

Organisch-chemisches Praktikum für das Lehramt (LA)

Torsten Lasse

Leitung: Dr. Ph. Reiß

WS 2008/09

Assistent: Beate Abbe

**Schulversuch (Gruppe 3/Bromierung):
Bromierung von Cyclohexen**

Als Beispiel einer Additionsreaktion wird durch Bromierung von Cyclohexen Dibromcyclohexan dargestellt.

Reaktionsgleichung**Chemikalien und eingesetzte Substanzen**

Eingesetzte Stoffe	Summenformel	Menge	R-Sätze	S-Sätze	Gefahrenkennzeichnung	Schuleinsatz (nach Soester Liste)
Brom	Br ₂	wenige Tropfen	26-35-50	7/9-26-45-61	F, Xn	LV*
Cyclohexen	C ₆ H ₁₀	~5 mL	11-21/22	16-23-33-36/37	T ⁺ , C, N	SI

* LV = Lehrerversuch

Geräte

Pasteurpipette
Reagenzglas
Reagenzglashalter
Reagenzglasständer

Versuchsaufbau

-

Durchführung und Beobachtung

Etwa 5 mL Cyclohexen werden unter dem Abzug in ein Reagenzglas gegeben. Nun werden mit einer Pasteurpipette langsam einzelne Tropfen Brom zugegeben. Beim Auftreffen des Broms auf

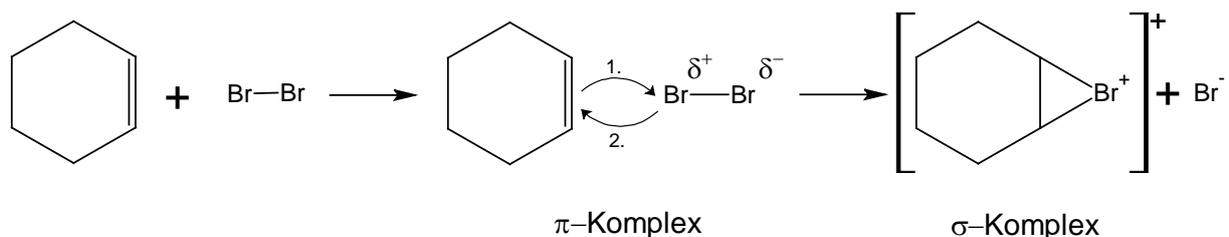
das farblose Cyclohexen tritt unter heftiger Geräusch- und Rauchentwicklung eine sofortige Entfärbung des Broms auf.

Entsorgung

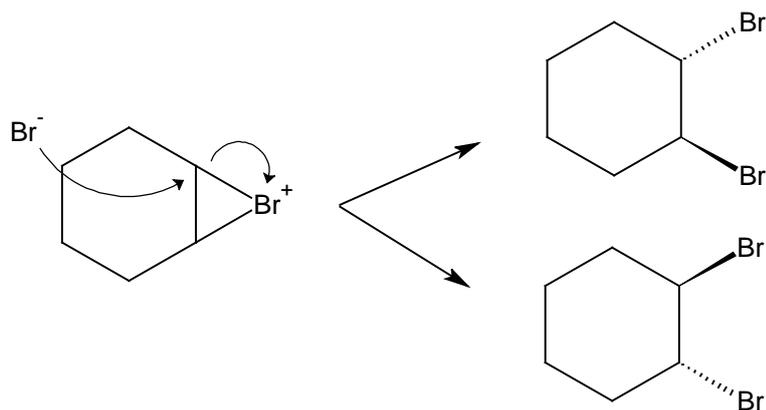
Das Endprodukt kann im flüssigen, organischen Restmüll entsorgt werden.

Fachliche Analyse

Beim Zusammentreffen von Cyclohexen und Brom kommt es zu einer Überlappung der Elektronenräume der π -Bindung und des Brommoleküls. Durch die hieraus resultierende Polarisierung des Brommoleküls bildet sich der sogenannte π -Komplex aus. Das Bromatom mit der positiven Partialladung greift daraufhin elektrophil die Doppelbindung an, als Folge tritt eine heterolytische Spaltung des Brommoleküls auf. Dabei übernimmt das Bromatom mit der negativen Partialladung das Bindungselektronenpaar und wird somit zum Bromidanion Br^- . Das Bromidkation Br^+ ist sehr reaktiv und verwendet zur Auffüllung seines Elektronenoktetts das Elektronenpaar der Doppelbindung am Cyclohexen. Daraus entsteht der kurzlebige σ -Komplex, ein cyclisches Bromoniumkation in der Ausprägung eines Dreiringes.



Da von der Vorderseite eine Anlagerung aus sterischen Gründen verhindert wird, erfolgt ein rückseitiger, nucleophiler Angriff des Bromidanions. Dieser finale Reaktionsschritt ist wesentlich schneller als der erste, somit ist der erste Schritt für die Reaktion geschwindigkeitsbestimmend und charakterisierend (elektrophile Addition).



Die Anlagerung des Broms bzw. von Halogenmolekülen erfolgt somit in zwei aufeinanderfolgenden Stufen. Das entstehende Produkt ist ein Racemat, es liegt als Gemisch von trans-1,2-Dibromcyclohexan vor. Bei der Reaktion bildet sich im Gegensatz zur radikalischen Substitution kein Bromwasserstoff – zudem ist keine Belichtung notwendig, woraus ersichtlich wird, dass die Reaktion einen Additionsmechanismus darstellt.

Methodisch-didaktische Analyse

Der Versuch kann im Rahmen der Einführung in die Chemie der ungesättigten Verbindungen (Alkene, Alkine) in der Jahrgangsstufe 10, ggf. auch in den Grundkursen sowie Leistungskursen der Jahrgangsstufe 11, durchgeführt werden. Die Reaktivität der Doppelbindungen kann auf diese Weise sehr schön veranschaulicht werden, die Demonstration einer ‚sichtbaren‘ elektrophilen Addition kann die Schüler zum Nachdenken und Erarbeiten des Reaktionsmechanismus anregen. Als minimale Grundlage der Kohlenstoffchemie sollten den Schülern bereits Alkane sowie deren typische Reaktionen bekannt sein, da erst dieses Vorwissen den Schülern einen sinnvollen Einstieg in die Chemie der ungesättigten Verbindungen ermöglicht.

Der zeitliche Aufwand des Versuches, sowohl in der Vorbereitung und der Durchführung als auch in der Nachbereitung liegt jeweils bei etwa 3 Minuten, der Geräteaufwand ist sehr gering. Brom darf in der Schule nur im Lehrerversuch verwendet werden.

Der Versuch kann in der Regel nicht misslingen, er ist einfach aufgebaut und kann durch eine farbliche Reaktion den zugrundeliegenden Mechanismus sehr schön verdeutlichen. Der einzige Nachteil, neben dem schon erwähnten zwingend erforderlichen vorsichtigen Umgang mit Brom (gerade in der Schule), ist die Tatsache, dass die Entfärbung sehr schnell stattfindet, d.h. die Schüler müssen sehr genau aufpassen um die roten Brom-Tropfen überhaupt zu sehen – gerade

in den hinteren Reihen des Klassenraums dürfte dieser Reagenzglasversuch daher bei den Schülern an Faszination verlieren, zumal ihnen der Umgang mit Brom in der Schule verboten ist. Eine Lösung könnte hier die Verwendung eines entsprechend größeren Ansatzes einschließlich größerer Glasgefäße darstellen.

Eine sinnvolle Variation ist m.E., die Brom-Tropfen (falls es nicht durch ungenaues Pipettieren schon zuvor passiert ist) im inneren Reagenzglas vom oberen Rand vorsichtig in das Cyclohexen ‚fließen‘ zu lassen; somit kann auf eine kontinuierlichere Art die Entfärbung beim Zusammentreffen der Reaktionspartner nachvollzogen werden (siehe Bild rechts). Dazu kann das Reagenzglas in der Hand etwas schräg gehalten werden, um somit die Fließgeschwindigkeit der Brom-Tropfen zu beeinflussen.



Eintropfen von Brom

Literatur

Becker HGO: Organikum; 22. Auflage 2004, Wiley-VCH, Weinheim

McMurry J: Organic Chemistry, 4. Auflage 1996, Brooks/Cole Publishing Company, Pacific Grove, CA, USA

Idee aus:

<http://www.ferdinandschulze.de/> ; Zugriff am 11.11.08

http://www.chids.de/dachs/praktikumsprotokolle/PP0076Bromierung_von_Cyclohexen.pdf; Zugriff am 11.11.08

Becker HGO: Organikum; 22. Auflage 2004, Wiley-VCH, Weinheim, S. 298ff.

Weitere Quellen:

Soester Liste 2003; <http://www.learn-line.nrw.de/angebote/gefahstoffdb/>; Zugriff am 14.11.08

Hessischer Lehrplan Chemie G8; http://www.kultusministerium.hessen.de/irj/HKM_Internet?cid=ac9f301df54d1fbfab83dd3a6449af60; Zugriff am 17.11.08