

# Sauerstoffhaltige Säuren des Chlors

## Herstellung, Strukturen und Eigenschaften

Constanze Hofmann, WS 99/00, Söll Erik, WS 20/21

### Gliederung

1	Überblick über die sauerstoffhaltigen Säuren des Chlors.....	3
2	Die Hypochlorige Säure $\text{HClO}$ .....	3
2.1	Herstellung .....	3
2.2	Struktur.....	5
2.3	Eigenschaften.....	5
3	Die Chlorige Säure $\text{HClO}_2$ .....	6
3.1	Herstellung .....	6
3.2	Struktur.....	6
3.3	Eigenschaften.....	6
4	Die Chlorsäure $\text{HClO}_3$ .....	7
4.1	Herstellung .....	7
4.2	Struktur.....	7
4.3	Eigenschaften.....	7
5	Die Perchlorsäure $\text{HClO}_4$ .....	8
5.1	Herstellung .....	8
5.2	Struktur.....	8
5.3	Eigenschaften.....	8
6	Tendenzen: Säure-Stärke, Stabilität und Oxidationskraft.....	9
6.1	Säurestärke .....	9
6.2	Stabilität.....	9
6.3	Oxidationskraft .....	10

## 1 Einstieg:

### Experiment 1:

#### Material:

- 2 Reagenzgläser
- Reagenzglas-Gestell

#### Chemikalien:

- **Lackmus-Lösung**  
w= 1%
- **Haushaltsreiniger** (alkalisch)
- „Klorix“

**Durchführung:** Die beiden Reiniger in jeweils ein Reagenzglas füllen und gleiche (zuvor erprobte) Mengen an Lackmus-Lösung zugeben.

**Beobachtung:** Die alkalische Lösung färbt sich blau, die mit Lackmus versetzte „Klorix“-Lösung entfärbt sich wieder, nachdem auch sie für kurze Zeit blau war.

**Interpretation:** Die Blau-Färbung dient als Nachweis einer alkalischen Lösung. „Klorix“ enthält das Salz der hypochlorigen Säure, das eine bleichende Wirkung hat. Der Lackmus-Farbstoff wird oxidativ zersetzt.

**Entsorgung:** Ausguss

### Experiment 2:

#### Material:

- 2 rote Papier-Servietten
- 2 Bechergläser, 600 mL, weite Form

#### Chemikalien:

- **Leitungswasser**
- „Klorix“

**Durchführung:** Servietten in „Klorix“ bzw. Wasser tauchen.

**Beobachtung:** Die Serviette in der „Klorix“-Lösung entfärbt sich, die im Wasser behält ihre Farbe bei.

**Interpretation:** Die rote Serviette wurde gebleicht.

**Entsorgung:** Hausmüll, Ausguss

## 2 Einstieg: Verbal mit Objektdemonstration

#### Material:

- Saurer WC Reiniger
- Putzlappen
- Chlorreiniger (Bsp.: DanKlorix)

Bei einem Wohnungsputz werden hartnäckige Flecken mithilfe eines Reinigers nicht entfernt. Dazu wird ein zweiter Reiniger hergenommen und in den Lappen geträufelt in welchem der erste Reiniger noch vorliegt (mit den Materialien andeuten). Die Vermischung von Reinigern kann schwerwiegende Folgen haben, was ein Pärchen aus Niederbayern am eigenen Leib erleben musste. Was genau passiert ist soll im Folgenden betrachtet werden. Der Hauptbestandteil des ersten Reinigers ist eine Chlorsauerstoffsäure und des zweiten Reinigers ist Zitronensäure.

# 1 Überblick über die sauerstoffhaltigen Säuren des Chlors

Formel	Trivial-Name	Systematik-Name
+I HClO	Hypochlorige Säure	Chlor(I)-säure
+III HClO <sub>2</sub>	Chlorige Säure	Chlor(III)-säure
+V HClO <sub>3</sub>	Chlorsäure	Chlor(V)-säure
+VII HClO <sub>4</sub>	Perchlorsäure	Chlor(VII)-säure

In obiger Übersicht sind die Summen-Formeln und die dazugehörigen Namen der Säuren aufgelistet. Zudem ist die Oxidationsstufe des Chlors in der jeweiligen Säure angegeben. Benennen kann man die einzelnen Säuren nach zwei verschiedenen Nomenklaturen. Die eine richtet sich nach der Anzahl der Sauerstoff-Atome, die andere nach der Oxidationszahl des Chlors.

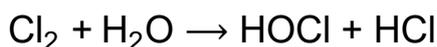
Man kann erkennen, dass sich die aufeinander folgenden Chlorsäuren jeweils durch ein Sauerstoff-Atom unterscheiden.

Fügt man zu dem einen Sauerstoff-Atom der hypochlorigen Säure noch ein weiteres dazu, so heißt die resultierende Oxosäure chlorige Säure.

## 2 Die Hypochlorige Säure HClO

### 2.1 Herstellung

Man leitet Chlorgas in Wasser ein und erhält infolge einer hydrolytischen Disproportionierungsreaktion des Chlors die gewünschte hypochlorige Säure und Salzsäure.



Das Problem bei dieser Gleichung besteht darin, dass die Rückreaktion zum Chlorwasser energetisch günstiger ist. Die exotherme Reaktion unter Bildung von Chlorgas wird bevorzugt. Genau das ist der Grund, weshalb heute nur noch Bleich- bzw. Reinigungsmittel mit dem Zusatz "chlorfrei" in den Geschäften zu finden sind. Die Industrie reagierte damit auf Unfälle, die Hausfrauen passiert sind. Verwendeten diese nämlich Reste von zum Beispiel WC-Reinigern mit Chlor-, das heißt unter Zusatz von hypochloriger Säure, zusammen mit einem Schuss aus der neuen Flasche, die nun aber eine andere Säure enthält, haben sie genau diese Rückreaktion in Gang gesetzt. Giftiges Chlorgas wurde freigesetzt. Deshalb sind auch Vermerke auf den Flaschen sie nicht in Verbindung mit chlorhaltigen Reinigern zu verwenden.

Um zu demonstrieren wie stark die Chlorgas-Entwicklung sein kann, tropft man in ein Becherglas mit "Klorix" Salzsäure (Abzug!).

## Experiment 2:

### Material:

- Becherglas, 600 mL, weite Form

### Chemikalien:

- **Salzsäure**  
w= 32% (konz.)  
CAS-Nr.: 7647-01-0
- „Klorix“
- **Nachweis-Papier**



Gefahr

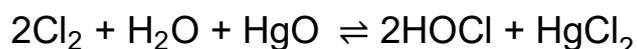
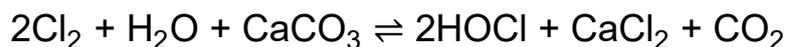
H314, H335, H290  
P260, P305+P351+P338, P303+P361+P353,  
P304+P340, P309+P311

**Durchführung:** Etwa ein Viertel des Becherglases mit „Klorix“ füllen. Unter dem Abzug Salzsäure dazu tropfen. Nachweis-Papier über die Öffnung halten.

**Beobachtung:** Es sprudelt stark. Der Papier-Streifen färbt sich blau.

**Interpretation:** Chlorgas-Entwicklung. Die Rückreaktion obiger Gleichung läuft ab.

**Entsorgung:** Abfall-Behälter für anorganische Lösungen. Um die Gefahr der Rückreaktion zu vermeiden versetzt man das Chlorwasser zusätzlich mit Calciumcarbonat (CaCO<sub>3</sub>) bzw. mit Quecksilberoxid (HgO). Man erreicht damit, dass die Reaktion vollständig von links nach rechts verläuft.



Calciumcarbonat setzt sich mit Salzsäure zu Calciumchlorid und Kohlendioxid um bzw. Quecksilberoxid zu Quecksilber(II)-chlorid. Mit letzterem Zusatz entsteht eine ziemlich konzentrierte, etwa w=20 - 25% Lösung der hypochlorigen Säure.

## Experiment 3:

### Material:

- Tropftrichter
- Rundkolben mit zwei Ansätzen
- Standzylinder
- Stück Stoff (3 cm \* 3 cm)
- Uhrglas
- Stativ mit 2x Klemme und 2x Muffe
- Schlauchmaterial

## Chemikalien:

- **Salzsäure**

w= 32% (konz.)  
CAS-Nr.: 7647-01-0



Gefahr

H314, H335, H290  
P260, P305+P351+P338, P303+P361+P353,  
P304+P340, P309+P311

- **Chlorgas**

CAS-Nr.: 7782-50-5



Gefahr

H270, H280, H330, H310, H319, H335, H400, EUH 071  
P260, P220, P280, P244, P273, P304+P340, P305+P351+P338, P332+P313, P370+P376,  
P302+P352, P315, P405, P403

- **Natriumhypochlorit**

CAS-Nr.: 7681-52-9



Gefahr

H290, H314, H410, EUH 031  
P260, P273, P301+P330+P331,  
P303+361+353, P305+351+P338, P310,  
P501

**Durchführung:** In einem Tropftrichter werden 30 ml konzentrierte Salzsäure vorgelegt. In den Rundkolben werden 5 große Löffel Kaliumpermanganat gegeben. Die seitliche Ableitung ist mit einem Schlauch verbunden, das tief in einen Standzylinder taucht, in dem sich eine Stück Stoff befindet. Die Öffnung ist mit einem Uhrglas möglichst abgedeckt.

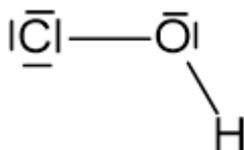
Die konzentrierte Salzsäure wird vorsichtig tröpfchenweise aus dem Tropftrichter in den Rundkolben auf das Natriumhypochlorat gegeben.

**Beobachtung:** Es entsteht ein grünlich gefärbtes Gas. Der Stoff wird ausgebleicht.

**Interpretation:** Das Salz oxidiert das Chlorid zu Chlor auf. Das entstehende Gas ist Chlorgas, welches wiederum die Farbstoffe im Stoff oxidiert und dadurch ausbleicht.

**Entsorgung:** Konz. HCl in anorg. Abfall, Natriumhypochlorit mit starker NaOH alkalisch machen und in Schwermetallbehälter. Wenig verdünnte Spülreste in Ausguss und gut nachspülen. Alle Demontage- und Reinigungsarbeiten unter dem Abzug erledigen.

## 2.2 Struktur



Der Winkel HOCl beträgt 102°.

## 2.3 Eigenschaften

Die hypochlorige Säure ist eine sehr schwache Säure und nur in wässriger Lösung mit einem Gehalt von w= 20 - 25% erhältlich. Die Lösung ist schwach grüngelb gefärbt und riecht nach Chlorkalk. Hypochlorige Säure auf Vorrat herzustellen macht wenig Sinn, da sie sich im Dunkeln langsam, im Sonnenlicht rasch zu Salzsäure und Sauerstoff zersetzt. Sie gibt gerne Sauerstoff ab bzw. nimmt gerne Elektronen auf. Bleichend wirkt nicht nur die Säure, sondern auch ihre Salze, die Hypochlorite, wie im Einstiegsversuch gezeigt wurde.

Ein erwähnenswertes Hypochlorit ist vor allem der Chlorkalk. Er wird technisch in großen Mengen hergestellt und war über 100 Jahre die einzige Form, in der man Chlor transportieren und handhaben konnte. Zur Herstellung setzt man Chlor mit Calciumhydroxid um

und erhält Calciumhypochloritchlorid  $\text{CaCl}(\text{OCl})$ , ein gemischtes Calciumsalz. Man verwendet ihn auch zur Desinfektion von Abwässern und zur Beseitigung des üblen Geruchs von Fäkalien oder faulenden Kadavern. Neben Chlorkalk besitzen auch Kaliumhypochlorit-Lösungen ("Eau de Javelle"), die seit 1792 fabrikmäßig hergestellt werden und die seit 1820 gewonnenen Natriumhypochlorit-Lösungen ("Eau de Laborraque") desinfizierende Wirkung.

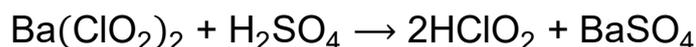
Auf Behältern mit Bleichmitteln befindet sich auch oft die Angabe "x% aktives (wirksames) Chlor". Die Angabe entspricht der Masse an Chlor, die sich zum Beispiel aus Chlorkalk und Salzsäure entwickelt, ausgedrückt als Massenanteil w. Reiner Chlorkalk enthält zum Beispiel  $w(\text{CaCl}(\text{OCl}))=56\%$  "aktives Chlor". Handelsprodukte sind jedoch oft mit Sulfonaten gestreckt und enthalten etwa  $w=25\text{-}36\%$  davon.

Die hypochlorige Säure ist nur eine der vier Sauerstoffsäuren des Chlors. Die allgemeine Summenformel der Oxosäuren ist  $\text{HOCl}_n$ , wobei „n“ die Werte 1, 2, 3 und 4 annehmen kann.

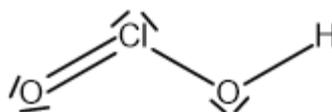
### 3 Die Chlorige Säure $\text{HClO}_2$

#### 3.1 Herstellung

Die chlorige Säure erhält man, indem eine Bariumchlorit-Suspension mit Schwefelsäure umgesetzt wird. Bariumsulfat fällt aus.



#### 3.2 Struktur



Projektionsformel: Das Anion der chlorigen Säure ist gewinkelt gebaut.

#### 3.3 Eigenschaften

Die chlorige Säure ist als Säure in der Praxis bedeutungslos, da sie sich sehr schnell zersetzt.



Beständiger dagegen sind ihre Salze, die Chlorite. Sie wirken wie die Hypochlorite in Lösung stark oxidierend. Bringt man festes Natriumchlorit ( $\text{NaClO}_2$ ) mit organischen Substanzen, Kohle-, Schwefel- oder Metallpulver zusammen, so bilden sich explosive Gemische. Besonders charakteristisch für die chlorige Säure sind das gelbe Silbersalz  $\text{AgClO}_2$  und das gelbe Bleisalz  $\text{Pb}(\text{ClO}_2)_2$ . Die Überlegung, sie aufgrund ihrer Färbung als Anschauungsmaterial mitzubringen, sollte man jedoch gründlich abwägen. Da sich die beiden sehr schwer löslichen Salze beim Erwärmen oder durch Schlageinwirkung zersetzen und explodieren.

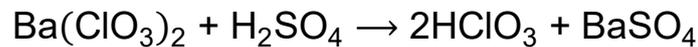
Chlorite wirken ebenso wie Hypochlorite bleichend, wobei Chlorite besonders faserschonend sind. Sie werden auch zum Beizen verwendet. Weiterhin werden sie gebraucht, um Stickoxide ( $\text{NO}_x$ , nitrose Gase) aus Industrie-Abgasen und allgemein übelriechende oder toxische Verbindungen zu entfernen.

Mit zunehmender Anzahl der Sauerstoff-Atome in den Säuren bzw. mit steigender Oxidationszahl des Chlors nehmen auch die Säurestärke bzw. der  $pK_s$ -Wert und die Stabilität der Säuren zu. Die Oxidationskraft bzw. das Redoxpotential hingegen nehmen ab.

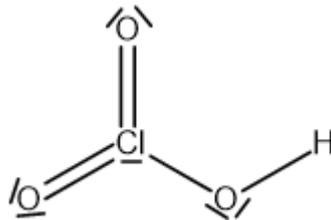
## 4 Die Chlorsäure $\text{HClO}_3$

### 4.1 Herstellung

Die Herstellung von freier Chlorsäure verläuft analog der chlorigen Säure. Nur setzt man jetzt Bariumchlorat mit Schwefelsäure um.



### 4.2 Struktur



Projektionsformel: Das Anion der Chlorsäure mit nun drei Sauerstoff-Atomen ist pyramidal gebaut.

### 4.3 Eigenschaften

Die wesentlich stabilere Chlorsäure kann über konzentrierter Schwefelsäure als Wasser ziehendem Mittel bis zu  $w=40\%$  Chlorsäure eingedunstet werden. Eine weitere Konzentrierung würde zu ihrer Zersetzung führen. Genauso wie die hypochlorige Säure ist die farblose Chlorsäure nur in wässriger Lösung erhältlich.

Ihre Salze, die Chlorate kommen in unterschiedlichen Bereichen zum Einsatz. Natriumchlorat wirkt zum Beispiel als Unkrautbekämpfungsmittel.

Ein weiteres Verwendungsgebiet, nun für Kaliumchlorat, sind Zündhölzer. Hier kann das Auditorium selbst mitwirken. So werden zum Beispiel an eine Gruppe (Männer) Streichhölzer 1. Art, an eine andere Gruppe (Frauen) Streichhölzer 2. Art verteilt. Unglücklicherweise, aber mit Absicht vergessen, ist keine Schachtel mit einer geeigneten Reibfläche vorhanden. Deshalb werden die Gruppen aufgefordert sich anderweitige Flächen (Tisch, Stuhllehne, Wand, ...) zu suchen. Die zweite Gruppe hat nach einigen Versuchen Erfolg und das Streichholz brennt, die erste nicht. Damit aber niemandem graue Haare wachsen betrachtet man den Aufbau eines Zündholzes mal genauer. Für jeden deutlich sichtbar wird nun ein extra langes Kaminstreichholz zur Klärung des Aufbaus verwendet. Das Köpfchen ist der Initialzündler, in ihm ist Kaliumchlorat als Oxidationsmittel enthalten. Das Holz ist das Brennmaterial. Der in der Reibfläche enthaltene Phosphor ist der Reaktionspartner. - Warum haben aber die Streichhölzer der zweiten Gruppe ohne Reibfläche gebrannt?

Auflösung: Die Streichhölzer 1. Art waren Sicherheitsstreichhölzer, bei denen die Reaktionspartner voneinander getrennt sind (Köpfchen, Reibfläche). Die Streichhölzer 2. Art hingegen sind Überallstreichhölzer, das heißt sowohl Kaliumchlorat als auch Phosphor sind im Köpfchen enthalten. Hier ist nur Druck auf einer ausreichend langen Strecke zum Zünden erforderlich.

Zudem ist Kaliumchlorat Bestandteil der Zündmasse von Feuerwerkskörpern, Spreng- und Raketentreibstoffen, aber auch Inhaltsstoff in Gurgel- und Mundwässern. Vorsicht ist jedoch geboten, da mehr als ein Gramm giftig ist!

Wenn der ein oder andere jetzt fleißig mitgezählt hat, wird er feststellen, dass nur noch eine der vier Oxosäuren des Chlors fehlt.

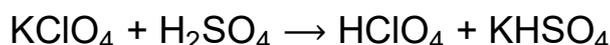
## 5 Die Perchlorsäure $\text{HClO}_4$

### 5.1 Herstellung

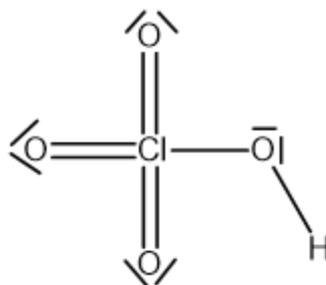
Ausgangsstoffe zur Herstellung der Säure mit der höchsten Anzahl an Sauerstoff-Atomen bei den sauerstoffhaltigen Säuren des Chlors sind die Chlorate. Eine Disproportionierung der Chlorate durch Wärme-Einwirkung führt zunächst zur Bildung von Perchloraten, den Salzen der Säure.



Versetzt man die Salze anschließend mit Schwefelsäure, so bildet sich die gewünschte Perchlorsäure und Hydrogensulfat.



### 5.2 Struktur



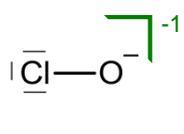
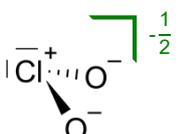
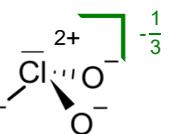
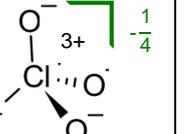
Projektionsformel: Das Chlor-Atom des Anions der Perchlorsäure liegt in der Mitte eines Tetraeders.

### 5.3 Eigenschaften

Die Perchlorsäure gehört zu den stärksten Säuren, die es gibt. Sie ist als einzige der vier Sauerstoffsäuren des Chlors wasserfrei erhältlich. Die farblose Lösung raucht an der Luft. Kommen brennbare Substanzen, wie Holz, Papier oder organische Verbindungen, mit ihr in Berührung, so werden sie explosionsartig oxidiert. Man kann sich daher vorstellen, dass Perchlorsäure auf der Haut schmerzhaft und nur schwer heilende Wunden erzeugt. Konzentrierte wässrige Lösungen sind von öliger Konsistenz. Mit der wasserfreien Form zu arbeiten ist sehr gefährlich, da sie ohne sichtbare äußere Einwirkung unter Explosion zerfällt. Verdünnte Lösungen sind wesentlich beständiger und völlig ungefährlich.

Perchlorate, die Salze der Perchlorsäure sind starke Pflanzengifte und in Unkrautbekämpfungsmitteln ebenso enthalten wie die Chlorate. Als Sauerstoffüberträger werden auch sie in Spreng- und Raketentreibstoffen verwendet.

## 6 Tendenzen: Säure-Stärke, Stabilität und Oxidationskraft

$\text{ClO}_n^-$	$\text{ClO}^-$	$\text{ClO}_2^-$	$\text{ClO}_3^-$	$\text{ClO}_4^-$
Name	Hypochlorige Säure	Chlorige Säure	Chlorsäure	Perchlorsäure
Lewis-Formel				
Potenziale	$\text{ClO}^- \xrightarrow{1,63} \text{Cl}_2$	--	$\text{ClO}_3^- \xrightarrow{1,47} \text{Cl}_2$	$\text{ClO}_4^- \xrightarrow{1,39} \text{Cl}_2$
Säurestärke				
Stabilität				
Oxidationskraft (Redox-Potenzial)				

### 6.1 Säurestärke

Mithilfe der Lewis-Formeln können Tendenzen zur Säurestärke getroffen werden. Alle Moleküle sind partiell einfach negativ geladen. Diese negative Ladung verteilt sich delokalisiert über alle vorhandenen Sauerstoffatome. Die Ladung der einzelnen Sauerstoffatome ist durch die grüne Zahl in der Tabelle dargestellt. Somit ist die Partialladung eines jeden Sauerstoffatoms der Perchlorsäure nicht -1, sondern -1/4 geladen. Werden diese einzelnen Teilladungen zusammengezählt, liegt eine einfach negative Ladung des gesamten Moleküls vor.

Die Grünen Zahlen in der obigen Tabelle stellen die Resonanz zwischen einem Sauerstoffatom und einem Wasserstoffkation dar. Da starke Säuren die Eigenschaft besitzen ein Proton leichter abzugeben, gilt je größer diese Resonanz ist, desto stärker wird das Wasserstoffkation festgehalten. Damit ist die hypochlorige Säure die schwächste und Perchlorsäure die stärkste Säure.

### 6.2 Stabilität

Die Stabilität lässt sich mithilfe der Potenziale der Oxidationskraft erklären. Dies ist ein Maß für die Elektronenaffinität eines Moleküls. Zudem macht ein Oxidationsmittel sich aus der Eigenschaft aus sich selbst zu reduzieren. Dabei wird Sauerstoff abgegeben und die Eigenschaft der sauerstoffspendenden Wirkung wird deutlich. Die Chlorige Säure ist eine Ausnahme, da diese im sauren sehr schnell zerfällt und als Säure unbrauchbar wird. Aus diesem Grund ist kein Potenzial im Diagramm dargestellt. Die Zahl über dem Pfeil beschreibt die Stärke dieser Oxidationskraft.

Die Neigung eine geringere Oxidationsstufe einzunehmen zu wollen und somit eine andere Zusammensetzung anzunehmen, sinkt von der hypochlorigen Säure zur Perchlorsäure ab und macht diese zur stabilsten der Chlorsauerstoffsäuren.

## 6.3 Oxidationskraft

Die Oxidationskraft sinkt von der hypochlorigen Säure zur Perchlorsäure.

**Zusammenfassung:** Die Chlorsauerstoffsäuren kommen in den Oxidationsstufen +1, +3, +5 und +7 vor und unterscheiden sich in ihren Eigenschaften. Aus diesem Grund gibt es für jede der Säuren unterschiedliche Verwendungsmöglichkeiten.

Diese Eigenschaften lassen sich mithilfe von Tendenzen beschreiben. Somit steigt die Säurestärke und die Stabilität von der niedrigsten Oxidationsstufe zur höchsten an, wohingegen die Oxidationskraft in dieser Richtung abnimmt. Alle besitzen das Kennzeichen ein starkes Oxidationsmittel zu sein.

### Abschluss 1: Das Rezept für den „Knall-Bonbon“

#### Material:

- 2 Mörser, Pistill
- Spatel
- Alu-Folie
- Hammer
- feste bzw. harte Unterlage
- Ohropax
- Schutzbrille

#### Chemikalien:

- **Schwefel-Pulver**  
CAS-Nr.: 7704-34-9



Achtung

H315

- **Kaliumchlorat**  
CAS-Nr.: 3811-04-9



Gefahr

H271, H302, H332, H411, P210, P221, P273

**Durchführung:** Schwefel und Kaliumchlorat getrennt voneinander fein zermörsern und anschließend in einem der beiden Mörser vorsichtig vermischen. Kleine Mengen (Spatelspitzen) davon gibt man auf ein etwa 3 \* 3 cm großes Stück Alufolie und formt zu kleinen Kügelchen. Mit Arbeitsmantel, Schutzbrille und Ohropax ausgerüstet schlägt man nun mit einem Hammer, der einen ausreichend langen Stiel besitzen sollte, kräftig und zielsicher auf eine der Kugeln.

**Beobachtung:** Es knallt laut.

**Interpretation:** Das Gemisch aus Schwefel und Kaliumchlorat hat unter Schlageinwirkung explosionsartig reagiert. Dabei entstehen Gase. Die sprunghafte Volumen-Erhöpfung ist als Knall hörbar.

**Entsorgung:** Feststoff-Abfall

Dass es bei den sauerstoffhaltigen Säuren des Chlors öfters mal zischt, kracht und knallt sollte nun wirklich jeder mitbekommen haben! Vorsicht ist bei den Oxosäuren des Chlors nie fehl am Platz, dennoch gilt auch hier: "Die Menge macht's!"

## Abschluss 2: „Glühende Gummibärchen“

### Material:

- Reagenzglas, d= 30 mm, Borosilikat-Glas
- Stativ, Muffe, Klammer
- Brenner, Feuerzeug
- Pulver-Spatel

### Chemikalien:

- **Kaliumchlorat**  
CAS-Nr.: 3811-04-9
- **Gummibärchen**



Gefahr

H271, H302, H332, H411, P210, P221, P273

**Durchführung:** 15g (oder weniger) Kaliumchlorat werden mit einem Bunsenbrenner in einem großen Reagenzglas, das schräg in ein Stativ eingespannt ist vorsichtig geschmolzen. Anschließend lässt man ein Gummibärchen mit der Tiegelzange in die Kaliumchloratschmelze fallen.

**Beobachtung:** Die Reaktion beginnt sofort. Man hört ein Brummen und Rauschen und beobachtet eine weiße Gasentwicklung (Foto A). Das Gummibärchen verbrennt unter intensivem Aufglühen mit rot-violetter Flamme. Zudem kann man beobachten, wie es auf der Salzschmelze tanzt.

**Interpretation:** Bei der Reaktion wird die Gelatine (Polypeptid) unter Feuererscheinung zu Kohlenstoffdioxid und Wasser oxidiert. Die bei der Verbrennung entstehenden Gase, Kohlenstoffdioxid, Stickoxide und Wasserdampf, reißen das Gummibärchen periodisch mit sich und verursachen so den Tanzeffekt

**Entsorgung:** Das überschüssige Kaliumchlorat wird mit wässriger Salzsäure verkocht und anschließend mit Natronlauge neutralisiert. Die Salzlösung kann in das Abwasser gegeben werden.

Das Mischen zweier Haushaltsreiniger kann schwerwiegende Folgen nach sich ziehen und sollte keinem mehr unterlaufen. Mithilfe der Hypochlorigen Säure kann nicht nur ein Reiniger hergestellt werden, sondern auch Perchlorsäure, was als Raketentreibstoff dient. Im Treibstoff selbst ist ein Oxidationsmittel und eine andere Energiereiche Verbindung enthalten.

Eine oxidative Wirkung wie bei einem Raketenstart wird mithilfe des oben dargestellten Experimentes („Glühende Gummibärchen“) demonstriert. Mithilfe der Produkte der Reaktion, welche aus den Düsen geleitet werden, hebt die Rakete ab. So kann jeder selbst entscheiden, ob er lieber putzen oder zum Mars fliegen möchte.

## Quellen:

1. Holleman A. F.; Wiberg E.: *Lehrbuch der Anorganischen Chemie*, DeGruyter, Berlin, 2017
2. Riedel E.: *Anorganische Chemie*, DeGruyter, Göttingen, 2015
3. W. Glöckner, W. Jansen, R. G. Weissenhorn, *Handbuch der experimentellen Chemie*, Aulis Verlag Deubner & Co KG Köln 1996
4. R. Arendt, L. Dörmer, *Technik der Experimentalchemie*, Quelle und Meyer 1980
5. [http://www.uni-koeln.de/math-nat-fak/didaktiken/chemie/material/fachdid\\_praktikum/49\\_herstellung\\_und\\_bleichwirkung\\_von\\_chlorgas.pdf](http://www.uni-koeln.de/math-nat-fak/didaktiken/chemie/material/fachdid_praktikum/49_herstellung_und_bleichwirkung_von_chlorgas.pdf) , 03.02.2020
6. <https://www.chemieunterricht.de/dc2/mwg/domestos.htm> , 02.02.2020
7. <https://www.ovb-online.de/weltspiegel/bayern/giftgefahr-beim-fruehjahrsputz-6273209.html> , 03.02.2020