

Halogene – Herstellung von Iod und Chlorwasserstoff

Einführung

Iod

Halogene (gr.: hals = Salz; genein = bilden → Salzbildner) stellen eine wichtige Gruppe im Periodensystem dar. Die wichtigsten Vertreter sind Chlor (Cl), Brom (Br), Fluor (F) und Iod (I). Die Halogene sind alle sehr reaktionsfähige Elemente und kommen deswegen nicht elementar in der Natur vor. Das gasförmige Fluor ist das reaktionsfähigste Element überhaupt.

Das grünlichgelbe Chlorgas (gr.: chloros = grün) ist ein sehr wichtiger Stoff in der chemischen Grossindustrie. Es findet Verwendung als Bleichmittel und als Desinfektionsmittel von (Trink)wasser. Chlor braucht man unter anderem auch zur Herstellung von Salzsäure HCl (aq).

Das violettschwarze Iod (gr.: ioeides = veilschwarz) ist bei Zimmertemperatur fest. Eine alkoholische Lösung von Iod diente bis in die 1960er-Jahre in Form von Iodtinktur als Desinfektionsmittel von Wunden. Heute dient Iod in Halogenlampen der Erhöhung der Lichtausbeute. Radioaktives Iod-131 entsteht als Zerfallsprodukt bei Kernspaltungen. Gelangt dieses Iod in den menschlichen Körper, so reichert es sich in der Schilddrüse an, wo es Schilddrüsenkrebs verursachen kann. Um Kropfbildung der Schilddrüse durch Mangel an 'normalem' Iod (Iod-127) zu verhindern, gibt man dem Speisesalz kleinste Mengen Kaliumiodat (KIO₃) bei. Iod kommt natürlich v.a. in Seetang (Kelp-Alge) vor, was in käuflichem Meersalz entsprechend deklariert wird. Stärke in Nahrungsmittel (Kartoffeln, Brot) kann man mit einer Iod-Kaliumiodid-Lösung nachweisen: Eine violett bis schwarze Färbung zeigt dabei die Anwesenheit von Stärke an; die Iod-Kaliumiodid-Lösung ist selbst gelb-orange.

Halogene wie Iod werden aus Halogeniden (z.B. Kaliumiodid KI) durch Einwirkung starker Oxidationsmittel (z.B. Kaliumperoxodisulfat) oder grosstechnisch durch Elektrolyse von Halogeniden gewonnen.

Eigenschaften von Chlorwasserstoff / Salzsäure

Salzsäure ist eine Lösung von Chlorwasserstoffgas in Wasser: $\text{HCl (g)} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{HCl (aq)}$

1 Liter Wasser löst bei 0 °C 825 g beziehungsweise 525 l HCl-Gas; eine bei 20 °C gesättigte Lösung ist 40.4 %ig, ihre Dichte beträgt 1.200 g/ml. Eine solche Lösung wird als 'konzentrierte Salzsäure' bezeichnet. Die im Labor verwendete konz. Salzsäure ist 37 %ig; 1000 g dieser Salzsäure enthalten also 370 g gelöstes Chlorwasserstoffgas.

Konz. oder verd. Salzsäure ist eine farblose, wasserklare Flüssigkeit, die an offener Luft um so mehr 'raucht' (effektiv ein Nebel, zurückzuführen auf die Bildung feinsten Salzsäuretröpfchen aus entweichendem HCl-Gas und Luftfeuchtigkeit) und um so stechender riecht, je konzentrierter sie ist. Salzsäure ist eine sehr starke Mineralsäure. Sie leitet den elektrischen Strom sehr gut. Salzsäure löst die meisten Metalle und auch Karbonatgesteine wie Kalk auf.

Stark verdünnte (0.1 bis 0.5 %ige) Salzsäure findet sich im Magensaft (pH 0.9–2.3) des Menschen und der höheren Tiere; diese unterstützt die Eiweiss verdauenden Enzyme (z.B. Pepsin) und hemmt schädliches Bakterienwachstum. Bei Störungen der Magensäure-Produktion (neben Salzsäure kann hier auch Milchsäure beteiligt sein) entsteht oft ein brennendes Gefühl in Rachen und Speiseröhre (Sodbrennen), dem man durch Wassertrinken oder Einnehmen von Säure bindenden oder neutralisierenden Stoffen wie Magnesiumoxid begegnen kann. Einatmung von Salzsäuredämpfen respektive Chlorwasserstoff führt zu Lungenentzündungen, schliesslich werden die feinen Lungenbläschen angeätzt, so dass Blut in die sonst Luft gefüllten Lungenhohlräume eintritt. Salzsäuredämpfe schädigen auch die Zähne. Auf der Haut ruft Salzsäure Hautrötung, Blasen und brennende Schmerzen hervor.

Als starke Säure spielt Salzsäure in der chemischen Industrie und in anderen Industriezweigen eine vielfältige Rolle, z.B.: zum Aufschluss von Rohphosphat und anderen Erzen, zur Metallbearbeitung durch Beizen, Ätzen und Löten (Auflösung störender Oxidschichten), bei Farbstoffsynthesen, zum Aufschliessen tierischer und pflanzlicher Eiweisse.

In diesem Praktikum stellst du selbst Chlorwasserstoffgas her und lässt dieses Gas in spektakulärer Form zu Salzsäure reagieren. Du hast auch die Gelegenheit, das Halogen Iod selbst herzustellen respektive darzustellen, wie man in der Fachsprache sagt. Die Aggregatzustände von Iod werden dabei sehr schön ersichtlich.

- Lernziele:**
- Du kannst den HCl-Springbrunnen-Versuch beschreiben und mit den Eigenschaften von Chlorwasserstoff erklären.
 - Du kannst die Aggregatzustände von Iod beschreiben und die Aggregatzustandsübergänge mit dem korrekten Begriff bezeichnen.

Sicherheit: ⚠ Du arbeitest mit konzentrierten Säuren und Laugen, und es entsteht ätzendes Iod. Das Tragen der Schutzbrille ist für alle obligatorisch, auch für Personen, die nicht direkt hantieren! Hautkontakt mit Säure/Lauge: sofort mit Wasser abwaschen. Säure/Lauge in den Augen: Sofort den ganzen Inhalt des Augensprays (ganz vorne bei der zentralen Ablage und hinten in der Glasvitrine) zur Anwendung bringen. Ansonsten das Auge sofort unter dem Wasserhahn ausspülen – mindestens 10 min lang. Anschliessend Arzt aufsuchen. Säure / Lauge auf der Arbeitsfläche: mit Haushaltspapier aufputzen. Hände waschen.

Versuch 1 Darstellung von Iod

Geräte / Material

- 2 RGs (gerade ineinander passend; liegen bereit)
- Bunsenbrenner
- Reagenzglasklammer
- kleinste Reibschale mit Pistill
- Spatel
- Schutzbrille
- Haushaltspapier
- Wägebepapier
- Waage
- Sammelglas 'Halogene/NaOH' (zentral)

Chemikalien

- Kaliumiodid (KI)
- Kaliumperoxodisulfat ($K_2S_2O_8$)
- Natronlauge (2 M) zur Reinigung
- Vorratsfläschchen für Iod (zentral)
- dest. Wasser

- (1.1) Stelle zwei Reagenzgläser (RG) bereit, wobei das eine gerade in das andere passt.
- (1.2) ⚠ Wäge 0.1 g Kaliumiodid und 0.2 g Kaliumperoxodisulfat je auf einem (gefalteten) Wägebepapier ab. Zerreiße und mische die zwei Substanzen kurze Zeit in der Reibschale. Was fällt dir dabei auf?
- (1.3) Transferiere das Gemisch mit einem Spatel zurück auf ein Wägebepapier (aus Schritt 1.2) und von dort via Falz des Wägebepapiers in das grössere RG.
- (1.4) Fülle das kleinere RG zu $\frac{2}{3}$ mit kaltem Leitungswasser (dient als Kühlmedium) und trockne es ausen gut ab. Stecke dieses RG nun in das RG mit dem Reaktionsgemisch.
- (1.5) Das Gemisch soll nun erwärmt werden: Halte dazu das RG im 45° -Winkel über die Bunsenbrennerflamme (man darf nur den RG-Boden erwärmen!), und zwar 5 Sekunden lang respektive bis sich dichter Ioddampf gebildet hat. Beobachte nun den Boden des kleineren RGs und warte nun bis der Ioddampf verschwunden ist.
- Wiederhole diesen Schritt nochmals, falls noch nicht genug festes Iod am kleinen RG sichtbar wurde. Notiere deine Beobachtung.
- (1.6) Nach Beendigung der Reaktion – der RG-Boden ist nun mit einer weissen Substanz bedeckt – kann das kleinere RG mit dem Iod vorsichtig herausgenommen werden. Notiere deine Beobachtung. Das Iod kratzt man anschliessend mit einem Spatel in das Vorratsfläschchen für Iod.
- (1.7) ⚠ Entsorgung: Gib in das grössere Reagenzglas 2 Pipetten voll Natronlauge (2 M) und löse die Salzreste mit dem Spatel (aus Schritt 1.7.) vom Boden des RGs. Transferiere nun den Inhalt in die Reibschale. Diese soll so selbst von Resten elementaren Iods befreit werden. Die Natronlauge in der Reibschale kann nun auch gleich zur Reinigung des Bodens des kleinen RGs verwendet werden. Entsorge nun die Natronlauge und allfällige Salzreste in den Entsorgungsbehälter 'Halogene/NaOH'. Reinige die RGs anschliessend mit Wasser. Am Schluss spülst du die 2 RGs noch mit dest. Wasser und legst diese unbedingt in die zentrale Kunststoffbox zurück.


Versuch 2 HCl-Springbrunnen

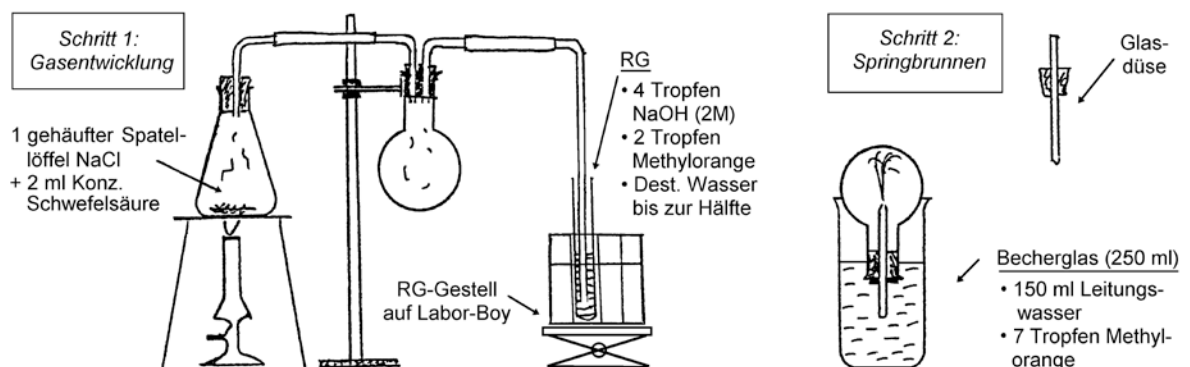
Geräte / Material

- HCl-Springbrunnen-Kit enthält:
 - 1 Erlenmeyer (100 ml), Enghals
 - 1 Rundkolben (100 ml), Enghals
 - 1 Gummistopfen mit Doppelloch
 - 1 Gummistopfen mit Loch
 - 1 Gummistopfen mit Glasdüse
 - 2 x 2 gewinkelte Glasrohre mit Schlauchverbindung
- Pasteurpipette (lang)
- Becherglas (250 ml), Hochform
- Messzylinder (10 ml)
- Bunsenbrenner
- Dreifuss mit Drahtnetz
- Stativ (mit Muffe und Klammer)
- RG-Gestell und 1 RG
- Labor-Boy
- Spatellöffel
- Schutzbrille
- Glycerin (als Gleitmittel für Verbindungen Glas/Gummi)

Chemikalien

- Natriumchlorid (NaCl)
- Natronlauge (2 M)
- konz. Schwefelsäure (98 %)
- Leitungswasser
- Methylorange
- dest. Wasser

- (2.1)  Stelle die unten skizzierte Apparatur zusammen. Es muss alles bereit liegen und passend sein (Dichtigkeit!). Die Schwefelsäure wird als letztes in einem Messzylinder bereitgestellt, aber noch nicht in den Erlenmeyerkolben hinzugegeben. Lies nun die folgenden 2 Versuchsschritte und ruf die Lehrperson zu dir (der Versuch findet unter Aufsicht der Lehrperson statt).
- (2.2) Sobald die Schwefelsäure zum Natriumchlorid gegeben wird, beginnt die HCl-Gas-Entwicklung. Im RG mit der verd. Natronlauge lässt sich die Gasentwicklung gut verfolgen (Abb., Schritt 1). Erhitze den Gasentwickler nur kurz, bis sich die Gasblasen-Bildungsrate im RG merklich erhöht. Stelle nun den Bunsenbrenner ab. Sobald der Indikator (Methylorange) im RG umschlägt, kann man annehmen, dass der Rundkolben nun vollständig mit Chlorwasserstoff gefüllt ist.
- (2.3) Person 1 und 2: beide Gummistopfen lösen (ohne die Glasrohre daraus zu lösen);
Person 1: Gasentwickler (Erlenmeyerkolben) sofort mit kaltem Wasser auffüllen und gut spülen.
Person 2: Dem Rundkolben die Düse aufsetzen und wie gezeichnet in das mit Indikator versetzte Wasser im Becherglas *eintauchen* (Abb., Schritt 2). Beobachtung notieren.
- (2.4) *Aufräumen*: Die rote Flüssigkeit in den Abguss, das Material aus dem Kit 'HCl-Springbrunnen' zuerst mit Leitungs-, dann mit dest. Wasser spülen und unbedingt zurück in die Kunststoffbox legen.



Aufgaben

Die Aufgaben- korrespondiert mit der Versuchsnummer. Gib für alle Stoffe den Zustand an: s, l, g, aq.

- (1.1) Schlage Siede- und Schmelzpunkt von Iod im PSE nach. Beschreibe nun die im Versuch beobachteten Aggregatzustände von Iod und weise den Phasenübergängen die korrekten Fachbegriffe zu.
- (1.2) Formuliere die Reaktionsgleichung. Als weiteres Produkt neben Iod entsteht Kaliumsulfat K_2SO_4 .
- (2.1) Formuliere die Reaktion von Natriumchlorid mit konz. Schwefelsäure (H_2SO_4).
- (2.2) Was zeigt der Wechsel von der gelben zur roten Farbe von Methylorange an?
- (2.3) Welche Konzentration in mol/Liter hat konz. Salzsäure (40.4 %)? Ihre Dichte beträgt 1.200 g/ml.