



Pyrophores Eisen

Experimentieranleitung



Dezember 2010

Stephan Knébel, Marianne Dietiker, Christoph Meili

Modulsponsor:



Dieses Modul wurde mit freundlicher Unterstützung der Metrohm Stiftung Herisau realisiert.

Kontakt:

Die Innovationsgesellschaft St. Gallen

Lerchenfeldstrasse 5, 9014 St.Gallen

Tel. +41 (0) 71 274 72 66

Mail: info@innovationsgesellschaft.ch

www.swissnanocube.ch

Version Dezember 2010

Dieses Modul wurde von der Innovationsgesellschaft St. Gallen im Rahmen des Projektes Swiss Nano-Cube realisiert. Autoren: Stephan Knébel, Marianne Dietiker, Christoph Meili.

Bild Titelseite: Swiss Nano-Cube

Inhalt

1. Nano-Kontext	2
2. Beschreibung des Experiments	2
3. Chemikalien/Substanzen	3
4. Versuchsanordnung/Materialien	3
4.1. Benötigte Materialien Teil 1: Herstellung Eisenoxalat	3
4.2. Benötigte Materialien Teil 2: Verbrennungsreaktion	4
5. Versuchsdurchführung und Musterresultate	5
5.1. Teil 1: Herstellung Eisenoxalat	5
5.2. Teil 2: Verbrennungsreaktion	8
5.3. Entsorgung der Lösungen und Chemikalien	9
6. Theoretische Grundlagen	10
6.1. Chemische Grundlagen	10
6.2. Physikalische Grundlagen: Spezifische Oberfläche	11
7. Anhang 1: Literaturnachweis	12
8. Anhang 2: Chemikalien/Sicherheit/Entsorgung	13
8.1. Allgemeine Hinweise	13
8.2. Links Zu den Sicherheitsdatenblättern	13
8.3. Rechtsgrundlagen/Haftung	13
8.4. Details zu den verwendeten Chemikalien	14

[Begleitvideo zur Experimentieranleitung](#)

1. Nano-Kontext

- **Veränderte Verbrennungseigenschaften von nanoskaligem Eisen**
- **Veränderte Reaktivität von Nanopartikeln durch Oberflächeneffekt**

2. Beschreibung des Experiments

- Chemikalien werden als pyrophor bezeichnet, wenn sie sich in Kontakt mit Luftsauerstoff spontan entzünden.
- Nanoskaliges Eisen reagiert heftig bei Kontakt mit Sauerstoff. Die bei diesem Oxidationsprozess freiwerdende Energie ist so hoch, dass sich die Eisenpartikel spontan entzünden. Nanoskaliges Eisen hat pyrophore Eigenschaften und wird deshalb auch pyrophores Eisen genannt.
- Bei diesem Versuch wird Ammoniumeisen(II)-Oxalat durch Erhitzen in nanoskaliges elementares Eisen umgewandelt [1].
- Die entstehenden Nanopartikel aus elementarem Eisen besitzen eine extrem grosse spezifische Oberfläche. Dadurch wird die Reaktivität mit Sauerstoff stark erhöht [2].
- Sobald nanoskaliges Eisen mit Sauerstoff in Kontakt kommt, verbrennt es unter Funkenbildung.
- Mit dem Versuch kann gezeigt werden, dass durch die gezielte Vergrößerung der Oberfläche die Aktivierungsenergie bestimmter Reaktionen entscheidend verringert werden kann.

3. Chemikalien/Substanzen

Details sind im Anhang 2: Chemikalien/Sicherheit/Entsorgung zu finden.

- Di-Ammoniumoxalat Monohydrat/ $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (Carl Roth GmbH)
- Ammoniumeisen(II)-Sulfat Hexahydrat/ $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Carl Roth GmbH)
- destilliertes Wasser

4. Versuchsanordnung/Materialien



Abbildung 1: Versuchsanordnung/Materialien. (Bild: Swiss Nano-Cube)

4.1. Benötigte Materialien Teil 1: Herstellung Eisenoxalat

Materialangaben für jeweils 2 Schülerinnen und Schüler (Zweierteam)

4.1.1. Schritt 1: Herstellung der Lösungen

- 1 Messzylinder 100 ml (Skalierung 1 ml)
- 1 Stabpipette 10 ml (Skalierung 0.1 ml) mit Pipettierhilfe
- 1 Thermometer (bis 100 °C)
- 1 Stoppuhr
- 1 Heizplatte mit Magnetrührfunktion
- 1 Rührfisch
- je 1 Becherglas 50 ml und 25 ml
- 1 Waage (Genauigkeit bis 0.01 g) und ausreichend Wäge-Schalen für die ganze Klasse
- 1 Spatel

4.1.2. Schritt 2: Mischen der Lösungen und Ausfällung des Oxalats

- 1 Thermometer (bis 100 °C)
- 1 Stoppuhr
- 1 Heizplatte mit Magnetrührefunktion
- 1 Rührfisch
- 1 Becherglas 250 ml für die Ammoniumeisen(II)-Sulfat-Lösung
- 1 Kunststoffspritze 20 ml (Skalierung 1 ml)

4.1.3. Schritt 3: Isolieren des Ammoniumeisen(II)-Oxalats durch Filtrierung

- 2 Glasrichter
- 1 Stativ mit Halterungen für 2 Trichter
- 2 Filterpapiere (Macherey-Nagel MN 615, Ø ca. 110 mm)
- 2 Uhrgläser (Ø ca. 100 mm)
- 1 Abtropfschale (ca. 500 ml, siehe Abb. 1)
- 1 feuerfestes Reagenzglas (Ø mind. 10 mm, Länge mind. 150 mm)

4.2. Benötigte Materialien Teil 2: Verbrennungsreaktion

- 1 Bunsenbrenner (inkl. Feuerzeug)
- 1 Pinzette
- 1 feuerfestes Reagenzglas (Ø mind. 10 mm, Länge mind. 150 mm)
- 1 Metallklemme (Reagenzlashalterung)
- Watte (eine Handvoll pro Reagenzglas)
- 1 feuerfeste Unterlage (evtl. zusätzlich mit Alufolie abdecken)
- 1 starker Magnet/Haftkraft 2-3 kg (www.supermagnete.ch)

5. Versuchsdurchführung und Musterresultate

Tipp für die Lehrperson:

Die Verbrennungsreaktion (Teil 2) funktioniert nur, wenn das Di-Ammoniumeisen-Di-Oxalat völlig trocken ist. Die Herstellung des Di-Ammoniumeisen-Di-Oxalat muss daher mindestens einen Tag vor dessen Verbrennung durchgeführt werden. Das Experiment wird aus diesem Grund am besten auf zwei Lektionen an unterschiedlichen Tagen aufgeteilt (Teil 1 und Teil 2). Für beide Teile können die Schülerinnen und Schüler in Zweierteams arbeiten. Für Teil 1 können pro Zweierteam die Mengen und Materialien verwendet werden, welche in Tabelle 1 (für eine Verbrennung) angegeben sind.

Je nach verfügbarem Material und Zeit kann auch nur Teil 2 des Experiments mit der gesamten Klasse durchgeführt werden. In diesem Fall ist es empfehlenswert, dass die Lehrperson eine bestimmte Menge Di-Ammoniumeisen-Di-Oxalat vorab (mindestens einen Tag im Voraus) herstellt und dieses dann portionenweise den Schülerinnen und Schülern (in Gruppen) zur Verfügung stellt. Die Herstellung von Di-Ammoniumeisen-Di-Oxalat für eine ganze Klasse durch die Lehrperson ist allerdings sehr aufwändig. Daher ist es ratsam, die Durchführung des zweiten Teils in Gruppen von 3-4 Schüler/innen durchzuführen. Sollte dies nicht möglich sein, kann die Lehrperson auch das gesamte Experiment als Vorführexperiment der Klasse präsentieren.

5.1. Teil 1: Herstellung Eisenoxalat

5.1.1. Berechnungen

Tabelle 1: Berechnungs-Schlüssel zur Ermittlung der Chemikalienmengen

Herstellung Eisenoxalat für:...	... eine Verbrennung	... vier Verbrennungen (Maximale empfohlene Menge pro Herstellungsdurchgang)
Lösung 1: Gesättigte Ammoniumoxalat Lösung		
(NH ₄) ₂ C ₂ O ₄ •H ₂ O	2.5 g	10 g
Dest. Wasser	25 ml	100 ml
Becherglas (Volumen)	50 ml	250 ml
Lösung 2: 50 mM Ammoniumeisen(II)-Sulfat Lösung		
(NH ₄) ₂ Fe(SO ₄) ₂ •6H ₂ O	2 g	8 g
Dest. Wasser	100 ml	400 ml
Becherglas (Volumen)	250 ml	500 ml
Lösung 1 + Lösung 2	20 ml + 100 ml	80 ml + 400 ml
Filterpapiere/Trichter (Anzahl)	Je 2 Stück	Je mind. 4 Stück
Plastikspritzen (Volumen/Anzahl)	20 ml/1Stück	100 ml/1 Stück
Durchführung	1x	1x
Verbrennungen (Teil 2)	1x (höchstens 2x)	4x (höchstens 8x)

Tipp für die Lehrperson:

Die maximale empfohlene Menge für einen Herstellungsdurchgang reicht für 4 Verbrennungen im Teil 2 des Experiments. Wird das hergestellte Eisenoxalat auf mehr als 4 Verbrennungen aufgeteilt, so lässt sich der Verbrennungsvorgang schlechter beobachten. Wird eine grössere Menge benötigt, soll die Herstellung der maximalen empfohlenen Menge mehrmals hintereinander durchgeführt werden.

5.1.2. Experimentelle Durchführung Teil 1

Dauer ca. 35 min

Menge für eine Verbrennung (mittlere Spalte Tab. 1)

Sicherheitshinweis: Schutzbrille, Handschuhe!

Wichtig: Für jede Lösung einen neuen, sauberen Messzylinder verwenden oder den bereits gebrauchten vorher gut auswaschen (Entsorgungshinweise für Chemikalien in Anhang 2 beachten).

5.1.2.1. Schritt 1: Herstellung der Lösungen

Dauer ca. 15 min

Gesättigte Di-Ammoniumoxalat Lösung

1. 2.5 g Di-Ammoniumoxalat Monohydrat in ein 50 ml Becherglas mit Rührfisch geben und 25 ml dest. Wasser dazu pipettieren. Dazu eine Stabpipette (10 ml/0.1 ml Skalierung) verwenden.
2. Das Becherglas auf eine Heizplatte mit Magnetrührfunktion stellen und bei angemessener Geschwindigkeit zu rühren beginnen.
3. Die Heizplatte einschalten (Schalter bei ca. 150°C) und auf ca. 50°C erwärmen. Den Temperaturanstieg der Lösung mit dem Thermometer verfolgen.
4. Bis 50°C rühren, das Becherglas dann von der Heizplatte nehmen. Danach wird gewartet, bis sich das nicht lösbares Ammoniumoxalat nach ca. 1 min am Boden des Becherglases absetzt.

Herstellung der 50 mM Ammoniumeisen(II)-Sulfat Lösung

5. Während sich das Di-Ammoniumoxalat aus Schritt 4 absetzt, kann die Ammoniumeisen(II)-Sulfat Lösung vorbereitet werden. Dazu 2 g Ammoniumeisen(II)-Sulfat Hexahydrat in ein 250 ml Becherglas geben und 100 ml dest. Wasser hinzufügen. Dazu einen Messzylinder (100 ml Fassungsvermögen/1 ml Skalierung) verwenden.
6. Das Becherglas auf die Heizplatte mit Magnetrührfunktion stellen und bei angemessener Geschwindigkeit so lange rühren, bis das Ammoniumeisen(II)-Sulfat Hexahydrat vollständig gelöst ist. Anschliessenditerrühren.

5.1.2.2. Schritt 2: Mischen der Lösungen und Ausfällung des Oxalats

Dauer ca. 15 min

7. Die Di-Ammoniumoxalat Lösung mit der 20 ml Plastikspritze aufsaugen, ohne dass dabei das nicht gelöste Di-Ammoniumoxalat am Boden des Becherglases in die Spritze gelangt.
8. Anschliessend die 20 ml aus der Spritze unter hohem Druck und sehr rasch zu den 100 ml Ammoniumeisen(II)-Sulfat Lösung im 250 ml Becherglas auf der Rührplatte spritzen. Das Gemisch sollte umgehend eine orange-gelbe Farbe annehmen (Abb. 2.b).

2.a



2.b



2.c



Abbildung 2: (a) 50 mM Ammoniumeisen(II)-Sulfat Lösung. (b) Ammoniumeisen(II)-Sulfat Lösung kurz nach der Zugabe der Di-Ammoniumoxalat Lösung. (c) Ausfällung des Di-Ammoniumeisen-Di-Oxalats. (Bilder: Swiss Nano-Cube)

Tipp für die Lehrperson:

Wird Di-Ammoniumeisen-Di-Oxalat für mehr als eine Verbrennung hergestellt (rechte Spalte in der Tabelle), so müssen statt 20 ml 80 ml der gesättigten Ammoniumoxalat Lösung zugespritzt werden. Es ist wichtig, dass das Durchmischen der beiden Lösungen sehr rasch vollzogen wird. Um ein optimales Resultat zu erreichen, können statt der in der Tabelle angegebenen 100 ml Spritze auch zwei 50 ml Spritzen verwendet werden. Damit können gleichzeitig je 40 ml Ammoniumoxalat Lösung zugegeben werden.

9. Anschliessend die Heizplatte einschalten (Schalter bei ca. 150 °C) und auf ca. 50 °C erwärmen. Die Lösung sollte zum Schluss eine zitronengelbe (nicht transparente) Farbe annehmen (Ausfällung des Di-Ammoniumeisen-Di-Oxalats; Abb. 2.c). Der ganze Vorgang dauert ca. 10 min. Danach die Heizplatte ausschalten und weitere 5 min rühren. Unterdessen kann die Filtriervorrichtung vorbereitet werden (Abb. 1).

5.1.2.3. Schritt 3: Isolieren des Ammoniumeisen(II)-Oxalats durch Filtrieren

Dauer ca. 5 min

10. Die gelbe Flüssigkeit über Filterpapier und Trichter abfiltrieren (wenn möglich 2 Vorrichtungen verwenden, damit das Pulver anschliessend schneller trocknen kann). Das gelbe Eisenoxalat Pulver bleibt auf dem Filterpapier zurück. Der Aufbau der Filtriervorrichtung ist in Abb. 1 dargestellt.
11. Nachdem die gesamte Flüssigkeit abgetropft ist, können die Filterpapiere mit einer Pinzette vorsichtig aus den Trichtern entfernt werden und zur Trocknung auf zwei Uhrgläser gelegt werden (siehe Abb. 3). Alternativ können auch grosse Petrischalen verwendet werden.



Abbildung 3: Ammoniumeisen(II)-Oxalat Pulver zur Trocknung auf einem Uhrglas (Bild: Swiss Nano-Cube)

- 12.** Das Di-Ammoniumeisen-Di-Oxalat Pulver sollte nun mindestens einen Tag getrocknet werden, bevor es für den zweiten Teil des Experimentes zur Verbrennung verwendet wird. Nach dem Trocknen kann das Pulver mit einem Spatel abgekratzt werden und in ein (oder mehrere) feuerfestes Reagenzglas transferiert werden.

5.2. Teil 2: Verbrennungsreaktion

5.2.1. Experimentelle Durchführung Teil 2

Dauer ca. 10 min

Menge für eine Verbrennung (mittlere Spalte Tab. 1)

Tipp für die Lehrperson:

Die Menge Eisenoxalat, welche mit den Angaben aus der mittleren Spalte der Tabelle 1 hergestellt wurde, reicht für höchstens 2 Verbrennungen. Die Menge Eisenoxalat, welche mit den Angaben in der rechten Spalte der Tabelle hergestellt wurde, reicht für höchstens 8 Verbrennungen.

Sicherheitshinweis: Schutzbrille, Handschuhe!

1. Das Di-Ammoniumeisen(II)-Di-Oxalat Pulver in ein feuerfestes Reagenzglas (\varnothing mind. 10 mm, Länge mind. 150 mm) transferieren und die Öffnung des Reagenzglases gut mit Watte verschliessen.
2. Das Reagenzglas mit einer Klemme (wenn möglich aus Metall) über die blaue Flamme des Bunsenbrenners halten, bis das gelbe Pulver schwarzgrau wird und zu glühen beginnt. Dabei ist es entscheidend, dass das Reagenzglas gut verschlossen ist und während dem Erhitzen kein Sauerstoff in Kontakt mit dem glühenden Pulver kommt.
3. Anschliessend die Watte rasch entfernen und das glühende Pulver aus ca. 50 cm Höhe auf eine mit Alufolie bedeckte feuerfeste Unterlage ausschütten. Dabei entsteht eine orange leuchtende Funkengarbe (siehe Abb. 4). Die grauschwarzen Metallpartikel, welche danach auf der Alufolie zu sehen sind, bestehen aus magnetischem Eisenoxid.



Abbildung 4: Spontane Verbrennung des pyrophoren Eisens. (Bild: Swiss Nano-Cube)

5.3. Entsorgung der Lösungen und Chemikalien

Hinweise zur Entsorgung im Anhang 2 beachten! Übrig gebliebenes Di-Ammonium Eisen(II)-Di-Oxalat sowie das durch die Verbrennung entstandene Eisenoxid müssen entweder aufbewahrt oder bei den dafür vorgesehenen Giftsammelstellen entsorgt werden (Schwermetallabfälle). Der nach der Filtration übrig bleibende wässrige Ammoniumsulfat-Abfall muss ebenfalls bei den dafür vorgesehenen Giftsammelstellen entsorgt werden.

6. Theoretische Grundlagen

6.1. Chemische Grundlagen

Der Ausgangsstoff des pyrophoren Eisens ist Di-Ammoniumeisen(II)-Di-Oxalat [1]. Die Herstellung von Di-Ammoniumeisen(II)-Di-Oxalat erfolgt durch Ausfällung in einer wässrigen Lösung von Di-Ammoniumoxalat und Ammoniumeisen(II)-Sulfat [2]. Als Nebenprodukt entsteht Ammoniumsulfat. Das gelbliche Di-Ammoniumeisen(II)-Di-Oxalat zersetzt sich anschliessend durch Erhitzen in elementares Eisen, Kohlenmonoxid, Kohlendioxid und Ammoniak[1]. Das entstehende elementare Eisen liegt in nanoskaliger Form vor und ist äusserst fein verteilt [1].

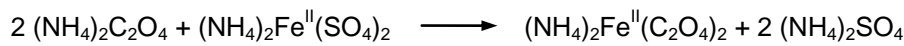
Die Watte, welche während dem Erhitzen das Reagenzglas verschliesst, verhindert den Austritt des Kohlenmonoxids und Kohlendioxids, welches das glühende Eisenpulver vorübergehend überdeckt. Dadurch gerät das entstehende pyrophore Eisen nicht sofort in Kontakt mit Sauerstoff.

Erst wenn die Watte entfernt wird und das glühende Pulver aus dem Reagenzglas geschüttet wird, können die Kohlenstoffgase entweichen und das pyrophore Eisen kann mit Sauerstoff reagieren. Bei dieser Verbrennung entsteht die zu beobachtende, grell-leuchtende Funkengarbe.

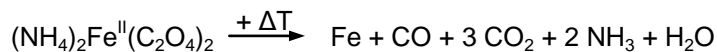
Das übrig bleibende, grauschwarze Metall besteht aus Eisen(III)-Oxid und kann mit einem starken Magneten *wieder eingesammelt werden* [2].

Stöchiometrie:

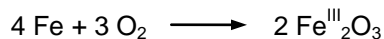
Herstellung des Di-Ammoniumeisen(II)-Di-Oxalats durch Ligandentausch und Ausfällung [1]



Thermolytische Zersetzung [1]

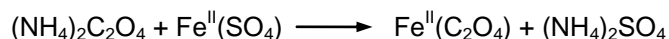


Verbrennung mit Sauerstoff: Pyrophore Reaktion [1]

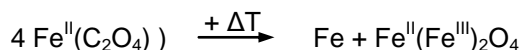


Thermische Zersetzung und Disproportionierung von reinem Eisen(II)-Oxalat

An Stelle von Ammoniumeisen(II)-Sulfat (auch Mohrsches Salz genannt) kann für die Fällungsreaktion auch Eisen(II)-Sulfat ($\text{Fe}^{\text{II}}\text{SO}_4$) verwendet werden [4]. Die Verwendung des Mohrschen Salzes hat jedoch den Vorteil, dass es gegenüber dem Eisen(II)-Sulfat oxidationsunempfindlicher ist [5]. Wenn an Stelle von Ammoniumeisen(II)-Sulfat Eisen(II)-Sulfat ($\text{Fe}^{\text{II}}\text{SO}_4$) verwendet wird, fällt nach dem Ligandentausch zuerst reines Eisen(II)-Oxalat ($\text{Fe}^{\text{II}}(\text{C}_2\text{O}_4)_2$) aus [4].



Bei der anschliessenden thermolytischen Zersetzung des Eisen(II)-Oxalats entsteht in einem ersten Schritt $\text{Fe}^{\text{II}}\text{O}$, welches unterhalb von 560 °C instabil ist [6] und durch Disproportionierung zu elementarem Eisen und $\text{Fe}^{\text{II}}(\text{Fe}^{\text{III}})_2\text{O}_4$ umgewandelt wird.



6.2. Physikalische Grundlagen: Spezifische Oberfläche

Die volumenbezogene spezifische Oberfläche gibt an, welche Oberfläche ein Kubikmeter eines Materials besitzt. Ein Würfel mit einer Kantenlänge von 1 cm besitzt ein Volumen von 1 cm^3 und eine Oberfläche von 0.0006 m^2 . Wird dieser Würfel nun in kleinere Würfel mit einer Kantenlänge von 1 nm zerlegt, so entstehen 10^{21} kleine Würfel die alle zusammen immer noch ein Volumen von 1 cm^3 besitzen, jedoch eine Gesamtoberfläche von 6000 m^2 aufweisen [3]!

Je grösser diese spezifische Oberfläche ist, desto mehr Atome befinden sich in direktem Kontakt mit der Umgebung und können daher direkt mit ihr wechselwirken. Im Gegensatz dazu sind die Teilchen im Innern durch benachbarte Atome von der Umgebung abgeschirmt. In metallischen Kristallgittern führt dies zudem dazu, dass die Atome an der Oberfläche eine weitaus geringere Bindungsenergie aufweisen und, dass die – in Makropartikeln sonst eher unbedeutenden Gitterfehler und freien Koordinationsstellen im Kristallgitter – eine wichtige Rolle zu spielen beginnen [1], [3].

In Bezug auf die Verbrennung von Eisen äussert sich dies wie folgt: Bei fein verteilten Eisen-Nanopartikeln ist die spezifische Oberfläche extrem gross. Ein Grossteil der Eisenatome, welche zusammen ein Nanopartikel formen, befindet sich daher an der Oberfläche des Partikels. Diese Oberflächenatome werden zudem viel weniger stark vom Rest des Partikels „festgehalten“ als dies in makroskopischen Partikeln der Fall wäre. So entstehen veränderte chemische Eigenschaften des Eisens zum Beispiel hinsichtlich seiner Reaktivität mit Sauerstoff. Nanoskaliges Eisen kann daher bereits bei Raumtemperatur oxidiert bzw. verbrannt werden [2]. In makroskopischen Eisen-Kristallen dauert die Oxidation viel länger und schreitet sogar bei Temperaturen von über 600 °C nur sehr langsam voran [2]. Dies, weil sich die überwiegende Mehrheit der Eisenatome im Innern des Partikels befindet und gar nicht mit dem Sauerstoff in Kontakt kommt.

7. Anhang 1: Literaturnachweis

- [1] *Becht S., Ernst S., Bappert R. und Feldmann C., Do-it-yourself! Nanomaterialien zum Anfassen, Chemie in unserer Zeit 44, 2010, 14-23*
- [2] *Becht S., Ernst S., Bappert R. und Feldmann C., Do-it-yourself! Nanomaterialien zum Anfassen, Chemie in unserer Zeit 44, 2010, s1-s7*
- [3] *Goesmann H. und Feldmann C., Nanopartikuläre Funktionsmaterialien, Angewandte Chemie 122, 2010, 1402-1437*
- [4] <http://www.chemieexperimente.de>
- [5] <http://de.academic.ru>
- [6] <http://www.chem-page.de>

8. Anhang 2: Chemikalien/Sicherheit/Entsorgung

8.1. Allgemeine Hinweise

Vor der Verwendung der Chemikalien müssen in allen Fällen die Sicherheitsdatenblätter studiert werden!

Diese werden vom Hersteller mit den Chemikalien mitgeliefert oder können auf den Webpages der Hersteller kostenlos heruntergeladen werden. Die Links zu den Sicherheitsdatenblättern sind im Abschnitt 7.2 zu finden.

Weitere Informationen zu den Chemikalien können auch in der [GESTIS-Stoffdatenbank](#) abgerufen werden. Die gesuchten Chemikalien lassen sich in Datenbanken am besten finden, wenn nach der CAS Nummer gesucht wird. Die jeweiligen Nummern sind in diesem Dokument vermerkt.

Alle R- & S-Sätze sind auf der [Webpage des Bundesamtes für Gesundheit BAG](#) zu finden.

Weitere Hinweise zum Umgang mit Chemikalien finden Sie auf der [Infowebsite des Bundes](#).

8.2. Links Zu den Sicherheitsdatenblättern

- [Di-Ammoniumoxalat Monohydrat](#) (Carl Roth GmbH)
- [Ammoniumeisen\(II\)-Sulfat Hexahydrat](#) (Carl Roth GmbH)

8.3. Rechtsgrundlagen/Haftung

Als verbindlich gelten ausschliesslich die Informationen aus den Sicherheitsdatenblättern der Chemikalien-Hersteller.

Die Sicherheitsdaten für die verwendeten Chemikalien sowie die Sicherheitshinweise zur Durchführung der Experimente wurden sorgfältig recherchiert. **Trotzdem wird keine Haftung für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Informationen übernommen.**

8.4. Details zu den verwendeten Chemikalien

8.4.1. Di-Ammoniumoxalat Monohydrat/ $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ /142.11 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

[Link zum Sicherheitsdatenblatt](#)

Hersteller [Carl Roth GmbH](#) (Art.-Nr. P737.1)

CAS-Nummer 6009-70-7

Di-Ammoniumoxalat Monohydrat erscheint bei Raumtemperatur und Standarddruck in festem Aggregatzustand und in Form von weissem, kristallinem, geruchlosen Pulver. Die Substanz zersetzt sich ab einer Temperatur von 70 °C.

Von der Substanz gehen akute oder chronische Gesundheitsgefahren aus!

Gefahrensymbole



Xn gesundheitsschädlich

Gebotszeichen



Schutzbrille tragen



Handschuhe tragen

R 21/22 Gesundheitsschädlich bei Berührung mit der Haut und beim Verschlucken.

S 24/25 Berührung mit den Augen und der Haut vermeiden.

Hinweise zur Entsorgung

Bei der Giftsammelstelle entsorgen. Nie im Ausguss, in der Toilette oder im Haushaltsabfall entsorgen! Hinweise im [Sicherheitsdatenblatt](#) des Herstellers beachten. Lokale Vorschriften beachten.

Quellen

- [Carl Roth GmbH](#)

8.4.2. Ammoniumeisen(II)-Sulfat Hexahydrat/ $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ /392.14 g* mol^{-1}

[Link zum Sicherheitsdatenblatt](#)

Hersteller [Carl Roth GmbH](#) (Art.-Nr. P728.1)

CAS-Nummer 7783-85-9

Ammoniumeisen(II)-Sulfat-Hexahydrat erscheint bei Raumtemperatur und Standarddruck in festem Aggregatzustand und in Form von blaugrünem, kristallinem, geruchlosem Pulver. Der Schmelzpunkt liegt bei 100 °C.

Gemäss Hersteller gehen von der Substanz keine akuten Gesundheitsgefahren aus. Details zu allgemeinen Sicherheitshinweisen sind auf der [Webpage der Carl Roth GmbH](#) zu finden.

Gebotszeichen



Schutzbrille tragen



Handschuhe tragen

Hinweise zur Entsorgung

Bei der Giftsammelstelle entsorgen. Nie im Ausguss, in der Toilette oder im Haushaltsabfall entsorgen! Hinweise im [Sicherheitsdatenblatt](#) des Herstellers beachten. Lokale Vorschriften beachten.

Quellen

- [Carl Roth GmbH](#)

