgfältig und sachgerecht mit allen Laborgeräten um!
13. Abfälle dürfen nicht ohne Erlaubnis in den Ausguss entsorgt werden. Achte auf die Anweisungen zur Entsorgung von Chemikalienabfällen. Es stehen Kanister zur Entsorgung bereit. Frage auch hier im Zweifel immer einen Betreuer.
14. Halte die Laborräume und den Arbeitsplatz sauber!
15. Wenn du beim Experimentieren mit Chemikalien in Kontakt gekommen bist, wasche die betreffende Hautstelle sofort ab!
16. Chemikalien darf man nicht essen oder probieren.
17. Prüfe den Geruch einer Chemikalie stets durch Zufächeln!
18. Wasche dir nach dem Verlassen des Labors unbedingt die Hände!

Sicherheitshinweise





Folgende Chemikalien werden für die Versuche 1 und 2 verwendet:

Lösung A: 0,0020 M $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ (in 1,0 M HNO_3)

Lösung B: 0,0020 M KSCN (in H_2O)

Lösung C: 0,200 M $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ (in 1,0 M HNO_3)

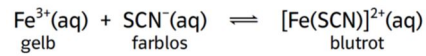
destilliertes Wasser

Gefahrstoffe		
Stoff	H- und P-Sätze	GHS-Symbol
Eisennitrat-Nonahydrat	H314 Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden. P280 Schutzhandschuhe/ Schutzkleidung/ Augenschutz/ Gesichtsschutz tragen. P303+P361+P353 BEI BERÜHRUNG MIT DER HAUT (oder dem Haar): Alle kontaminierten Kleidungsstücke sofort ausziehen. Haut mit Wasser abwaschen/duschen. P305+P351+P338 BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: einige Minuten lang behutsam mit Wasser ausspülen. Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.	
Kaliumthiocyanat	H302+H312+H332 Gesundheitsschädlich bei Verschlucken, Hautkontakt oder Einatmen H412 Schädlich für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung P261 Einatmen von Staub vermeiden. P280 Schutzhandschuhe /Schutzkleidung/ Augenschutz/ Gesichtsschutz/Gehörschutz tragen. P302+P352 BEI BERÜHRUNG MIT DER HAUT: Mit viel Wasser und Seife waschen. EUH032 Entwickelt bei Berührung mit Säure sehr giftige Gase.	
Salpetersäure (1 M)	H290 Kann gegenüber Metallen korrosiv sein H314 Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden. P303+P361+P353 BEI BERÜHRUNG MIT DER HAUT (oder dem Haar): Alle kontaminierten Kleidungsstücke sofort ausziehen. Haut mit Wasser abwaschen [oder duschen] P305+P351+P338 BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen P310 Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM/Arzt anrufen	
Maßnahmen und Gebote		
		

Entsorgung: Die eisenhaltigen Lösungen werden in den Schwermetallabfall entsorgt.

Versuch 1: Das Eisenthiocyanat-Gleichgewicht

Hintergrund: Thiocyanationen (SCN^-) lagern sich in einer Gleichgewichtsreaktion an Eisen(III)-Ionen an und bilden eine blutrote Verbindung :



Anhand der Farbe der Lösung kann man abschätzen, ob die Konzentration der $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$ -Ionen hoch oder niedrig ist. Das wird im folgenden Versuch genutzt, bei dem die Einflüsse von Konzentration und Temperatur auf das Gleichgewicht untersucht werden sollen.

Geräte: 5 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Eppendorfpipetten und Spitzen (alternativ: Einwegpipetten mit Graduierung), destilliertes Wasser, wasserfester Stift zum Beschriften, 2 Bechergläser (250 mL), Eis, Wasserkocher

Chemikalien:

- **Lösung A:** 0,0020 M $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ (in 1,0 M HNO_3)
- **Lösung B:** 0,0020 M KSCN (in H_2O)
- **Eisen(III)-nitrat** ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$)
- **Kaliumthiocyanat** (KSCN)

Durchführung:

- 1) Pipettieren Sie in die Reagenzgläser 1-5 (Beschriften!) jeweils 1 mL Eisen(III)-nitratlösung (Lösung A) und 2 mL Kaliumthiocyanatlösung (Lösung B).
- 2) Füllen Sie ein 250 mL-Becherglas mit Eiswasser und das andere mit heißem Wasser aus dem Wasserkocher.
- 3) Pipettieren Sie nun in die fünf Reagenzgläser folgende Reagenzien:
 - a) zu Reagenzglas 1: 3 mL destilliertes Wasser
 - b) zu Reagenzglas 2: 3 mL Kaliumthiocyanatlösung (Lösung B)
 - c) zu Reagenzglas 3: 3 mL Eisen(III)-nitratlösung (Lösung A)
 - d) zu Reagenzglas 4: 3 mL destilliertes Wasser
 - e) zu Reagenzglas 5: 3 mL destilliertes Wasser
- 4) Stellen Sie Reagenzglas 4 in das Becherglas mit dem Eiswasser und Reagenzglas 5 in das Becherglas mit dem heißen Wasser.
- 5) Geben Sie nun in die Reagenzgläser 2 und 3 noch eine Spatelspitze (wenige Krümel!) folgender Feststoffe:
 - a) Reagenzglas 2: **Kaliumthiocyanat** (KSCN)
 - b) Reagenzglas 3: **Eisen(III)-nitrat** ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$)
- 6) Notieren Sie Ihre Beobachtungen.

Beobachtungen:

RG 1	
RG 2	a) nach Zugabe von Lösung B b) nach Zugabe von KSCN als Feststoff
RG 3	a) nach Zugabe von Lösung A b) nach Zugabe von $(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3)$ als Feststoff
RG 4	
RG 5	

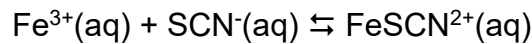
Deutung

Stellen Sie das Massenwirkungsgesetz für die Reaktion auf. Erklären Sie Ihre Beobachtungen anhand des Massenwirkungsgesetzes:

Ist die Reaktion endotherm oder exotherm? Begründen Sie Ihre Entscheidung.

Bestimmung einer Gleichgewichtskonstanten K_c

Hintergrund: diesem Versuch soll die **Gleichgewichtskonstante K_c** für folgende chemische Reaktion experimentell bestimmt werden werden:



Wenn Eisen(III)-Ionen und Thiocyanationen zusammenkommen, stellt sich ein **Gleichgewicht** zwischen diesen beiden Ionen und dem FeSCN^{2+} -Ion ein. Um die Gleichgewichtskonstante K_c für die Reaktion zu berechnen, muss man die **Konzentrationen aller Ionen im Gleichgewicht** kennen: $c_{\text{eq}}(\text{FeSCN}^{2+})$, $c_{\text{eq}}(\text{SCN}^{-})$, und $c_{\text{eq}}(\text{Fe}^{3+})$. Dafür werden im folgenden Versuch vier Gleichgewichtssysteme hergestellt, die unterschiedliche Konzentrationen dieser drei Ionen enthalten. Die Gleichgewichtskonzentrationen der drei Ionen werden dann experimentell bestimmt. Diese Werte werden in den Ausdruck für die Gleichgewichtskonstante K_c eingesetzt, um festzustellen, ob K_c tatsächlich konstant ist.

Das FeSCN^{2+} -Ion bewirkt eine **Rotfärbung** der Lösungen. Anhand der Farbe der Lösung kann man bereits abschätzen, ob die Konzentration der $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$ -Ionen hoch oder niedrig ist. Die Intensität der Farbe lässt sich durch **Messung der Lichtabsorption A (Absorbanz)** bei definierter Wellenlänge **quantitativ** erfassen. Es gilt das **Lambert-Beer'sche Gesetz**

$$A = -\log \frac{I}{I_0} = \varepsilon \cdot c \cdot d$$

wobei I_0 die Intensität des Lichtstrahls vor dem Durchgang durch die Probe bezeichnet, I die Intensität des Lichtstrahls nach dem Durchgang durch die Probe, ε eine Konstante, c die Stoffmengenkonzentration der Probe, im vorliegenden Fall der $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$ -Ionen, und d die Schichtdicke der Küvette. **Die Absorbanz A ist also direkt proportional zur Konzentration.** Um die Gleichgewichtskonzentration $c_{\text{eq}}(\text{FeSCN}^{2+})$ zu bestimmen, kann daher ein Colorimeter oder Photometer verwendet werden. Da die roten Lösungen blaues Licht sehr gut absorbieren, wird beim Colorimeter die (blaue) 470 nm-LED zu verwendet. Durch den **Vergleich der Absorbanz A_{eq}** jedes Gleichgewicht-Systems mit der **Absorbanz A_{std}** einer Standardlösung mit bekannter FeSCN^{2+} -Konzentration kann man $c_{\text{eq}}(\text{FeSCN}^{2+})$ bestimmen.

Zur Herstellung der Standardlösung wird eine **sehr hohe Konzentration Fe^{3+} -Ionen** zu einer **geringen Anfangskonzentration von SCN^{-} -Ionen** (im Folgenden als $c_i(\text{SCN}^{-})$ bezeichnet) hinzugefügt. Die Konzentration der Fe^{3+} -Ionen in der Standardlösung ist **100-mal größer** als die Konzentration der Fe^{3+} -Ionen den Gleichgewichtsmischungen. Nach dem **Prinzip von Le Châtelier** zwingt diese hohe Konzentration die Reaktion weit nach rechts, sodass **nahezu 100% der SCN^{-} -Ionen verbraucht** werden. Nach der Gleichgewichtsgleichung wird für jedes umgesetzte Mol SCN^{-} -Ionen ein Mol $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$ -Ionen gebildet. Es wird also angenommen, dass $c_{\text{std}}(\text{FeSCN}^{2+})$ gleich der Anfangskonzentration $c_i(\text{SCN}^{-})$ ist. Da nach dem Lambert-Beerschen Gesetz die Absorbanz A direkt proportional zur Konzentration der

FeSCN²⁺-Ionen ist, kann die **Konzentration von c_{eq}(FeSCN²⁺)** für jedes der **Gleichgewichtssysteme** wie folgt bestimmt werden:

$$c_{eq}(FeSCN^{2+}) = \frac{A_{eq}}{A_{std}} \cdot c_{std}(FeSCN^{2+})$$

Die Kenntnis von c_{eq}(FeSCN²⁺) ermöglicht es, die Konzentrationen der beiden anderen Ionen im Gleichgewicht zu bestimmen. Für jedes Mol an FeSCN²⁺-Ionen, das gebildet wird, findet sich in der Lösung ein Mol an Fe³⁺-Ionen weniger (siehe das Verhältnis 1:1 der stöchiometrischen Koeffizienten in der Reaktionsgleichung). **c_{eq}(Fe³⁺)** kann bestimmt werden durch:

$$c_{eq}(Fe^{3+}) = c_i(Fe^{3+}) - c_{eq}(FeSCN^{2+})$$

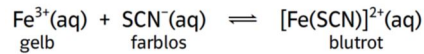
Da für jedes Mol gebildeter FeSCN²⁺-Ionen auch ein Mol SCN⁻-Ionen verbraucht wird, kann **c_{eq}(SCN⁻)** bestimmt werden durch:

$$c_{eq}(SCN^{-}) = c_i(SCN^{-}) - c_{eq}(FeSCN^{2+})$$

Mit den Werten von **c_{eq}(FeSCN²⁺)**, **c_{eq}(SCN⁻)**, und **c_{eq}(Fe³⁺)** kann nun den Wert der **Gleichgewichtskonstanten K_c** berechnet werden.

Versuch 2: Colorimetrische Bestimmung einer Gleichgewichtskonstanten

Zielsetzung: In diesem Experiment soll die Gleichgewichtskonstante K_c für die folgende chemische Reaktion bestimmt werden:



Chemikalien:

Lösung A: 0,0020 M $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ (in 1,0 M HNO_3)

Lösung B: 0,0020 M KSCN (in H_2O)

Lösung C: 0,200 M $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ (in 1,0 M HNO_3)

destilliertes Wasser

Materialien: Vernier-Colorimeter, Kunststoffküvetten, fünf Reagenzgläser 20 x 150 mm, Thermometer, Einwegpipetten, Eppendorfpipette und Pipettenspitzen

Durchführung:

Herstellung der Gleichgewichtsmischungen

- 1) Beschriften Sie vier Reagenzgläser mit den Nummern 1-4 und stellen sie in den Reagenzglasständer.
- 2) Stellen Sie die **Lösungen A** und **B** (in Vorratsflaschen) und etwa 25 mL destilliertes Wasser in einem 100 mL-Becherglas bereit.
- 3) Pipettieren Sie 5,0 mL von **Lösung A** (0,0020 M $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ in 1,0 M HNO_3) in jedes der vier beschrifteten Reagenzgläser.
- 4) Pipettieren Sie nun 2, 3, 4 und 5 mL von **Lösung B** (0,0020 M KSCN in H_2O) in die Reagenzgläser 1-4.
- 5) Dann werden 3, 2, 1 und 0 mL destilliertes Wasser in die Reagenzgläser 1-4 pipettiert, so dass das Gesamtvolumen jedes Reagenzglases 10 mL beträgt.
- 6) Mischen Sie jede Lösung gründlich mit einem Rührstab. Achten Sie darauf, den Rührstab nach jedem Mischen zu reinigen und zu trocknen.
- 7) Messen und notieren Sie die Temperatur einer der oben genannten Lösungen, um sie als Temperatur für die Gleichgewichtskonstante K_c zu verwenden.

Die den einzelnen Reagenzgläsern zugegebenen Volumina sind im Folgenden zusammengefasst:

	Lösung A (FeNO₃)₃- Lösung (0,0020 M)	Lösung B KSCN-Lösung (0,0020 M)	destilliertes Wasser
Reagenzglas 1	5 mL	2 mL	3 mL
Reagenzglas 2	5 mL	3 mL	2 mL
Reagenzglas 3	5 mL	4 mL	1 mL
Reagenzglas 4	5 mL	5 mL	0 mL

Herstellung der Standard-Lösung

- 1) Bereiten Sie eine Standardlösung von FeSCN²⁺-Ionen vor, indem Sie 9 mL von 0,200 M Fe(NO₃)₃-Lösung (Lösung C) in ein fünftes Reagenzglas geben. Beschriften Sie das Reagenzglas mit der Nr. 5.
- 2) Pipettieren Sie dann 1 mL der 0,0020 M KSCN-Lösung (Lösung B) in das Reagenzglas und rühren Sie gründlich um.

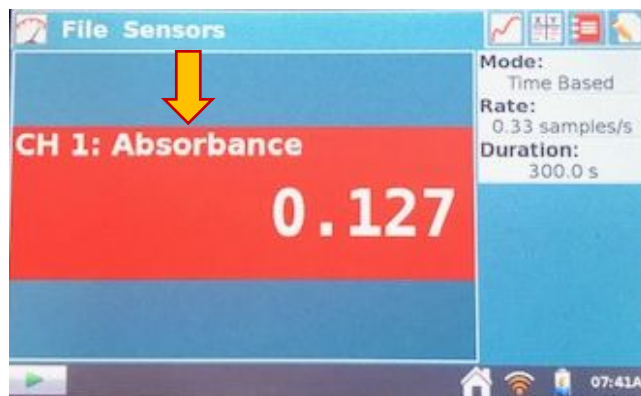
	Lösung C (FeNO₃)₃- Lösung (0,200 M)	Lösung B KSCN-Lösung (0,0020 M)	destilliertes Wasser
Reagenzglas 5	9 mL	1 mL	-

Anschließen und Kalibrieren des Colorimeters

- 1) Das LabQuest 2-Gerät wird bei Bedarf an die Stromversorgung angeschlossen und das Colorimeter in Kanal 1 (CH 1) eingesteckt.



- 2) Das Gerät wird eingeschaltet und sollte den Sensor automatisch erkennen. Als Messgröße wird die Absorbanz (Absorbance) angezeigt.



- 3) Bereiten Sie eine Blindprobe vor, indem Sie eine Küvette 3/4 voll mit destilliertem Wasser füllen.

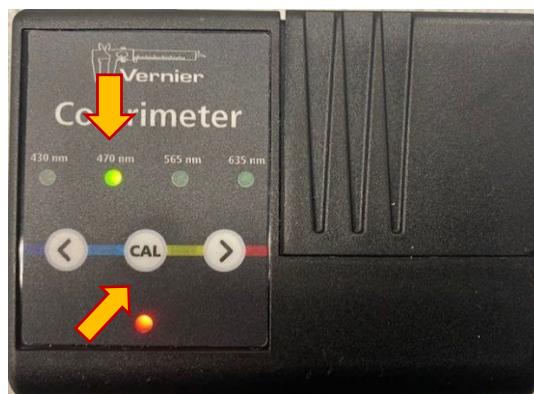
Um die Küvetten richtig zu verwenden, beachten Sie folgende Hinweise:

- Wischen Sie die Außenseite jeder Küvette mit einem fusselfreien Tuch ab.
- Fassen Sie die Küvetten nur an der Oberkante der gerippten Seiten an.
- Klopfen Sie die Küvette vorsichtig auf eine glatte Oberfläche, um Luftblasen zu beseitigen.

Positionieren Sie die Küvette immer so, dass das Licht durch die klaren Seiten hindurchgeht.

- 4) Das Colorimeter wird kalibriert:

- Die durchsichtigen Seiten der zu $\frac{3}{4}$ mit destilliertem Wasser gefüllte Küvette werden mit einem Papiertuch abgewischt und dann nicht mehr berührt, um Fingerabdrücke zu vermeiden.
- Dann wird die Küvette so in den Strahlengang des Colorimeters gestellt, dass die klaren Seiten in Richtung des Pfeils orientiert sind. Die Abdeckung wird geschlossen.
- Die Wellenlänge des Colorimeters wird mithilfe der Pfeiltasten auf 470 nm eingestellt.
- Anschließend wird die CAL-Taste gedrückt, bis das rote Lämpchen blinkt. Wenn das Leuchten aufhört, ist der Kalibriervorgang beendet.
- Die Küvette wird entfernt und entleert und für die weiteren Messungen verwendet.



Messung der Absorbanzen der vier Gleichgewichtsmischungen

Für alle vier Messung wird dieselbe Küvette benutzt, mit der auch die Kalibrierung vorgenommen wurde. Vor jeder Messung wird die Küvette zunächst entleert und jeweils zweimal mit ca. 1 mL der zu messenden Lösung gespült. Für die Abfälle wird ein 400 mL-Becherglas verwendet, dessen Inhalt nach Abschluss aller Messungen in den **Schwermetallabfall** entsorgt wird.

- 1) Nach zweimaligem Spülen mit ca. 1 mL der Lösung aus Reagenzglas 1 wird die Küvette zu $\frac{3}{4}$ mit dieser gefüllt. Verwenden Sie dafür eine Einmalpipette. Die durchsichtigen Seiten der Küvette werden mit einem Papiertuch abgewischt und dann nicht mehr berührt, um Fingerabdrücke zu vermeiden.
- 2) Die Küvette wird in das Colorimeter gestellt und der Deckel geschlossen.
- 3) Die Absorbanz wird abgelesen und in der Datentabelle notiert.
- 4) Entleeren Sie die Küvette in das Becherglas mit dem Abfall.
- 5) Wiederholen Sie die Schritte 1-4 mit den Lösungen aus Reagenzglas 2, 3, 4 und der Standardlösung (Reagenzglas 5).
- 6) Messen Sie die Temperatur in einem der Reagenzgläser und notieren Sie sie in der Datentabelle.

Datentabelle

	Messung 1	Messung 2	Messung 3	Messung 4
Absorbanz				
Absorbanz des Standards (Messung 5)		Temperatur		

Auswertung

- 1) Schreiben Sie den **Ausdruck für die Gleichgewichtskonstante K_c** für die betrachtete Reaktion in das zugehörige Feld in der Tabelle Daten und Berechnungen.
- 2) Berechnen Sie die **Anfangskonzentration $c_i(\text{Fe}^{3+})$ der Fe^{3+} -Ionen** auf der Grundlage der Verdünnung, die sich aus der Zugabe von KSCN-Lösung (Lösung B) und Wasser zu der ursprünglichen 0,0020 M $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ -Lösung (Lösung A) ergibt. Berechnen Sie $c_i(\text{Fe}^{3+})$ anhand der folgenden Gleichung (die für alle vier Reagenzgläser gleich ist):

$$c_i(\text{Fe}^{3+}) = \frac{V(\text{Lösung A})}{V(\text{gesamt})} \cdot c(\text{Lösung A})$$

- 3) Berechnen Sie die **Anfangskonzentration $c_i(\text{SCN}^-)$ der SCN^- -Ionen** unter Berücksichtigung der Verdünnung durch die $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ -Lösung (Lösung A) und Wasser:

$$c_i(\text{SCN}^-) = \frac{V(\text{Lösung B})}{V(\text{gesamt})} \cdot c(\text{Lösung B})$$

- 4) Berechnen Sie die **Gleichgewichtskonzentration $c_{\text{eq}}(\text{FeSCN}^{2+})$** für jeden der vier Versuche. $c_{\text{eq}}(\text{FeSCN}^{2+})$ wird nach folgender Formel berechnet:

$$c_{\text{eq}}(\text{FeSCN}^{2+}) = \frac{A_{\text{eq}}}{A_{\text{std}}} \cdot c_{\text{std}}(\text{FeSCN}^{2+}),$$

wobei A_{eq} und A_{std} die **Absorbanzwerte** für die Gleichgewichtsmischungen 1-4 und die Standardmischung sind und c_{std} sich mit folgender Formel berechnen lässt:

$$c_{\text{std}}(\text{FeSCN}^{2+}) = c_i(\text{SCN}^-) = \frac{V(\text{Lösung B})}{V(\text{gesamt})} \cdot c(\text{Lösung B})$$

- 5) Berechnen Sie die **Gleichgewichtskonzentration $c_{\text{eq}}(\text{Fe}^{3+})$ der Fe^{3+} -Ionen** für die Versuche 1-4 anhand der Gleichung:

$$c_{\text{eq}}(\text{Fe}^{3+}) = c_i(\text{Fe}^{3+}) - c_{\text{eq}}(\text{FeSCN}^{2+})$$

- 6) Berechnen Sie die **Gleichgewichtskonzentration $c_{\text{eq}}(\text{SCN}^-)$ der Thiocyanationen** für die Versuche 1-4 anhand der Gleichung:

$$c_{\text{eq}}(\text{SCN}^-) = c_i(\text{SCN}^-) - c_{\text{eq}}(\text{FeSCN}^{2+})$$

- 7) Berechnen Sie nun die **Gleichgewichtskonstante K_c für die Versuche 1-4**.
- 8) Bestimmen Sie anhand Ihrer vier berechneten K_c -Werte einen **Durchschnittswert für K_c** . Wie konstant waren Ihre K_c -Werte?

Auswertungstabelle



1) Geben Sie den Ausdruck für die Gleichgewichtskonstante K_c an:				
	Messung 1	Messung 2	Messung 3	Messung 4
2) Berechnen Sie die Anfangskonzentration $c_i(\text{Fe}^{3+})$ der Fe^{3+} -Ionen.				
$c_i(\text{Fe}^{3+})$				
3) Berechnen Sie die Anfangskonzentration $c_i(\text{SCN}^-)$ der SCN^- -Ionen.				
$c_i(\text{SCN}^-)$				
4) Berechnen Sie die Gleichgewichtskonzentration $c_{\text{eq}}(\text{FeSCN}^{2+})$.				
$c_{\text{eq}}(\text{FeSCN}^{2+})$				
5) Berechnen Sie die Gleichgewichtskonzentration $c_{\text{eq}}(\text{Fe}^{3+})$ der Fe^{3+} -Ionen.				
$c_{\text{eq}}(\text{Fe}^{3+})$				
6) Berechnen Sie die Gleichgewichtskonzentration $c_{\text{eq}}(\text{SCN}^-)$ der Thiocyanationen.				
$c_{\text{eq}}(\text{SCN}^-)$				
7) Berechnen Sie die Gleichgewichtskonstante K_c für die Versuche 1-4.				
K_c				
8) Berechnen Sie den Mittelwert der ermittelten K_c -Werte:				

Versuch 3: Gleichgewicht in Kupferchlorid-Lösungen

In Kupfer(II)-chlorid-Lösungen liegen Teilchen vor, die durch die Formeln $[\text{CuCl}(\text{H}_2\text{O})_5]^+$, $[\text{CuCl}_2(\text{H}_2\text{O})_4]^+$ oder $[\text{CuCl}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ beschrieben werden können. Die verschiedenen Komplexe stehen miteinander in einem Gleichgewicht.

Materialien: Tropfpipette, Spatel, Reagenzglas

Chemikalien: Kupfer(II)-chlorid, Natriumchlorid, dest. Wasser

Gefahrstoffe		
Stoff	H- und P-Sätze	GHS-Symbol
Kupfer(II)-chlorid-Dihydrat	H302 + H312: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken oder Hautkontakt. H315: Verursacht Hautreizungen. H318: Verursacht schwere Augenschäden. H410: Sehr giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung. P264: Nach Gebrauch Haut gründlich waschen. P273: Freisetzung in die Umwelt vermeiden. P280: Schutzhandschuhe/ Schutzkleidung/ Augenschutz/ Gesichtsschutz/ Gehörschutz Tragen. P301 + P312: BEI VERSCHLUCKEN: Bei Unwohlsein GIFTINFORMATIONSZENTRUM/Arzt anrufen. P302 + P352 + P312: BEI BERÜHRUNG MIT DER HAUT: Mit viel Wasser waschen. Bei Unwohlsein GIFTINFORMATIONSZENTRUM/Arzt anrufen. P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.	
Natriumchlorid	-	
dest. Wasser	-	
Maßnahmen und Gebote		
		

Durchführung:

- 1) Füllen Sie 1 ml konzentrierte Kupfer(II)-chlorid-Lösung in ein Reagenzglas.
- 2) Geben Sie nun destilliertes Wasser hinzu, bis sich die Farbe der Lösung deutlich verändert hat.
- 3) Geben Sie anschließend festes Natriumchlorid hinzu, bis sich die Farbe der Lösung wieder ändert.
- 4) Notieren Sie Ihre Beobachtungen.


Entsorgung: Die Lösung wird in den Schwermetallabfall entsorgt.

Beobachtungen:

Aufgaben:

- 1) Formulieren Sie die Reaktionsgleichung der Reaktion von $[\text{CuCl}(\text{H}_2\text{O})_5]^+$ zu $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$
- 2) Ordnen Sie die beobachteten Farben den zugehörigen Kupferkomplexen zu.
- 3) Formulieren Sie das Massenwirkungsgesetz für die Gleichgewichtsreaktion und nutzen Sie es, um Ihre Beobachtungen zu erklären.

Versuch 4: Druckabhängigkeit des Kohlenstoffdioxid-Gleichgewichts¹

Gefahrenstoffe		
Bromthymolblau	H: -	P: -
Mineralwasser	H: -	P: -
		

Materialien: Spritze (Luer-Lock-System mit Hahn), kleines Becherglas

Chemikalien: Mineralwasser, Bromthymolblau in ethanolischer Lösung (1%)

Durchführung:

- Es werden wenige Milliliter Mineralwasser aus einer frisch geöffneten Flasche in das Becherglas gegeben und zur besseren Erkennbarkeit der Vorgänge mit Bromthymolblau angefärbt.
- Anschließend wird ein wenig Flüssigkeit (ca. 5 ml) mit der Spritze aufgezogen und die aufgezogene Luft herausgedrückt.
- Der Hahn an der Spritze wird geschlossen.
- Der Spritzenstempel wird nun mit Kraft herausgezogen und danach wieder hineingedrückt. Der Vorgang lässt sich mehrmals wiederholen.

Beobachtungen:

¹ Literatur: Wiechoczek, Dagmar; <http://www.chemieunterricht.de/dc2/mwg/g-co2h2o.htm>,

Formulieren Sie das Lösungsgleichgewicht und das Massenwirkungsgesetz für die Reaktion von Kohlenstoffdioxid mit Wasser.

Formulieren Sie die Gleichungen für die schrittweise Dissoziation von Kohlensäure in Wasser.

Erklären Sie Ihre Beobachtungen.

Versuch 5: Das Gasgleichgewicht $\text{NO}_2/\text{N}_2\text{O}_4$

Stellt man Stickstoffdioxid her, hat man es eigentlich mit zwei Verbindungen zu tun, da das braune Gas Stickstoffdioxide zum farblosen Gas Distickstofftetraoxid dimerisiert. Zwischen beiden Gasen besteht ein Gleichgewicht.

Material: 3 Glasampullen mit den Stickoxiden, 3 Bechergläser (250 ml), ggf. Thermometer

Durchführung:

- Die drei Bechergläser werden mit Wasser unterschiedlicher Temperatur befüllt
 - 1) Eiswasser
 - 2) Wasser bei Raumtemperatur
 - 3) Heißes Wasser (z.B. aus dem Wasserkocher)
- In jedes Becherglas wird eine der Ampullen gestellt.

Beobachtungen:

Glas 1	
Glas 2	
Glas 3	

Auswertung:

Formulieren Sie die Reaktionsgleichung und das Massenwirkungsgesetz für die Dimerisierung von Stickstoffdioxid.

Erklären Sie anhand des Massenwirkungsgesetzes die beobachteten Farbänderungen.

Ist die Dimerisierung von Stickstoffdioxid endotherm oder exotherm? Begründen Sie Ihre Antwort anhand des Prinzips von Le Chatelier.

