

Elektrophile Substitution

Versuch:

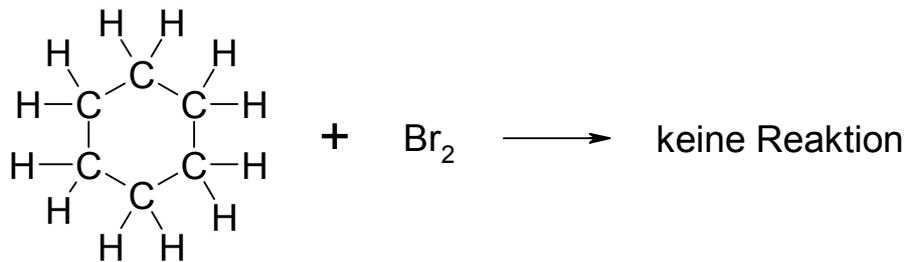
Es wird Brom zu Cyclohexan, Cyclohexen oder Benzol getropft. Nachdem Brom und Benzol zusammengeführt wurden, wird Aluminiumbromid (AlBr_3) hinzugegeben.

Beobachtung:

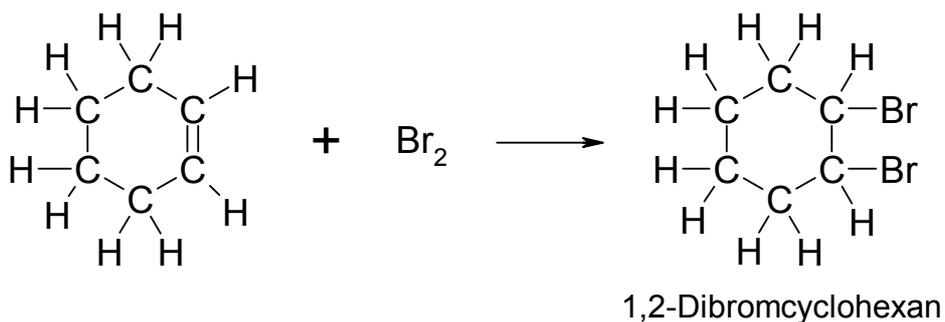
- 1.) Brom und Cyclohexan bilden eine braune Lösung, reagieren allerdings nicht miteinander.
- 2.) Brom und Cyclohexen reagieren heftig; die Lösung entfärbt sich.
- 3.) Brom und Benzol reagieren nicht, bilden aber eine braune Lösung.
- 4.) Nach Zugabe von AlBr_3 läuft eine Reaktion ab; ein Farbumschlag von braun nach hellgelb ist zu beobachten.

Erklärung:

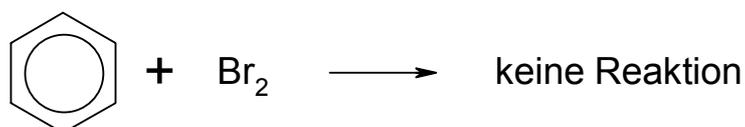
- 1.) Cyclohexan geht keine Substitutionsreaktion mit Brom ein (Ausnahme: Radikalische Substitution mit UV-Licht):



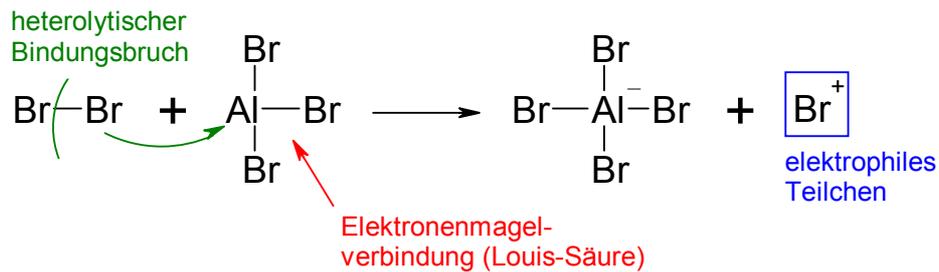
- 2.) Cyclohexen geht eine Additionsreaktion mit Brom ein (Elektrophile Addition):



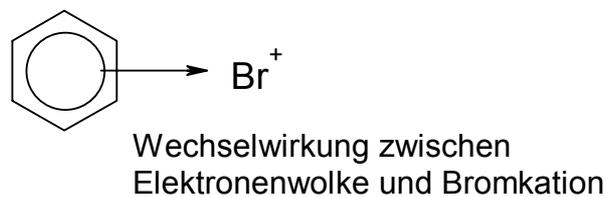
- 3.) Brom und Benzol reagieren nicht, weil kein elektrophiles Teilchen vorhanden ist, da das Brommolekül nicht gespalten wurde:



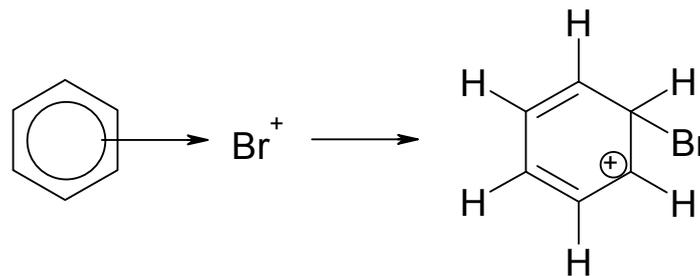
4.) Das Aluminiumbromid und das Brom reagieren zusammen, so dass ein positiv geladenes Bromion entsteht:



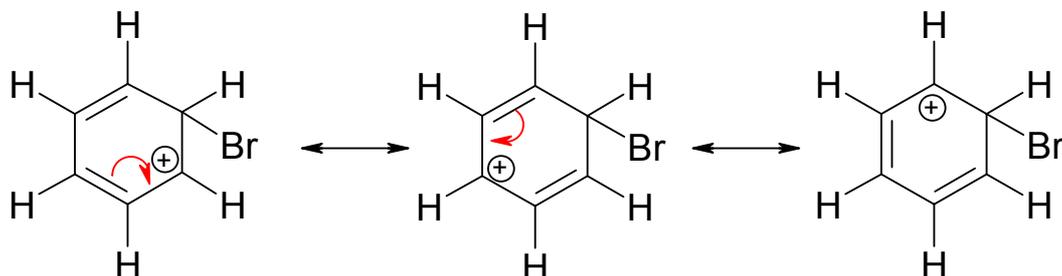
Das Br^+ -Ion greift als elektrophiles Teilchen die π -Elektronenwolke an (Bildung des π -Komplexes):



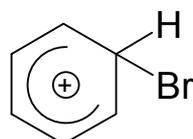
Das Bromkation bindet sich an ein C-Atom des Benzolmoleküls:



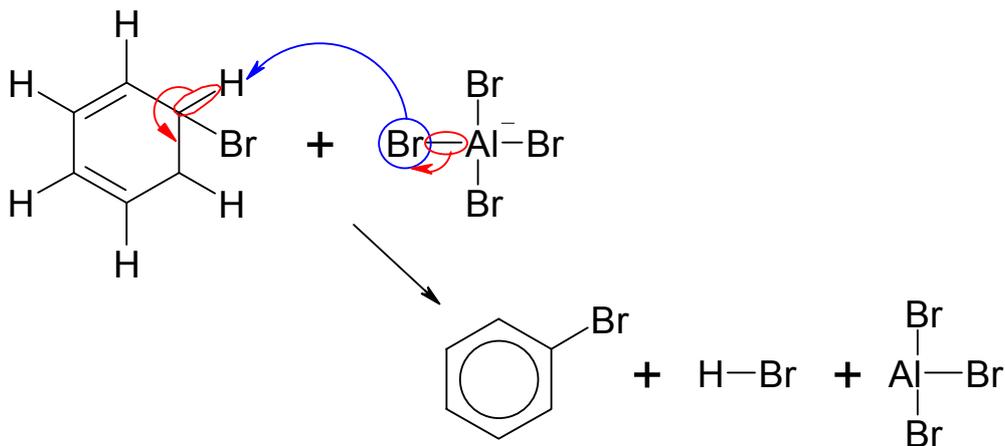
Die Delokalisierung wird teilweise aufgehoben, weil an diesem Kohlenstoffatom nun eine sp^3 -Hybridisierung vorliegt. Da das Bromion über ein σ -Bindung an das C-Atom gebunden ist, liegt nun ein sogenannter σ -Komplex vor. Seine Grenzformeln sind:



Da die positive Teilladung delokalisiert ist, ist der σ -Komplex stabilisiert. Eine weitere Darstellungsform des σ -Komplexes ist:



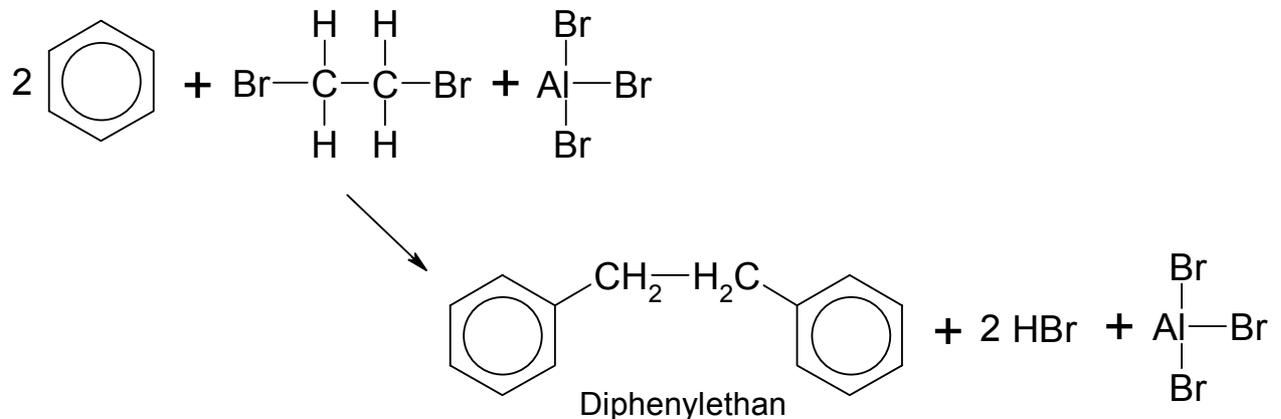
Das positiv geladene Teilchen reagiert nun unter Abspaltung eines Protons mit dem AlBr_4^- :



Die Produkte sind, der Reihenfolge entsprechend, Brombenzol, Bromwasserstoff und Aluminiumbromid, wobei Aluminiumbromid der Katalysator ist. Diese Bromierung von Benzol, die unter Einfluss eines Katalysators abläuft, nennt man *elektrophile Substitution*.

Ein weiteres Beispiel ist die Synthese von Diphenylethan:

Man lässt Benzol mit Dibrommethan reagieren. Der Katalysator ist wieder Aluminiumbromid. Die Gesamtreaktion lautet:



Bemerkung:

Tritt Benzol in Verbindungen auf, kann es vorkommen, dass es als „phenyl“ in den Namen eingeht. Beispiel sind Diphenylethan (Ethylidibenzol), Phenylmethan (Toluol, Methylbenzol) oder auch 2-Phenylpropan (Cumol).