Herstellung von Bromwasser

Um die gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch Bromdämpfe möglichst gering zu halten, kann man statt reinem Brom Bromwasser verwenden. Noch kleiner wird das Gefahrenpotential, wenn das Bromwasser in einem geschlossenen Behälter durch das Ansäuern einer Bromat-/Bromid-Lösung mit Schwefelsäure hergestellt wird:

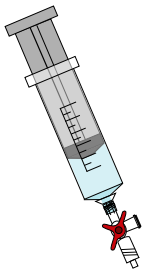
$$BrO_3^- + 5\ Br^- + 6\ H_3O^+ \rightarrow 3\ Br_2 + 9\ H_2O$$

Rezept zur Herstellung von Bromwasser:

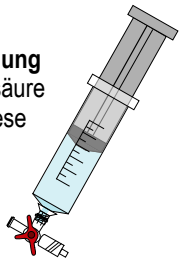
1. 0,25 g $NaBrO_3$ und 2,5 g NaBr in dest. Wasser lösen und auf 100 mL auffüllen.
2. Pro 5 ml dieser $NaBrO_3$/NaBr-Lösung werden 2 Tropfen konz. Schwefelsäure zugegeben. (also 40 Tropfen für 100 mL)
3. Dann 10 min warten….die Lösung wird rotbraun, es resultiert eine Bromkonzentration von etwa 0,05 mol/L (auch aus Bromwasser entweichen Bromdämpfe!)

Herstellung von 60 mL Bromwasser für die Experimente zur radikalischen Bromierung von Pentan in Spritzen:

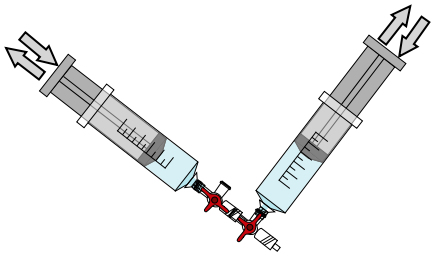
1 **Spritze 1:**
20 mL Bromat/Bromid-Lösung
0,15 g $NaBrO_3$ (Löslichkeit: 364 g/L bei 20°C) und 1,5 g NaBr (Löslichkeit: 905 g/L bei 20°C) in wenig dest. Wasser lösen und auf 20 mL auffüllen, diese Lösung in Spritze 1 ziehen.



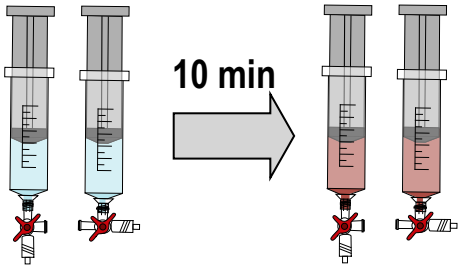
2 **Spritze 2:**
40 mL Schwefelsäure-Lösung
24 Tropfen konz. Schwefelsäure in 40 mL Wasser geben, diese Lösung in Spritze 2 ziehen.



3 **Spritze 1 und Spritze 2 verbinden** (über zwei 3-Wege-Hähne) und Inhalte vermischen (insgesamt ca. 60 mL)



4 **Inhalt auf zwei Spritzen verteilen (jeweils ca. 30 mL)** und und die 3-Wege-Hähne voneinander trennen. 10 min warten, bis eine deutliche bräunlich-rote Färbung zu erkennen ist.



Redoxchemie der Synproportionierungsreaktion:
$BrO_3^- + 5\ Br^- + 6\ H_3O^+ \rightarrow 3\ Br_2 + 9\ H_2O$

- Das Redoxpaar BrO_3^-/Br_2 hat ein Standardpotential E^0 von +1,52 V
  [Oxidationszahl des Bromatoms wechselt von +V zu ±0.]
- Das Redoxpaar Br^-/Br_2 hat ein Standardpotential E^0 von +1,07 V
  [Oxidationszahl des Bromid/Ions bzw. Bromatoms wechselt von -I zu ±0.]

d.h. die Tendenz des Bromatoms im Bromat-Ion zur Elektronenaufnahme ist so groß, dass es dem Bromid-Ion ein Elektron entziehen kann.

Teilreaktionen:	Reduktion:	$2\ BrO_3^- + 12\ H_3O^+ + 10\ e^- \rightarrow Br_2 + 18\ H_2O$	E^0 von +1,52 V
	Oxidation:	$10\ Br^- \rightarrow 5\ Br_2 + + 10\ e^-$	E^0 von +1,07 V
	Gesamt:	$2\ BrO_3^- + 10\ Br^- + 12\ H_3O^+ + 10\ e^- \rightarrow Br_2 + 18\ H_2O + 5\ Br_2 + 10\ e^-$	
	bzw.	$2\ BrO_3^- + 10\ Br^- + 12\ H_3O^+ \rightarrow 6\ Br_2 + 18\ H_2O$	
	bzw.	$\mathbf{BrO_3^- + 5\ Br^- + 6\ H_3O^+ \rightarrow 3\ Br_2 + 9\ H_2O}$	

CC BY SA

Entsorgung von Bromwasser bzw. Brom

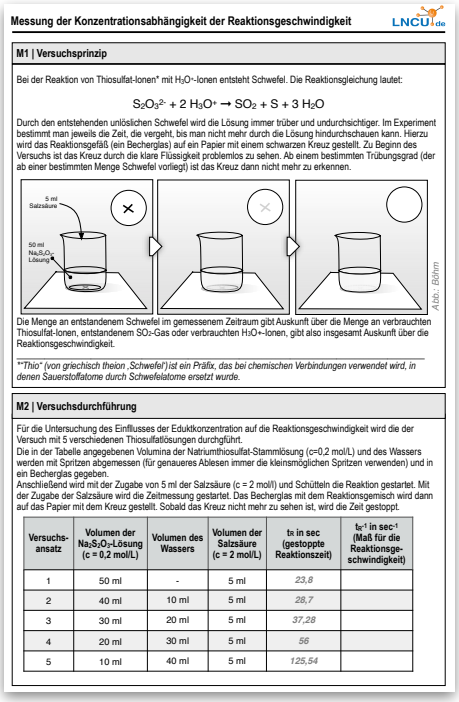
Nicht benötigte Reste sollten unmittelbar nach Beendigung des Experimentes mit gesättigter Natriumthiosulfat-Lösung reduziert werden. Natriumthiosulfat wird dabei zu Natriumsulfat oxidiert.

$$4\ Br_2 + S_2O_3^{2-} + 5\ H_2O \rightarrow 2\ SO_4^{2-} + 10\ H^+ + 8\ Br^-$$

Parallel zeigt sich eine Trübung der Flüssigkeit. Diese ist auf fein verteilten Schwefel zurückzuführen, dessen Entstehung auf das immer saurer werdende Milieu (bzw. auf Reste der Schwefelsäure im Bromwasser) zurückzuführen ist. Thiosulfat ist nur in alkalischer Lösung stabil. In saurer Lösung setzt eine Disproportionierungsreaktion ein:

$$S_2O_3^{2-} + 2\ H_3O^+ \rightarrow SO_2 + S + 3\ H_2O$$

Letztere Reaktion ist evtl. aus der Unterrichtseinheit zur Reaktionskinetik bekannt, in der verschieden konzentrierte Thiosulfat-Lösung mit Salzsäure angesäuert wurde um dann die Zeitspanne bis zur „kompletten“ Trübung zu messen.



Messung der Konzentrationsabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit LNCU.de

M1 | Versuchsprinzip

Bei der Reaktion von Thiosulfat-Ionen* mit H_3O^+-Ionen entsteht Schwefel. Die Reaktionsgleichung lautet:

$$S_2O_3^{2-} + 2\ H_3O^+ \rightarrow SO_2 + S + 3\ H_2O$$

Durch den entstehenden unlöslichen Schwefel wird die Lösung immer trüber und undurchsichtiger. Im Experiment bestimmt man jeweils die Zeit, die vergeht, bis man nicht mehr durch die Lösung hindurchschauen kann. Hierzu wird das Reaktionsgefäß (ein Becherglas) auf ein Papier mit einem schwarzen Kreuz gestellt. Zu Beginn des Versuchs ist das Kreuz durch die klare Flüssigkeit problemlos zu sehen. Ab einem bestimmten Trübungsgrad (der ab einer bestimmten Menge Schwefel vorliegt) ist das Kreuz dann nicht mehr zu erkennen.

Abb.: Böhm

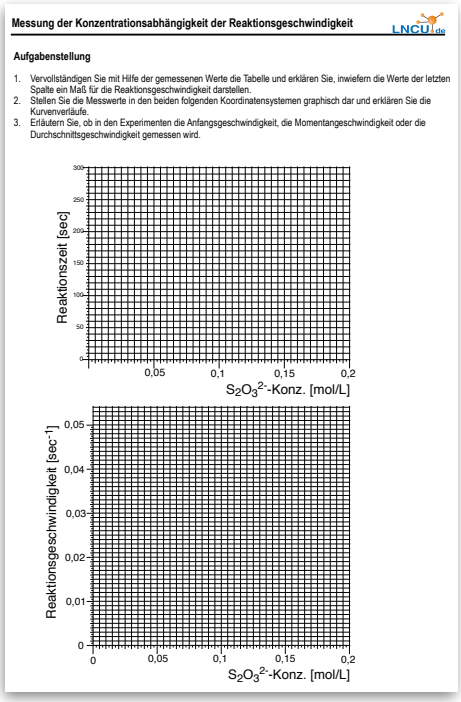
Die Menge an entstandenem Schwefel im gemessenem Zeitraum gibt Auskunft über die Menge an verbrauchten Thiosulfat-Ionen, entstandenem SO_2-Gas oder verbrauchten H_3O^+-Ionen, gibt also insgesamt Auskunft über die Reaktionsgeschwindigkeit.

*"Thio" (von griechisch theion „Schwefel") ist ein Präfix, das bei chemischen Verbindungen verwendet wird, in denen Sauerstoffatome durch Schwefelatome ersetzt wurde.

M2 | Versuchsdurchführung

Für die Untersuchung des Einflusses der Eduktkonzentration auf die Reaktionsgeschwindigkeit wird die der Versuch mit 5 verschiedenen Thiosulfatlösungen durchgführt.
Die in der Tabelle angegebenen Volumina der Natriumthiosulfat-Stammlösung (c=0,2 mol/L) und des Wassers werden mit Spritzen abgemessen (für genaueres Ablesen immer die kleinsmöglichen Spritzen verwenden) und in ein Becherglas gegeben.
Anschließend wird mit der Zugabe von 5 ml der Salzsäure (c = 2 mol/l) und Schütteln die Reaktion gestartet. Mit der Zugabe der Salzsäure wird die Zeitmessung gestartet. Das Becherglas mit dem Reaktionsgemisch wird dann auf das Papier mit dem Kreuz gestellt. Sobald das Kreuz nicht mehr zu sehen ist, wird die Zeit gestoppt.

Versuchs-ansatz	Volumen der $Na_2S_2O_3$-Lösung (c = 0,2 mol/L)	Volumen des Wassers	Volumen der Salzsäure (c = 2 mol/L)	t_R in sec (gestoppte Reaktionszeit)	t_R^{-1} in sec^{-1} (Maß für die Reaktionsge-schwindigkeit)
1	50 ml	-	5 ml	*23,8*	
2	40 ml	10 ml	5 ml	*28,7*	
3	30 ml	20 ml	5 ml	*37,28*	
4	20 ml	30 ml	5 ml	*56*	
5	10 ml	40 ml	5 ml	*125,54*	



Messung der Konzentrationsabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit LNCU.de

Aufgabenstellung

1. Vervollständigen Sie mit Hilfe der gemessenen Werte die Tabelle und erklären Sie, inwiefern die Werte der letzten Spalte ein Maß für die Reaktionsgeschwindigkeit darstellen.
2. Stellen Sie die Messwerte in den beiden folgenden Koordinatensystemen graphisch dar und erklären Sie die Kurvenverläufe.
3. Erläutern Sie, ob in den Experimenten die Anfangsgeschwindigkeit, die Momentangeschwindigkeit oder die Durchschnittsgeschwindigkeit gemessen wird.

CC BY SA