


1.1 Zersetzung von H₂O₂ mithilfe verschiedener Katalysatoren^[4]

Der Zerfall von Wasserstoffperoxid kann mithilfe vieler verschiedener Katalysatoren beschleunigt werden. In diesem Versuch sollen einige Möglichkeiten der homogenen, enzymatischen und heterogenen Katalyse thematisiert werden. Um Chemikalien zu sparen, können die unterschiedlichen Katalysatoren auf Schülergruppen verteilt werden, sodass jede

Gefahrenstoffe		
Kaliumiodid	H: -	P: -
Kupfersulfat-Pentahydrat	H: 302-319-315-410	P: 273-302+352-305+351+338
Eisen(III)-chlorid-Hexahydrat	H: 302-315-318-317	P: 280-301+312-302+352-305+351+338-310
Wasserstoffperoxid (30%)	H: 302-318	P: 280-305+351+338-313
Wasserstoffperoxid (6%)	H: -	P: -
Mangandioxid	H: 272-302+332	P: 221
Platin-Aluminium-Pellets	H: -	P: -
		

Materialien: 7 Bechergläser (100 mL), 1 Becherglas (1 L), Spatel, Wasser, Messzylinder, Glaswanne, Kartoffel

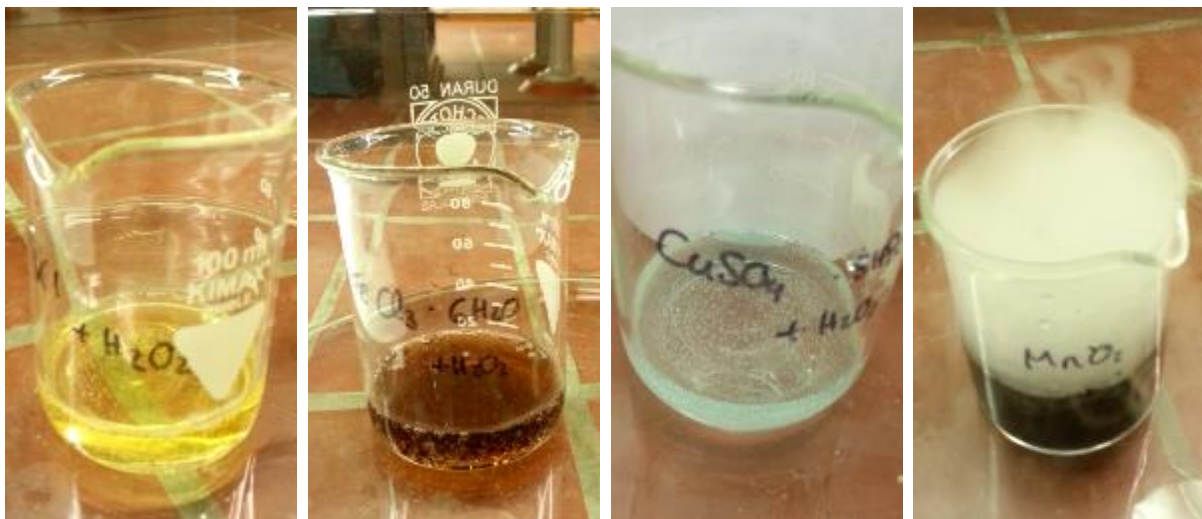
Chemikalien: Kaliumiodid, Eisen(III)-chlorid, Kupfersulfat-Pentahydrat, Platin-Aluminium-Pellets, Wasserstoffperoxid (30%, 6%), Mangandioxid

Durchführung: In 5 Bechergläser werden je 10 mL der 6%igen Wasserstoffperoxid-Lösung eingefüllt. Zudem werden in zwei weitere Bechergläser (100 mL) je 10 mL und in das 1 L Becherglas werden 20 mL der 30%igen Wasserstoffperoxid-Lösung abgefüllt. In die fünf kleinen Bechergläser werden je 5 mL der Salzlösungen bzw. eine Spatelspitze der Feststoffe (KI, FeCl₃, CuSO₄·5H₂O, Pt-Al-Pellets, MnO₂; eine Spatelspitze in 5 mL Wasser gelöst) gegeben und die Veränderungen beobachtet. Zur Verdeutlichung, dass bei dem Kupfersulfat und dem Kaliumiodid etwas passiert, werden diese Salzlösung noch einmal in die 30%ige Wasserstoffperoxid-Lösung gegeben. In das

1000 mL wird frisch geriebene ungeschälte Kartoffel gegeben und ebenfalls die Veränderung beobachtet. Bei allen Bechergläsern wird die Glimmspanprobe durchgeführt.

Beobachtung:

Die Glimmspanprobe war bei allen Bechergläsern positiv. Die Lösung mit dem Manganoxid schäumt zu Beginn stark auf und es ist eine Rauchbildung zu erkennen. Diese Gasentwicklung schwächt relativ schnell ab. Bei den zwei Bechergläsern mit der Kaliumiodid-Lösung färbt sich die Lösung beide Male gelb. Je höher konzentriert die Wasserstoffperoxid-Lösung ist, desto intensiver ist die Gelbfärbung sowie die Gasentwicklung. Bei der Eisen(III)-chlorid-Lösung verfärbt sich die Wasserstoffperoxid-Lösung braun. Auch hier ist eine Gasentwicklung zu beobachten. Diese Gasentwicklung ist, genauso wie bei den Kaliumiodid-Lösungen, nach maximal einer Stunde nicht mehr sichtbar. Nachdem keine Gasentwicklung mehr zu beobachten ist, wird die Eisen(III)-chlorid-Lösung wieder gelb. Bei den Kupfersulfat-Lösungen beginnt die Gasentwicklung beide Male relativ spät, wobei sie dafür sehr lang anhaltend ist. Bei den Platin-Aluminium-Pellets beginnt die Gasentwicklung bei den Pellets und breitet sich dann im gesamten Becherglas aus. In keinem der Bechergläser ist nach Zugabe des Katalysators eine starke Schaumbildung zu verzeichnen. Nach Zugabe der frischen Kartoffel beginnt die Wasserstoffperoxid-Lösung zu schäumen.



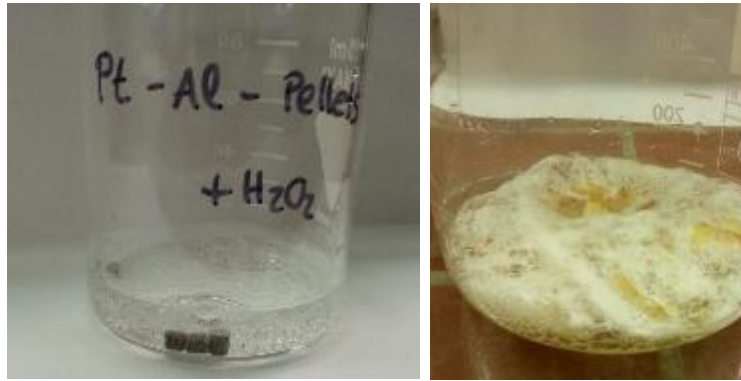
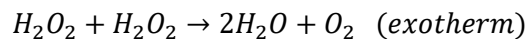


Abb. 4 – KI+H₂O₂ (6%), FeCl₃·6H₂O+ H₂O₂ (6%), CuSO₄·5H₂O + H₂O₂ (6%), MnO₂ + H₂O₂ (6%), Pt-Al-Pellets + H₂O₂ (6%), Kartoffel + H₂O₂ (30%) (von links nach rechts).

Deutung:

Die Katalysatoren reagieren unterschiedlich mit dem Wasserstoffperoxid. Durch Rückgewinnung der Katalysatorfarben lässt sich darauf schließen, dass diese nicht verbraucht wurden. Lediglich bei der Kaliumiodid-Lösung ist die gelbe Färbung erhalten geblieben, was auf die Entstehung von Iod hindeutet.

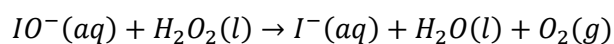
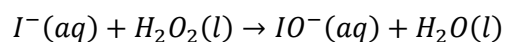
Wasserstoffperoxid kann sowohl als Oxidations- bzw. Reduktionsmittel fungieren, sodass es zur Selbstzersetzung neigt.



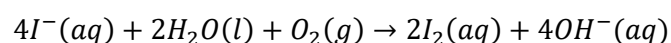
Da zur Einleitung der Selbstzersetzung allerdings eine hohe Aktivierungsenergie von Nöten ist, kann diese Reaktion durch Einsatz eines Katalysators beschleunigt werden. In diesem Versuch dienen die Iodid-, Eisen(III)- und die Sulfat-Ionen sowie Platin, Braunstein und die Stärke als Katalysatoren.

Kaliumiodid:

Bei Kaliumiodid handelt es sich um eine homogene Katalyse.



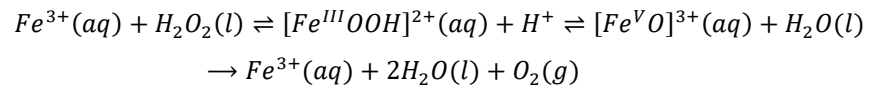
Die Gelbfärbung kommt durch die Oxidation der Iodid-Ionen zu Iod zustande.



Eisen(III)-chlorid-Hexahydrat:

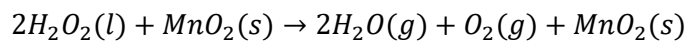
Bei Eisen(III)-chlorid-Hexahydrat handelt es sich um eine homogene Katalyse.

Die Eisen(III)-Ionen wirken als homogene Katalyse. Nach dem Kremerstein-Mechanismus findet folgende Reaktion statt:



Mangandioxid:

Bei der Reaktion mit Braunstein handelt es sich um eine heterogene Katalyse. Die Oberfläche stellt eine günstige Umgebung für die Zersetzung von Wasserstoffperoxid dar, da eine große Angriffsfläche vorhanden ist. Die beobachtbare Nebelbildung wird durch den kondensierenden Wasserdampf, vermischt mit Sauerstoffgas, verursacht.



Kartoffel:

Die Kartoffel besitzt das Enzym Katalase, welches Wasserstoffperoxid zersetzen kann. Es handelt sich bei der Katalase um ein tetrameres Hämin-Enzym, das aus vier tetraedrisch angeordneten Untereinheiten mit jeweils mehr als 500 Aminosäuren besteht. Jede Untereinheit enthält Eisen der Oxidationsstufe +III im Zentrum des Porphyrinkomplexes. Das Eisen(III)-Ion wird während der Reaktion mit Wasserstoffperoxid zunächst zu Eisen(+V) oxidiert und am Ende wieder reduziert.

Bei der Enzymkatalyse bildet das Enzym am aktiven Zentrum einen Enzym-Substrat-Komplex und senkt so die Aktivierungsenergie. Das Enzym geht aus der Reaktion unverändert hervor.

Entsorgung:

Die Wasserstoffperoxid-Lösungen werden verdünnt und im Abfluss entsorgt. Das Mangandioxid wird im Abfall für anorganische Feststoffe entsorgt.

Literatur: [4] http://www.job-stiftung.de/pdf/versuche/H2O2_Zersetzung.pdf,
(zuletzt aufgerufen am 03.08.2016)

Unterrichtsanschlüsse: Im Anschluss können die SuS die verschiedenen Katalysatoren anhand der beobachtbaren Reaktivität nach ihrer Katalysatorstärke ordnen, bewerten und die unterschiedlichen Katalysatorenarten diskutieren.