

Geräte

- 3 Reagenzgläser
- Reagenzglasgestell
- Braune (Glas-)Flasche
- UV-Lampe bzw. Overheadprojektor

Aufbau

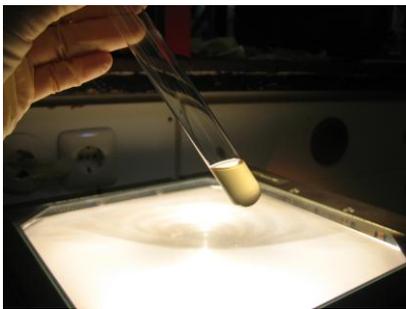


Abb. 1: Entfärbung mit einem Overheadprojektor.



Abb. 2: Entfärbung mit Tageslicht.

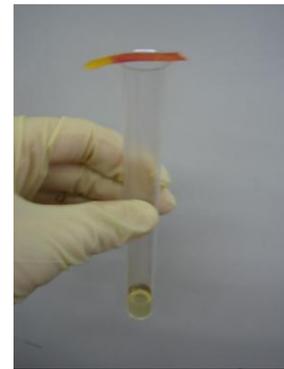


Abb. 3: Entwicklung von Bromwasserstoff.

Durchführung

In ein Reagenzglas werden zunächst 10 mL Hexan und dann 5 Tropfen Brom gegeben. Die gemischte Lösung wird dann auf drei Reagenzgläser gleichmäßig verteilt. Ein Reagenzglas wird, um es vor Lichteinstrahlung zu schützen, in eine braune Flasche gestellt. Das zweite Reagenzglas wird normalem Tageslicht ausgesetzt und das dritte wird mit einer UV-Lampe bzw. der Lampe eines Overheadprojektors bestrahlt. Es wird beobachtet, welche Lösung am schnellsten entfärbt wird.

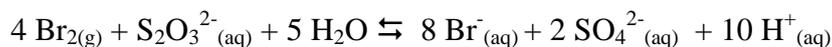
Beobachtung

Nachdem 10 mL n-Hexan mit 5 Tropfen Brom versetzt wurden und die Lösung gleichmäßig auf drei Reagenzgläser verteilt wurde, trat nach 2 Minuten bei dem Reagenzglas, das mit der Lampe eines Overheadprojektors bestrahlt wurde eine Entfärbung ein. Nach ca. 25 Minuten zeigte auch das zweite Reagenzglas, das nur normalem Tageslicht ausgesetzt war, eine Entfärbung. Das dritte Reagenzglas, das in eine braune Flasche gestellt wurde, zeigte nach etwa

45 Minuten eine leichte Aufhellung. Bei den ersten beiden Reagenzgläsern ließ sich mit pH-Papier die Entwicklung von gasförmigem Bromwasserstoff nachweisen.

Entsorgung

Die mit Brom versetzten Lösungen werden zusammen in ein Becherglas gegeben und dann mit Natriumthiosulfat versetzt, bis eine farblose Flüssigkeit entstanden ist. Das somit inaktivierte Brom kann in den Behälter für organische Lösungsmittel gegeben werden.



Fachliche Auswertung der Versuchsergebnisse

Hexan gehört zur Stoffklasse der aliphatischen Alkane. Es hat die Summenformel C_6H_{14} und fünf isomere Verbindungen.

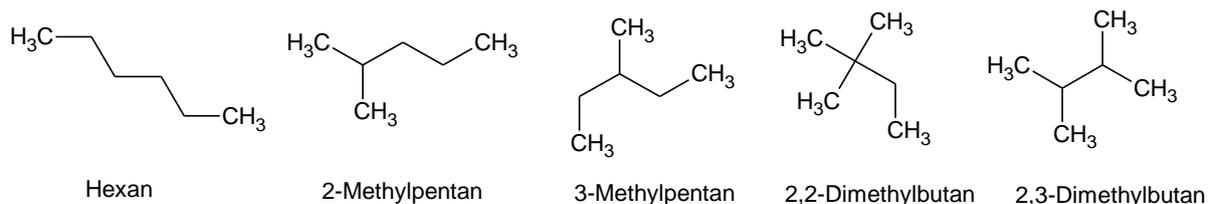


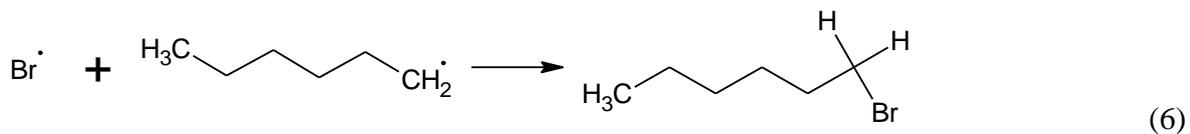
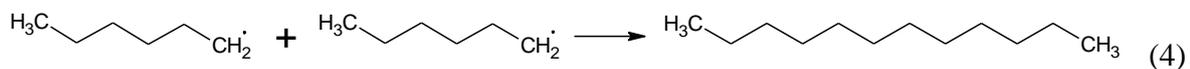
Abb. XXX: Isomere des Hexans.

Hexan ist bei Raumtemperatur eine farblose Flüssigkeit, die sich nicht mit Wasser mischt. In der organischen Chemie wird Hexan gewöhnlich als Lösungsmittel eingesetzt.

Viele Halogenalkane wirken narkotisch. Durch eine Atem- oder Kreislaufähmung kann das Einatmen auch zum Tod führen. Auch eine Beeinträchtigung des Herzrhythmus wurde bei Halogenalkanen festgestellt. Früher wurde Chloroform als Narkosemittel eingesetzt. Heute weiß man, dass dieses Halogenalkan zu hoher Sterblichkeit führen kann. Selbst reaktionsträge Halogenalkane können schädlich sein, wenn sie zu giftigen Stoffen abgebaut werden. Eine große Gefahr besteht auch darin, dass solche reaktionsträgen Halogenalkane in der Umwelt gespeichert werden und über die Nahrungskette wiederum aufgenommen werden.

Wird bei einem Kohlenwasserstoff wie Hexan ein Wasserstoffatom durch ein anderes Atom ersetzt, wird diese Reaktion als Substitution bezeichnet. Bei Lichteinstrahlung reagieren Alkane mit den Halogenen Chlor oder Brom zu Halogenalkanen. Die Reaktion von n-Hexan mit

Brom ist eine radikalische Substitution, die dadurch gestartet wird, dass ein Brommolekül durch Einwirkung von UV-Licht homolytisch in zwei Bromradikale gespalten wird (Gleichung (1)). Radikale sind besonders reaktive Teilchen, da sie über ein ungepaartes Elektron verfügen, das schnellstmöglich eine Bindung eingehen möchte. Die Bildung der Bromradikale wird gefolgt von einer Kettenreaktion, bei der ein Bromradikal jeweils ein n-Hexan-Molekül angreift. Durch diesen Angriff wird ein Wasserstoffatom bei dieser Reaktion abgespalten. Es bildet sich Bromwasserstoff, der gasförmig entweicht und ein Hexylradikal (Gleichung (2)). Das Hexylradikal greift wiederum ein Brommolekül an, wobei ein Bromatom an das Hexan gebunden wird und das andere Bromatom zum Radikal wird (Gleichung (3)). Diese Kettenreaktion wird solange fortgeführt, bis ein Kettenabbruch entsteht. Dieser kann wie folgt aussehen:



Durch das Zusammentreffen zweier Radikale kommt es zum Kettenabbruch. Dabei ist egal, ob zwei Hexylradikale, zwei Bromradikale oder ein Hexylradikal mit einem Bromradikal reagieren.

Methodisch-Didaktische Analyse

1 Einordnung

Der Hessische Lehrplan setzt das Thema Halogenalkane als Fortsetzung der gesättigten Kohlenwasserstoffe für die Klasse 10 im zweiten Halbjahr an. Dieses Thema gehört allgemein zur Einführung in die Kohlenstoffchemie. Mithilfe dieses Versuchs kann den Schülern der Mechanismus der radikalischen Substitution näher gebracht werden. Durch den Vergleich der drei Reagenzgläser, die unterschiedlichen Lichtbedingungen ausgesetzt sind, ist für die Schüler schnell ersichtlich, dass für die Entfärbung des Broms mit n-Hexan UV-Licht notwendig ist. Aufbauend auf dieser Grundlage können die Radikalbildung wie auch die Radikale selbst ausführlicher besprochen werden und somit von den Schülern kennengelernt werden. Weiter-

hin kann auf die Notwendigkeit solcher Reaktionen im Alltag eingegangen werden. An dieser Stelle sollten dann Beispiele für die Verwendung, wie das Tränengas (Bromaceton) oder Flammenschutzmittel (mehrfach bromierte Biphenyle bzw. Diphenylether) genannt werden.

2 Aufwand

Der Aufwand dieses Versuchs ist sehr gering, da er keinen besonderen, aufwändigen Aufbau besitzt. Auch das Vorbereiten von Lösungen für den Versuch dauert nicht lange. Die meisten Materialien dürften auch an jeder Schule vorhanden sein (jede Schule verfügt über einen Overheadprojektor, Reagenzglasständer, braune Glasflasche, etc.). Ein weiterer Vorteil des Versuchs ist, dass er schnell durchzuführen ist. Das Entfärben mit UV-Licht dauert nur wenige Minuten, sodass die Schüler nicht lange warten müssen, bis etwas passiert.

3 Durchführung

Da die verwendeten Chemikalien Brom und n-Hexan sehr giftig sind, ist es verboten, diesen Versuch als Schülerversuch durchzuführen. Allerdings ist es bei einem solchen Versuch auch nicht notwendig, dass ihn jeder Schüler einzeln durchführt. Mithilfe eines Overheadprojektors kann das Brom-Hexan-Gemisch nicht nur bestrahlt werden, es kann auch vergrößert an die Wand geworfen werden, sodass alle Schüler etwas von der Reaktion sehen können. Der Versuch ist, da er als Lehrerversuch durchgeführt werden muss, schnell beendet, da nicht jeder einzelne Schüler mit einem Aufbau einer Apparatur kämpfen muss. Weiterhin ist die Entfärbung mit einer Lichtquelle sehr schnell. Die anderen beiden Reagenzgläser können zu Beginn der Stunde mit vorbereitet werden und der Lehrer führt während der Versuch läuft, seinen Unterricht weiter fort. Zwischendurch kann eine Zwischenbilanz in Bezug auf die Reaktion gezogen werden. Am Ende der Stunde sollen die Schüler dann feststellen, dass die Entfärbung mit Tageslicht auch funktioniert, aber wesentlich länger dauert. Eine weitere Erkenntnis soll sein, dass überhaupt Licht für die Radikalbildung benötigt wird und dass sich bis zum Ende der Stunde das dritte Reagenzglas in der braunen Flasche zwar etwas aufgehellt hat, dort jedoch keine richtige Reaktion zu beobachten war. Mithilfe des pH-Papiers kann dann die Entwicklung einer Säure nachgewiesen werden, die die Schüler bestimmen könnten und anhand dieses Wissens danach eine Reaktionsgleichung aufstellen.

Literatur

- [1] Cuny, Weber: Chemie. Welt der Stoffe. Hannover **1975**. S. 191.
- [2] Soester Liste. Liste zur Einstufung von Chemikalien gemäß der Gefahrstoffverordnung. Version 2.7.
- [3] Vollhardt, K. P. C. und Neil E Schore: Organische Chemie. Übersetzungs-Hrsg: Holger Butenschön. Vierte Auflage. WILEY-VCH. Weinheim **2005**.
- [4] Mortimer, Charles, E. und Ulrich Müller: Das Basiswissen der Chemie. 8., komplett überarbeitete und erweiterte Auflage. Thieme Verlag. Stuttgart **2003**.
- [5] Seilnacht, Thomas: Periodensystem. Brom:
<http://www.seilnacht.com/Lexikon/35Brom.htm>. (**21.11.2008**).
- [6] Asselborn, Wolfgang: Chemie heute. Sekundarbereich II. Giftigkeit von Halogenalkanen. Hannover **1998**. S. 241.