



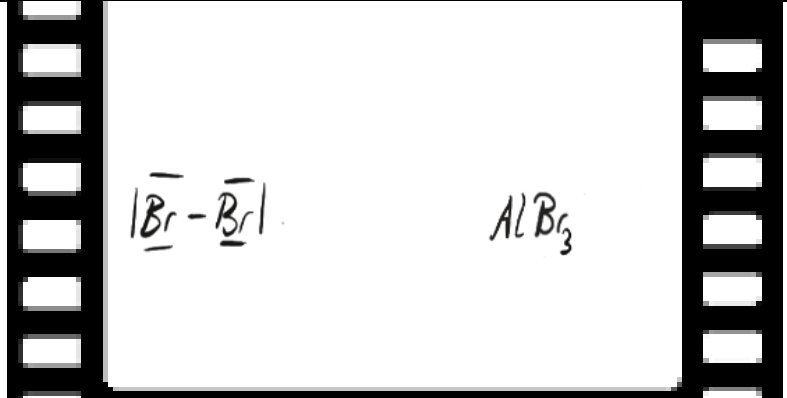
Lösung des Arbeitsblatts: Der Mechanismus der elektrophilen Substitution an Aromaten

Du hattest bereits gelernt, dass zum Beispiel Brom mit einer aromatischen Verbindung, wie bspw. Benzol (Benzen), zu Brombenzol reagiert. Als Nebenprodukt entsteht hierbei Bromwasserstoff. Der dabei ablaufende Reaktionstyp ist die sogenannte elektrophile Substitution. Formal betrachtet wird hierbei ein Wasserstoff-Atom des Benzol-Moleküls durch ein Brom-Atom ersetzt (substituiert¹). Das Adjektiv elektrophil² bedeutet hier so viel wie „elektronenliebend“. Diese chemische Reaktion findet aber nicht in einem Schritt statt, sondern in mehreren hintereinander ablaufenden Teilschritten. Die Abfolge dieser Teilschritte wird als Reaktionsmechanismus bezeichnet. Im Folgenden wird der Reaktionsmechanismus der elektrophilen Substitution genauer betrachtet.

Aufgabe:

In der zweiten Tabellenspalte ist jeder Reaktionsschritte mithilfe von Strukturformeln in der LEWIS-Schreibweise dargestellt.

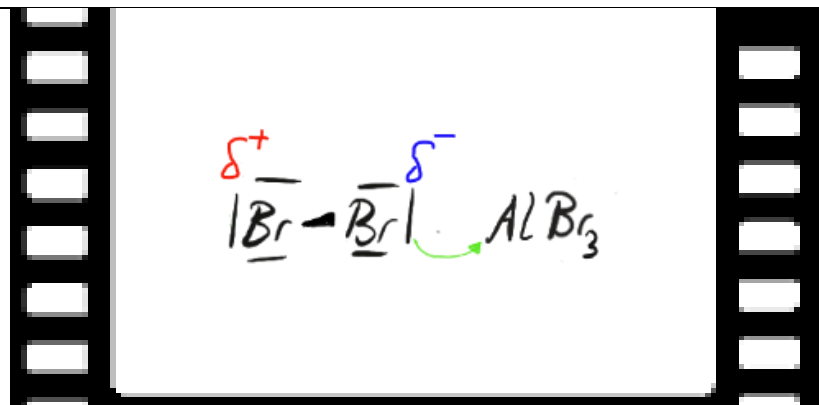
1. Beschreibe jeden Reaktionsschritt unter Verwendung von Begriffen der Teilchenebene. (Hinweis: Falls Du Hilfe benötigst, findest Du in der letzten Spalte einen QR-Code. Scanne diesen QR-Code mit Deinem Tablet o. Smartphone ein.)

Nr.	Bildhafte Darstellung des Reaktionsschritts	Beschreibung des Reaktionsschritts auf Teilchenebene
1		Ein Brom-Molekül und ein Aluminiumbromid-Teilchen bewegen sich aufeinander zu.

¹ von substituere (lat.): ersetzen

² aus dem Altgriechischen philos (liebend) stammend.

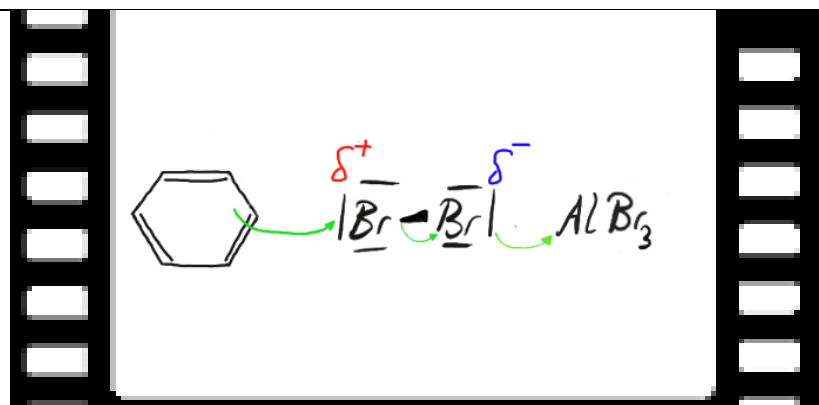
2



Durch die Wechselwirkung des Brom-Moleküls mit dem Aluminiumbromid-Teilchen kommt es zu einer Polarisierung des bindenden Elektronenpaars im Brom-Molekül.

Hierdurch wird das Brom-Molekül zu einem Dipol und wirkt als Elektrophil (elektronenliebendes Teilchen).

3



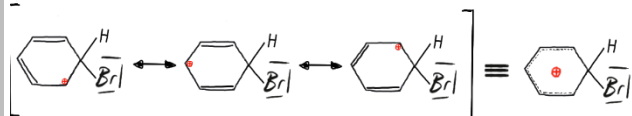
Das Elektrophil wechselwirkt mit den sechs delokalisierten Elektronen im Benzolring.

4

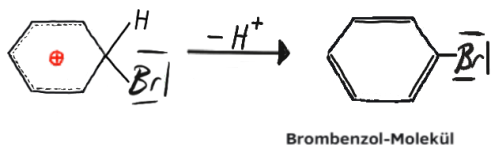


Ein Elektronenpaar der im Benzolring delokalisierten Elektronen bildet eine Bindung zum partial positiv geladenen Brom-Atom aus. Zeitgleich wird das bindende Elektronenpaar im Brom-Molekül heterolytisch gespalten, und ein freies Elektronenpaar des partial negativ geladenen Brom-Atoms bildet eine Elektronenpaarbindung zum Aluminiumbromid-Teilchen aus. Es entstehen hierdurch ein positiv geladenes Arenium-Ion (Carbokation) sowie ein negativ geladenes AlBr_4^- -Ion.

Das Arenium-Ion besitzt im Gegensatz zum Benzol-Molekül keinen aromatischen Charakter mehr.



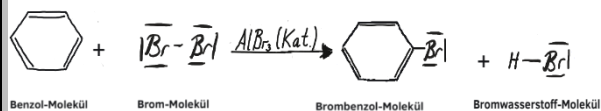
Das entstandene Arenium-Ion ist mesomeriestabilisiert.



Ein Proton wird vom Arenium-Ion abgegeben, so dass ein Brombenzol-Molekül entsteht. In dem Brombenzol-Molekül ist der aromatische Zustand wiederhergestellt.



Das abgespaltene Proton reagiert mit dem negativ geladenen AlBr_4^- -Ion, so dass ein Bromwasserstoff-Molekül und ein Aluminiumbromid-Teilchen gebildet werden. Der Katalysator Aluminiumbromid ist somit wiederhergestellt.



Fazit: Benzol reagiert mit Brom mithilfe des Katalysators Aluminiumbromid zu Brombenzol und Bromwasserstoff.

Bei dieser Reaktion wird formal ein Wasserstoff-Atom des Benzol-Moleküls durch ein Brom-Atom ersetzt.

