







## Das rote Leuchten des Singulett-sauerstoffs

**Geräte:** Schnappdeckelglas groß (50 mL), passender Gummistopfen mit einer langen Kanüle (soll bis auf den Boden des Schnappdeckelglases reichen) und einer kurzen Kanüle, Aktivkohleadsorptionsröhrchen

**Chemikalien:** Natronlauge,  $c(\text{NaOH}) = 3 \text{ mol/L}$ , (ätzend, C; H314)   
Wasserstoffperoxid,  $w(\text{H}_2\text{O}_2) = 30\%$ , (ätzend, C; brandfördernd, O; H271/332/302/314)    
Eis als Kühlmittel,  
Chlor,  $\text{Cl}_2(\text{g})$ , aus Mikroscale-Ansatz (giftig, T; umweltgefährdend, N; H270/280/330/319/315/335/400)   

**Sicherheit:** Im Abzug arbeiten! (P260)  
Abfälle sollen nicht in die Kanalisation gelangen und werden getrennt gesammelt. (P273)

**Versuchsdauer:** (wenn alles gekühlt ist) 5 Minuten

**Versuchsaufbau:**



**Durchführung:** In der Vorbereitung muss zunächst Chlorgas hergestellt werden (Microscale in der Spritze, 10-15 Minuten).

50 mL Natronlauge ( $c = 3 \text{ mol/L}$ ) und 10 mL  $\text{H}_2\text{O}_2$  ( $w = 30\%$ ) werden getrennt einige Stunden vor Versuchsbeginn in den Kühlschrank gegeben und/oder

vor Versuchsbeginn in ein Eisbad stellen (Effekt ist besser).

5 mL H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> und 25 mL NaOH werden in das Schnappdeckelglas gefüllt und nochmals im Eisbad gekühlt. Das Schnappdeckelglas wird mit dem vorbereiteten Gummistopfen verschlossen.

Auf die kurze Kanüle setzt man das Aktivkohleadsorptionsröhrchen und auf die lange Kanüle die Spritze mit dem Chlorgas.

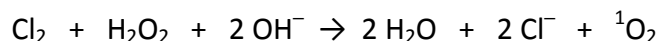
Im Dunkeln wird dann das Chlorgas langsam in die Natronlauge/Wasserstoffperoxidlösung eingeleitet. Dabei die Lösung weiterhin kühlen, da die Reaktion stark exotherm ist.

**Fehlerquellen:** Chlor recht zügig zugeben, da sonst das Leuchten zu schwach ausfallen könnte.

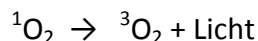
**Entsorgung:** Lösung aus dem großen Schnappdeckelglas mit viel Wasser verdünnt in das Waschbecken geben.

**Beobachtung:** Während des Einleitens wird ein rotes Leuchten beobachtet, das je nach Einleitungsgeschwindigkeit ein bis fünf Minuten anhält. Bei schnellem Einleiten erhält man eine höhere Lichtintensität, die jedoch weniger lange anhält. Die Lichtemission geht dabei von der Oberfläche der Gasblasen aus. Das lässt sich bei sehr langsamem Einleiten sehr gut beobachten.

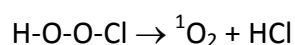
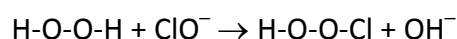
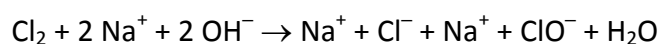
**Auswertung:** Sauerstoff liegt im Grundzustand, im Gegensatz zu den meisten anderen Molekülen, als sog. Triplett Molekül vor. D.h. die p-Elektronen zweier einfach besetzter p-Orbitale besitzen parallel gerichtete Spins (symbl. <sup>3</sup>O<sub>2</sub>). Durch die Reaktion von Chlor mit Wasserstoffperoxid und NaOH entsteht energetisch angeregter Singulett-Sauerstoff.



In diesem Singulettzustand besitzen die beiden p-Elektronen antiparallele Spins (symbl. <sup>1</sup>O<sub>2</sub>). Unter Aussenden von rotem Licht geht der Singulett-Sauerstoff in den energetisch günstigeren Triplett-Sauerstoff über.

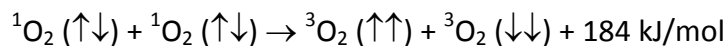


Aus Natronlauge und Chlor entsteht zunächst Hypochlorit. Daraus bildet sich zusammen mit Wasserstoffperoxid die Peroxohypochlorige Säure, welche unter O<sub>2</sub>-Abspaltung rasch zerfällt.



Sauerstoff ist ein Diradikal, denn es enthält zwei ungepaarte Elektronen. Der Grundzustand des molekularen Sauerstoffs ist der Triplettzustand. Hier befinden sich die beiden ungepaarten Elektronen in den antibindenden  $\pi^*$ -MO.

Den Triplettsauerstoff kann man durch Energiezufuhr in den elektronisch angeregten diamagnetischen Singulett-Sauerstoff umwandeln. Die Lebensdauer beträgt ca.  $10^{-4}$  s. Im Singulett-Sauerstoff besitzen beide Valenzelektronen einen antiparallelen Spin. Bei Rückkehr in den Triplett-Grundzustand wird Lichtenergie abgegeben.



Dabei wird ein Lichtquant mit der Wellenlänge  $\lambda = 633 \text{ nm}$  (orangerot) abgestrahlt.

#### Quellen:

*lfbz* Frankfurt/Main: Lehrerfortbildung „Weihnachtsedition“

W. Adam, W. Baader: „Singulett-Sauerstoff - Chemische Erzeugung und Chemolumineszenz“, *CHIUZ*, **1982**, 5, S. 169-171

<http://www.cci.ethz.ch/experiments/singulett/de/stat.html>