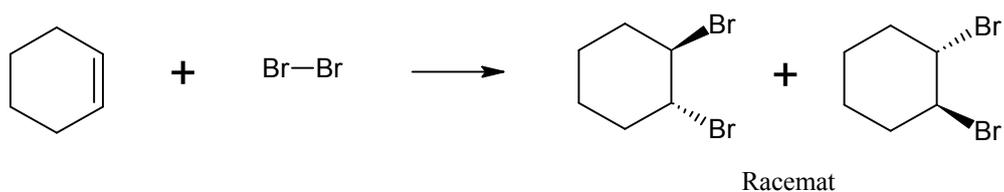


Versuch: Bromierung von Cyclohexen**Zeitbedarf:**

Vorbereitung: 1 Minute

Durchführung: 1 Minute

Nachbereitung: 1 Minute

Reaktionsgleichungen:**Chemikalien:**

Chemikalie	Menge	R-Sätze	S-Sätze	Gefahrensymbol	Bemerkung
Cyclohexen C ₆ H ₁₀	5 – 10 mL	11-21/22	16-23-33- 36/37	F, Xn	Sek I
Brom Br ₂	Einige Tropfen	26-35-50	7/9-26-45-61	T ⁺ , C, N	LV

Geräte:

Reagenzglas

Pasteurpipette

Reagenzglasklammer

Reagenzglasständer

Durchführung:

In ein Reagenzglas wird ca. 1 – 2 cm Cyclohexen eingefüllt. Anschließend gibt man mit Hilfe einer Pasteurpipette einige Tropfen Brom nacheinander hinzu.

Beobachtung:

Jeder Tropfen Brom trifft mit einem Zischen auf der Oberfläche des Cyclohexens auf und wird sofort entfärbt.

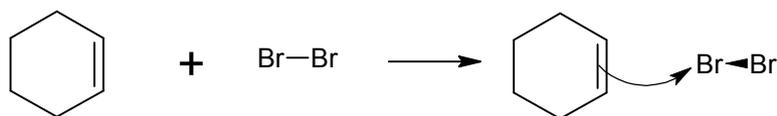
Entsorgung:

Das Reaktionsprodukt wird in die organischen Abfälle gegeben.

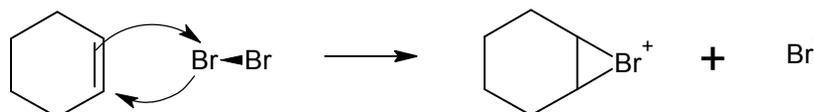
Fachliche Analyse:

Da die Reaktion auch ohne Belichtung abläuft und dabei kein HBr entsteht, findet keine radikalische Substitution, sondern eine Addition statt.

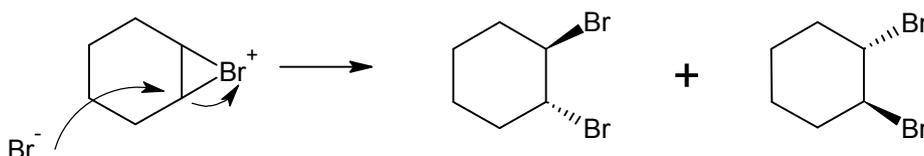
Im ersten Schritt wird das Brommolekül durch die negative Ladungsdichte der Doppelbindung polarisiert, es entsteht der sogenannte π -Komplex:



Im nächsten, dem geschwindigkeitsbestimmenden Schritt erfolgt der elektrophile Angriff des positiv polarisierten Bromatoms. Durch heterolytische Spaltung des Brommoleküls entsteht das cyclische Bromoniumkation:



Anschließend erfolgt der schnelle, rückseitige nucleophile Angriff des Bromidanions. Aus sterischen Gründen wird der Vorderseitenangriff verhindert, da das cyclische Bromoniumion sehr starr ist. Es entsteht ein racemisches Gemisch aus trans-1,2-Dibromcyclohexan:



Da im geschwindigkeitsbestimmenden Schritt der elektrophile Angriff erfolgt, spricht man bei diesem Mechanismus von einer elektrophilen Addition. Im Prinzip wäre auch der Weg über ein Carbeniumion denkbar, jedoch ist das cyclische Bromoniumkation aufgrund des großen Atomradius des Broms begünstigt. Außerdem gäbe es dann auch ein cis-Produkt, jedoch tritt nur das trans-Produkt auf. Die sehr kurzlebige kationische Zwischenstufe kann durch Zugabe von Chloridionen während der Reaktion bewiesen werden: da dabei das gemischte Reaktionsprodukt entsteht, muss eine kationische Zwischenstufe existiert haben, an der das Chloridion nucleophil angreifen konnte.

Didaktisch-methodische Analyse:

Einordnung:

Innerhalb des Lehrplans steht das Thema Alkene und elektrophile Addition in der Jahrgangsstufe 10 innerhalb der Einführung in die Kohlenstoffchemie. Der Versuch kann zu Beginn der Unterrichtsreihe in Anknüpfung an die radikalische Substitution durchgeführt werden. So verstehen die Schüler die Unterschiede und können den Mechanismus gleich mitentwickeln, dabei wird die Doppelbindung und ihre Reaktivität eingeführt. Dies kann aber auch in umgekehrter Reihenfolge stattfinden. Von Bedeutung ist hier die Verwendung von Alkenen, wie zum Beispiel Ethen bei der Synthese vieler organischer Verbindungen und bei der Darstellung von Kunststoffen. Es sollte deutlich werden, dass das Entfärben von Bromwasser ein spezifischer Nachweis für ungesättigte Moleküle ist und vielleicht kann auch die Baeyerprobe (Doppelbindungen entfärben eine alkalische Kaliumpermanganatlösung unter Bildung von zweiwertigen Alkoholen) als weiterer Nachweis erläutert werden.

Aufwand:

Sehr geringer Aufwand, auch die Durchführung geht denkbar schnell. Es werden keine außergewöhnlichen Geräte benötigt, allerdings muss beachtet werden, dass die Schüler nicht mit Brom arbeiten dürfen!

Durchführung:

Der Versuch gelingt immer und die Effekte sind sehr gut sichtbar. Da der Versuch nur als Lehrerversuch durchgeführt werden darf, sollte man vielleicht ein größeres Gefäß als das Reagenzglas verwenden, damit die Entfärbung auch in den hinteren Reihen des Klassenzimmers noch sichtbar ist.

Der Versuch ist ein Klassiker zur Demonstration der elektrophilen Addition, der aufgrund seiner unkomplizierten Durchführung auf jeden Fall in der Schule durchgeführt werden sollte.

Literaturangaben:

Anregung aus: *Chemie Heute Sek. II*, 7. Auflage, Schroedel Verlag, Hannover, 2004