

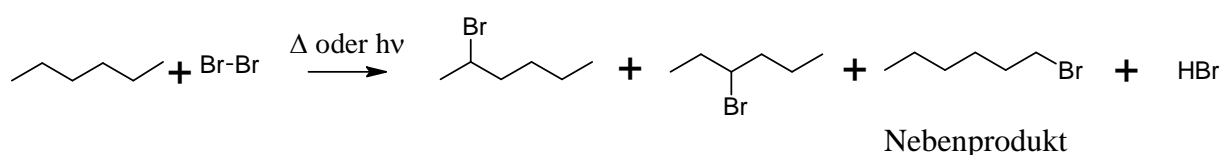
Name: Jan Schäfer

Datum: 23.11.07

Gruppe 2
Bromierung von n-Hexan

Reaktionsgleichung:

Nicht stöchiometrisch:



Zeitbedarf:

Vorbereitung: 2 Minuten

Durchführung: ca. 5 Minuten

Nachbereitung: 5 Minuten

Eingesetzte Substanzen:

Eingesetzte Stoffe	Summenformel	Menge	Gefahrensymbole	R-Sätze	S-Sätze	Einsatz in der Schule
n-Hexan	C ₆ H ₁₄	ca. 50 mL	F, Xn, N	11-38-48/20-62-65-67-51/53	9-16-29-33-36/37-61-62	LV
Brom	Br ₂	Wenige Tropfen	T ⁺ , N, C	26-35-50	7/9-26-45-61	LV
Natriumthiosulfat	Na ₂ SO ₃	Ca. 100 mL	-	-	-	S1
Natriumhydroxid	NaOH	Wenige g	C	35	26-37/39-45	S1

Materialien:

250 mL Erlenmeyerkolben, Overheadprojektor, pH-Papier, Pasteurpipette

Durchführung:

Ca. 100 mL n-Hexan werden in einen Erlenmeyerkolben gegeben und unter dem Abzug durch die Pipette mit einigen Tropfen Brom so versetzt, dass eine deutliche Färbung sichtbar ist. Anschließend stellt man das Gefäß auf den eingeschalteten Overheadprojektor und legt das angefeuchtete pH-Papier auf die Öffnung des Erlenmeyerkolbens.



Beobachtung:

Die orange Lösung wird mit dem Einsetzen der Reaktion immer farbloser und das pH-Papier nimmt langsam eine rote Färbung an.



Entsorgung:

Wenn im Reaktionsgemisch noch Bromüberschuss vorhanden ist, kann man die Lösung mit Natriumthiosulfatlösung versetzen und so das überschüssige Halogen reduzieren.

Das Hexan-Bromhexangemisch kann man in die organischen Lösungsmittelabfälle mit allen Gefahrensymbolen T+ und F+ geben.

Die Natriumthiosulfatlösung kann kanalisiert werden.

Fachliche Analyse:

Wenn man n-Hexan und Brom im Dunkeln bei Raumtemperatur zusammen gibt, findet keine Reaktion statt. Erst wenn man das Gemisch mit ultraviolettem Licht bestrahlt findet eine z.T. heftige Reaktion statt. Es entsteht Bromhexan, welches sich durch Austausch eines Wasserstoffatoms am Hexan gegen ein Bromatom unterscheidet. Deshalb bezeichnet man diesen Prozess auch als Substitutionsreaktion. Daneben verbindet sich der abgespaltene Wasserstoff mit Brom zu der Säure Bromwasserstoff, welches das Indikatorpapier angezeigt hat.

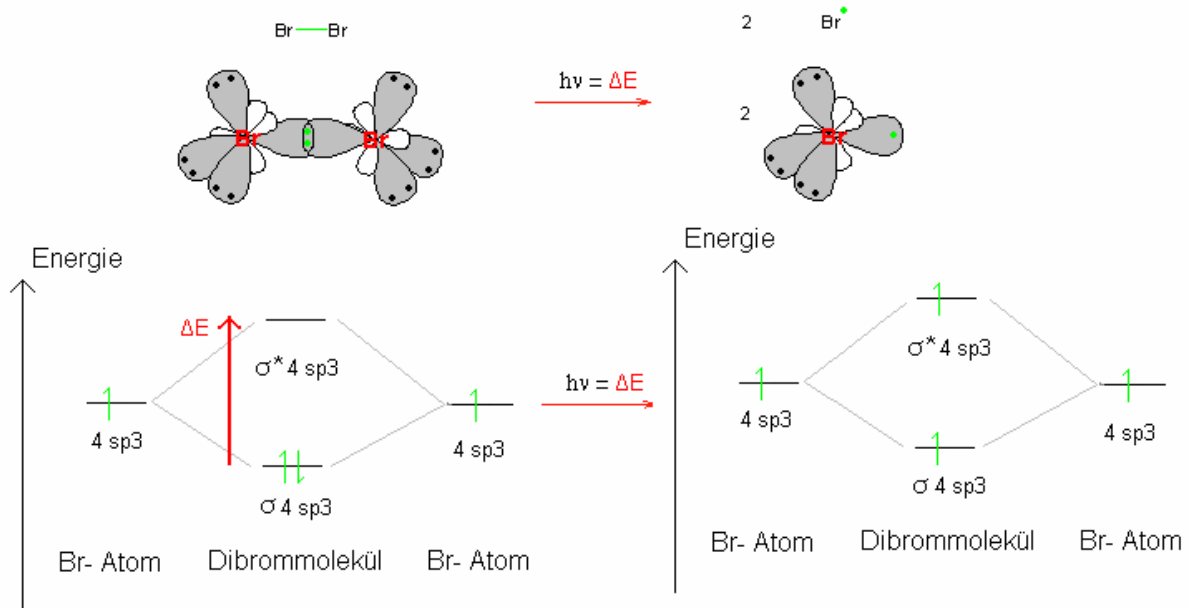
Die Triebkraft der Reaktion ist die größere Bindungsenthalpie der neu entstandenen Kohlenstoff-Brom-Bindung. Die neu gebildeten Bindungen sind also energieärmer als die aufgebrochenen und somit ist die Reaktion exotherm. Doch wie kommt sie in Gange?

Nur weil die Reaktion exotherm ist, heißt es nicht, dass sie bei Raumtemperatur schon mit einer messbaren Geschwindigkeit abläuft. Die **Reaktionsgeschwindigkeit ist unabhängig von ΔH°** ! Aber sie ist **abhängig von der Aktivierungsenergie**. In diesem Fall ist also die Aktivierungsenergie relativ hoch.

Mechanismus

1. Kettenstart

Die Aktivierungsenergie wird in unserem Fall in Form von **ultravioletter Strahlung** aufgebracht. Diese spaltet zuerst die schwächste Bindung im Gemisch, die Brom-Brom-Bindung. Durch Absorption eines Photons geeigneter Wellenlänge werden die Elektronen in das antibindende Orbital angehoben und die Bindung zwischen den beiden Brommolekülen bricht auf. Dadurch entstehen **zwei Brom Radikale**.



2. Kettenfortpflanzung

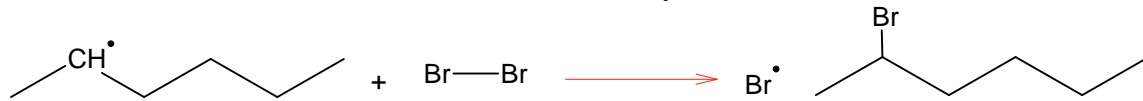
In diesem Schritt greift das reaktive Bromradikal am Hexanmolekül unter Wasserstoffabspaltung an. Somit entsteht **Bromwasserstoff und ein Hexylradikal**. Dabei sind die Wasserstoffe an den sek. Kohlenstoffen stark bevorzugt, da die Radikalstabilität mit denen der Carbokationen einhergeht. (Die Carbokationenstabilität und die Hyperkonjugation werden im Protokoll „Halogenalkane mit Silbernitrat“ erklärt) Somit entsteht in unserem Beispiel zu als Hauptprodukt 2-Bromhexan und 3-Bromhexan aber nur wenig 1-Bromhexan. Bei diesem Vorgang wird nur **wenig Energie frei**. Der Übergangszustand liegt energetisch (16.7 kJ/mol bei Chlor) nur gering über den Ausgangsstoffen.



3. Kettenfortpflanzung

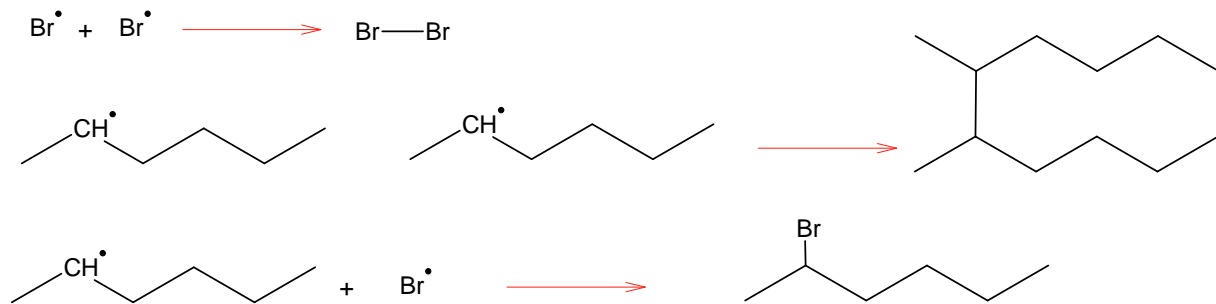
Das Hexylradikal kann nun wieder ein andern Wasserstoff von einem benachbarten Hexan abspalten, was aber am Produkt nichts ändert. Wenn das Hexylradikal allerdings mit einem weiteren Brommolekül kollidiert, kann **Bromhexan und ein neues Bromradikal** entstehen. *Dieses neue Bromradikal liest bitte bei Punkt zwei weiter*. Bei diesem Prozess wird die meiste Energie frei, welche die ganze Reaktion weiter anheizt und sie zum berühmten **Radikalkettenmechanismus** (Vergleich zu Knallgas) anschwellen lässt. Dieser

Reaktionsmechanismus kann über Tausende von Cyclen laufen.



4. Kettenabbruch

Alles was einen Anfang hat, hat auch ein Ende. Aber in diesem Fall ein sehr unwahrscheinliches. Treffen zwei Radikale aufeinander kommt es zur **Neuknüpfung von kovalenten Bindungen**. Aufgrund der geringen Radikalkonzentration sind Abbrüche **sehr selten**.



Didaktische Analyse:

Der Versuch ist in der 10G.2.3 des G 8 Lehrplans anzusiedeln. Hier wird die Herstellung und die Eigenschaften der Halogenalkane durchgenommen und somit auch der Mechanismus der radikalischen Halogenierung von Alkanen. Der Versuch ist allerdings nur als Lehrerversuch durchführbar, da Brom und n-Hexan nicht in die Hände von Schülern gehören. Der apparative Aufwand dieses Versuches ist sehr gering und alle Materialien sollten an jeder Schule vorhanden sein.

Der finanzielle Aufwand ist auch nicht hoch.

Der Versuch ist einfach in der Durchführung und die Effekte sind gut zu beobachten. Doch muss man bei der Durchführung ein bisschen vorsichtig sein, damit kein Brom in die Umgebung gelangt. Für diesen Fall sollte man immer die Natriumthiosulfatlösung in der Nähe haben, um die Brommoleküle im Notfall sofort zu Bromid zu reduzieren.

Literatur:

- <http://www.experimentalchemie.de/versuch-031.htm>
- Organische Chemie, K. Peter C. Vollhardt, Wiley-VCH (Vierte Auflage), 2005