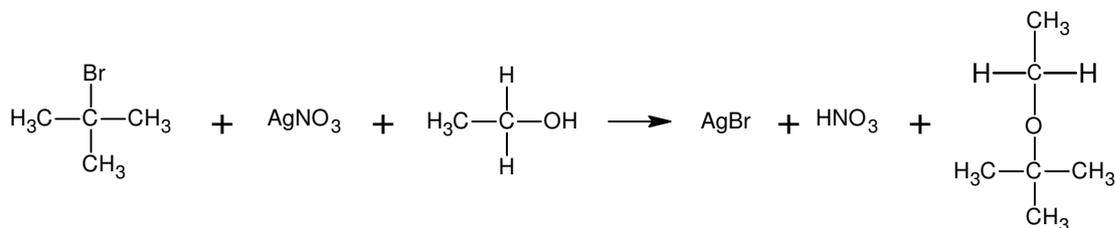
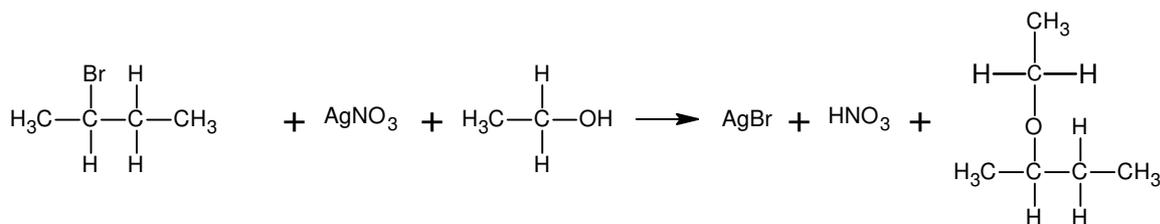
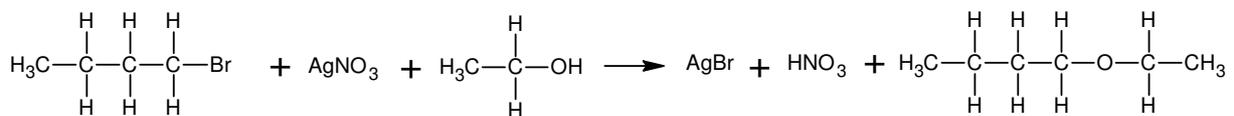


Versuchsprotokoll

Reaktivität von Alkylbromiden

Gruppe 5, Typ: Pflichtversuch

1. Reaktionsgleichung



2. Zeitbedarf

	Teil 1
Vorbereitung	3 min
Durchführung	3 min
Nachbearbeitung	1 min

3. Chemikalien

Name	Summenformel	Gefahrensymbol	R-Sätze	S-Sätze	Einsatz in der Schule
1-Brombutan	C ₄ H ₉ Br	F, Xi	11, 36/37/38	16, 26, 33	S I
2-Brombutan	C ₄ H ₉ Br	-	10, 52/53	24	S I
2-Brom-2-methylpropan	C ₄ H ₉ Br	Xn, F	11, 22	16, 36	S I
Silberniträt	AgNO ₃	C	34, 50/53	26, 45, 60, 61	S I
Ethanol	C ₂ H ₅ OH	F	11	7, 16	S I

Gefahrensymbole



4. Materialien/Geräte

3 Reagenzgläser, 4 Pipetten

5. Versuchsaufbau



Abb. 1: 1-Brombutan und 2-Brombutan



Abb. 2: 2-Brom-2-methylpropan

6. Versuchsdurchführung

Man gibt in 3 Reagenzgläser je 2 mL einer 2 %igen Silbernitratlösung in Ethanol. Anschließend gibt man in je eins der Reagenzgläser 0,5 mL 1-Brombutan, 2-Brombutan und 2-Brom-2-methylpropan.

7. Beobachtung

Beim 2-Brom-2-methylpropan fällt direkt ein gelber Niederschlag aus. Die Reaktion von 2-Brombutan zeigt nach ca. 5 Sekunden einen weiß-gelblichen Niederschlag, während die Reaktion von 1-Brombutan nach ca. 10 Sekunden durch Bildung eines gelben Niederschlages sichtbar wird.

8. Entsorgung

Die Lösungen kommen neutral in den Behälter für organische Lösungsmittel.

9. Fachliche Analyse

Bromidionen fallen mit Silbernitratlösung als gelber Niederschlag aus. Bei diesen Reaktionen handelt es sich um nucleophile Substitutionsreaktionen. Primäre Halogenalkane reagieren nach dem nucleophilen Substitution zweiter Ordnung ($S_N 2$), tertiäre nach der nucleophilen Substitution erster Ordnung ($S_N 1$). Sekundäre Halogenalkane können nach beiden Mechanismen reagieren.

$S_N 2$ -Reaktion

Bei der $S_N 2$ -Reaktion erfolgen Bindungsbruch und Bindungsbildung konzertiert, also zeitgleich. Aus diesem Grund ist die $S_N 2$ -Reaktion stereospezifisch. Für die Reaktion von 1-Brombutan in Ethanol mit Silbernitrat bedeutet dies, dass das Bromidion abgespalten wird und das Sauerstoffatom des Ethanols zeitgleich an das Kohlenstoffatom, an dem das Bromidion gebunden war, bindet (Abb. 4). Im nächsten Schritt bindet das Bromidion an das Silberion und das Wasserstoffatom von der OH-Gruppe des ehemaligen Ethanols spaltet sich ab und bildet zusammen mit dem NO_3^- -Ion Salpetersäure.

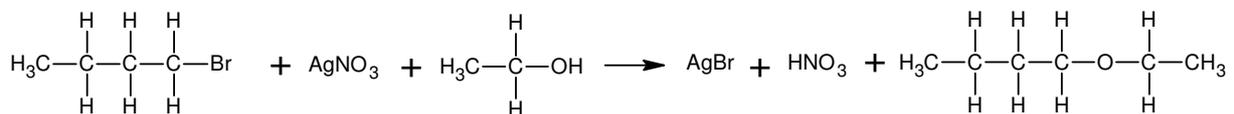


Abb. 3: $S_N 2$ -Reaktion des 1-Brombutans

Der Übergangszustand dieser $S_N 2$ -Reaktion sieht folgendermaßen aus:

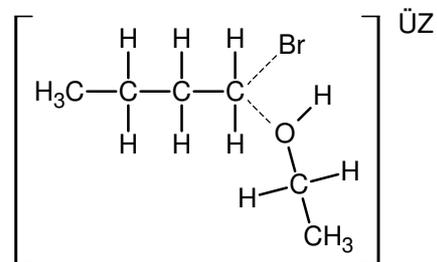


Abb. 4: Übergangszustand der $S_N 2$ -Reaktion

„Die Reaktionsgeschwindigkeit einer chemischen Reaktion beschreibt den Umsatz von Edukten zu Produkten pro Zeit und damit die Änderung der Konzentration der Reaktanten. Diese Änderung der Konzentrationen beeinflusst die Reaktionsgeschwindigkeit, die man deshalb als konzentrationsabhängig bezeichnet.“

Um das Geschwindigkeitsgesetz einer Reaktion aufstellen zu können, müssen die Änderungen der Konzentrationen bekannt sein.^{„[Eicke, Gerhardt]} Die $S_N 2$ -Reaktion folgt dem Geschwindigkeitsgesetz zweiter Ordnung, d.h., dass die Reaktionsgeschwindigkeit (v) sowohl von der Konzentration c des 1-Brombutans, als auch von der Konzentration des Ethanol abhängig ist.

$$v = -k \cdot c_{1\text{-Brombutan}} \cdot c_{\text{Ethanol}}$$

k = Geschwindigkeitskonstante 2. Ordnung (temperaturabhängig)

Der Bindungsbruch und die Bindungsbildung, die gleichzeitig stattfinden, sind also der für die Reaktionsgeschwindigkeit bestimmende Schritt. Wird entweder die Konzentration des Ethanol, oder aber die des 1-Brombutans verdoppelt, so erfolgt die Reaktion doppelt so schnell.

S_N 1-Reaktion

Die Reaktion vom tertiären 2-Brom-2-methylpropan in Ethanol mit Silbernitrat verläuft nach dem S_N 1-Mechanismus zweistufig. Hier wird durch heterolytische Abspaltung des Bromidions zu erst ein Carbokation (Abb. 6) gebildet, welches anschließend durch das Ethanol-Molekül nucleophil angegriffen wird. Wie bei der Reaktion des primären Halogenids fällt auch hier AgBr als Niederschlag aus und das NO₃⁻ -Ion bindet das Wasserstoffatom des Sauerstoffs aus dem ehemaligen Ethanol zu Salpetersäure:

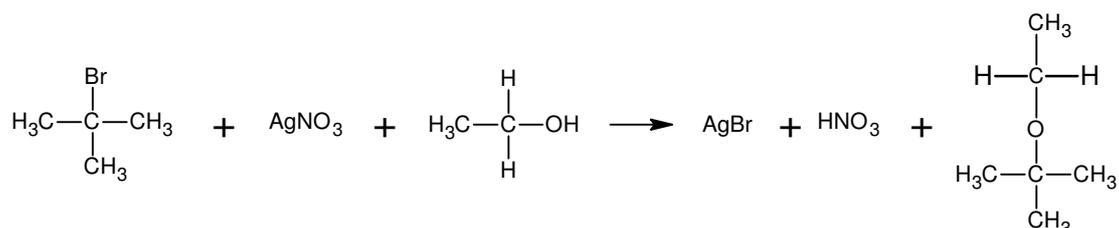


Abb. 5: S_N 1-Reaktion des 2-Brom-2-methylpropan

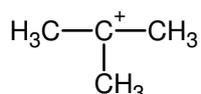
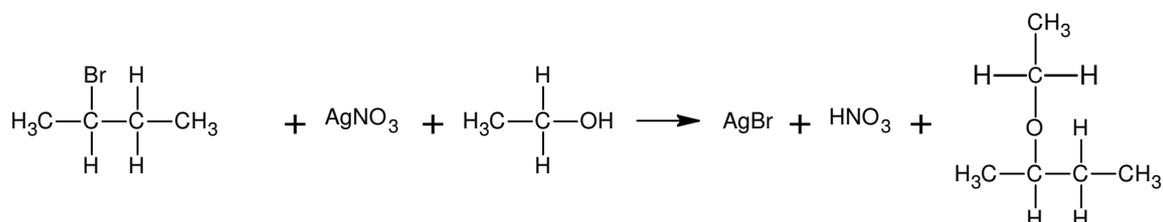


Abb. 6: Carbokation

Die Geschwindigkeit der S_N 1-Reaktion ist von der Bildung des Carbokations abhängig. Demnach ist die Reaktionsgeschwindigkeit nur von der Konzentration des 2-Brom-2-methylpropan abhängig und folgt somit dem Geschwindigkeitsgesetz erster Ordnung:

$$v = k \cdot c_{2\text{-Methyl-2-propan}}$$

Die Reaktion des 2-Brombutans kann sowohl nach dem S_N 2- als auch nach dem S_N 1-Mechanismus ablaufen. Dies hängt von den Reaktionsbedingungen ab.



Der geschwindigkeitsbestimmende Schritt der S_N 2-Reaktion ist viel langsamer als der von der S_N 1-Reaktion. Deshalb fällt das AgBr beim Versuch mit dem 2-Brom-2-methylpropan eher aus, als mit dem 1-Brombutan. Die Ausfällung im Versuch mit 2-Brombutan ist langsamer als mit 2-Brom-2-methylpropan, weil das Carbokation durch Hyperkonjugation des sekundären Alkans weniger stabil ist, als das des tertiären Alkans.

Die Alkylbromide gehören zu der Naturstoffklasse der Halogenkohlenwasserstoffe. Sie haben höhere Schmelz- und Siedepunkte als die Kohlenwasserstoffe. Sie fanden Verwendung in Arzneimitteln, als Feuerlöscher und Kältemittel, Pflanzenschutzmittel, Lösungsmittel und als Treibgaskomponente in Sprühdosen. Es konnten viele giftige Verbindungen durch Halogenkohlenwasserstoffe ersetzt werden und Gefahren wie z.B. die eines Brandes oder einer Explosion eingeschränkt werden. So wurde beispielsweise das feuergefährlich Waschbenzin durch Tetrachlorethen als Reinigungsmittel abgelöst. Jedoch wurde mittlerweile herausgefunden, dass Bromkohlenwasserstoffe und Chlorkohlenwasserstoffe die Gesundheit und die Umwelt gefährden. Darüber hinaus sind sie schwer abbaubar und reichern sich deshalb im Laufe der Nahrungskette an und können Missbildungen bewirken. Sie wirken sich auch negativ auf das Klima aus, weil sie die Ozonschicht zerstören, weshalb z.B. die Herstellung von FCKW (Fluorchlorkohlenwasserstoff) verboten ist.

10. Didaktische Analyse

Dieser Versuch kann entweder in Jahrgangstufe 10 als Einführung in die organische Chemie dienen, oder aber in Klasse 11 unter dem Aspekt der funktionellen Gruppen behandelt werden. Wissen sollten die Schüler, dass ein Kohlenstoffatom einerseits durch ein Halogen und andererseits durch eine OH-Gruppe positiv polarisiert wird und aus diesem Grund sehr reaktiv ist. Zu Erklärung dieses Versuches werden natürlich die nucleophilen Substitutionsreaktionen besprochen. Im Anschluss daran kann auf die elektrophile Substitution eingegangen werden wie z.B. die Halogenierung oder die Nitrierung. Ebenso kann das Thema Hyperkonjugation im Anschluss behandelt werden, oder die Stabilität von Carbokationen.

Der zeitliche und materielle Aufwand dieses Versuchs ist gering und er kann deshalb von den Schülern selbst durchgeführt werden. Die Ergebnisse sind gut und immer sichtbar.

11. Literatur

Versuchsquelle: [1] Universität Hamburg, Institut für Organische Chemie, Reaktivität von primären, sekundären, tertiären Alkylbromiden gegenüber ethanolischer Silbernitrat-Lösung, in Skript für das Praktikum für Studenten der Zahnmedizin, 2007, <http://dragon.chemie.uni-hamburg.de/studium/praktika/medizin/OC-SkriptSS2008.pdf> (letzter Zugriff: 24.11.08, 21:08 Uhr)

Fachquellen

[2] Eicke, A.-L., Gerhardt, T. *Versuchsprotokoll, Reaktionskinetik – Ausbleichen von Kristallviolett*, Physikalisch-Chemisches Lehramtspraktikum, Phillips-Universität Marburg, 2008

[3] Fachinformationszentrum Chemie, <http://www.chemgapedia.de> (letzter Zugriff: 24.11.08, 21:09 Uhr)

[4] *Lehrplan Chemie für die Jahrgangsstufen G7 bis G12* des hessischen Kultusministeriums, 2005 (http://www.kultusministerium.hessen.de/irj/HKM_Internet?uid=3b43019a-8cc6-1811-f3ef-ef91921321b2)

[5] Unfallkasse Hesse (UKH), Hessisches Kultusministerium, *Hessisches GefahrstoffInformations System Schule (HessGISS)*, Version 11.0, 2006/2007

[6] Vollhardt, K. Peter C., Schore, Neil E., *Organische Chemie*, Vierte Auflage, Wiley-VCH, Weinheim, 2005

[7] Wikimedia Foundation Inc., <http://de.wikipedia.org> (letzter Zugriff: 24.11.08, 21:09 Uhr)