

II.C.44

Chemie bestimmt unser Leben

Reaktionswege in der organischen Chemie – Teil 2

Ein Beitrag von Jolanda Hermanns



© RAABE 2020

© sanjeri/E+/Getty Images Plus

Organische Verbindungen begegnen uns jeden Tag. Sie sind zum Beispiel in Lebensmitteln, Kunststoffen, Kunstfasern und Medikamenten enthalten. Viele dieser Verbindungen werden synthetisch hergestellt. Die Chemiker benötigen daher ein fundiertes Wissen über ablaufenden Reaktionen, das bei der Planung neuer Synthesen unabdingbar ist. Ein wichtiges Instrument zur Planung ist das Aufstellen von Reaktionsmechanismen. Um Reaktionsmechanismen erfolgreich aufzustellen, benötigt man Wissen über funktionelle Gruppen und deren Polarität, Stabilität von Verbindungen sowie die Wirkungsweise von Katalysatoren. Grundlegende Konzepte und Reaktionsarten wie Elektrophilie, Nukleophilie, Redoxreaktionen oder Säure-Base-Reaktionen bieten die Grundlage für den Aufbau dieses Wissens.

KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe: 11–13

Dauer: 3 Unterrichtsstunden (3 Doppelstunden)

Kompetenzen: 1. Wissen über Stoffklassen, funktionelle Gruppen sowie deren Polarität. 2. Anwenden von grundlegenden Prinzipien der org. Chemie. 3. Selbstständiges Aufstellen von Reaktionsmechanismen. 4. Wissen über den Einsatz von Katalysatoren bei chemischen Reaktionen.

Thematische Bereiche: Reaktionsmechanismen, funktionelle Gruppen und Stoffklassen, Polarität, Katalysatoren

Hintergrundinformationen

Das Aufstellen von Reaktionsmechanismen gehört zum Standardrepertoire des Chemikers, vor allem des Organikers. Um neue Synthesen planen zu können, muss der Chemiker in der Lage sein, den Ablauf der verschiedenen Teilschritte in der Synthese vorhersehen zu können. Das Aufstellen des Reaktionsmechanismus ist ebenfalls wichtig, um unerwartete und nicht vorhergesehene Ergebnisse erklären zu können. Bei der großen Anzahl von bereits bekannten Reaktionen und deren Mechanismen ist es weder möglich noch sinnvoll, diese alle auswendig zu lernen, um sie dann, wenn nötig, zu verwenden. Bei neuen Mechanismen oder solchen, die leichte Abweichungen von Bekannten haben, ist solches Wissen sogar eher Ballast als Hilfe. Es wird daher ein flexibles Wissen über mögliche Reaktionswege benötigt, welches immer auf neue Situationen und Probleme angewendet werden kann. Die Vermittlung von diesem Wissen ist bereits in der gymnasialen Oberstufe möglich und sinnvoll. Schülerinnen und Schüler tendieren oftmals dazu, möglichst alles auswendig zu lernen. Bei problemorientierten Aufgaben bringt sie dieses Vorgehen jedoch selten weiter. Für das Aufstellen von Reaktionsmechanismen ist vielmehr ein rezeptuelles Wissen über organische Verbindungen und deren Reaktionen sinnvoll. Mit diesem Handwerkszeug ausgestattet, können die Schülerinnen und Schüler selbstständig einfache (und auch schwierigere) Reaktionsmechanismen aufstellen. Sie erhalten dadurch einen tiefer gehenden Einblick in die ablaufenden Reaktionen und können Zusammenhänge und Unterschiede zwischen einzelnen Reaktionen erkennen und erklären. Dieser zweite Teil der Materialsammlung zu Reaktionswegen in der organischen Chemie baut auf den ersten Teil auf.

Hinweise zur Didaktik und Methodik

Die Unterrichtseinheit besteht aus insgesamt 6 Stunden bzw. drei Doppelstunden. In der ersten Doppelstunde steht die elektrophile aromatische Substitution im Mittelpunkt. Verschiedene Materialien, wie zum Beispiel abgestufte Hilfen und Mechanismuspuzzle, stehen zur Erarbeitung zur Verfügung. In der zweiten Doppelstunde steht die Funktion für das Aufstellen von Reaktionsmechanismen im Fokus. Reaktionsmechanismen werden hierbei sowohl zur Vorhersage von Reaktionen als auch zum Erklären von Reaktionsprodukten erstellt. Für beide Funktionen stehen abgestufte Hilfen zur Verfügung. Ein Spiel vertieft das Erlernte noch mal. Die dritte Doppelstunde widmet sich der Aldoladdition und -kondensation. Ein Brettspiel dient zur Wiederholung und Festigung des Wissens. Zu zwei Doppelstunden steht eine Knobelaufgabe (M 3, Aufgabe 2) für besonders interessierte oder schnelle Schülerinnen und Schüler zur Verfügung. Diese Aufgabe kann jedoch auch als Hausaufgabe oder zum späteren Einsatz verwendet werden. Da dieser zweite Teil auf den ersten Teil aufbaut, können die Spiele aus Teil 1 zur Wiederholung und Festigung bei der Erarbeitung von Teil 2 erneut verwendet werden.

Durchführung**1./2. Stunde**

Das Material **M 1** beschäftigt sich mit der elektrophilen aromatischen Substitution, welche am Beispiel der Reaktion zwischen Benzol und Brom erarbeitet wird. Die Schülerinnen und Schüler nutzen zum Aufstellen des Reaktionsmechanismus die abgestuften Hilfen und vertiefen ihr Wissen über die elektrophile aromatische Substitution, indem Sie das Puzzle **M 2** zur Synthese von „Sunset Yellow“, einem Azofarbstoff, erstellen. Hierzu steht ein Lückentext als Hilfe zur Verfügung.

In Material **M 3** wird die Auswirkung vorhandener Substituenten auf die Zweitsubstitution thematisiert. Hierzu erstellen die Schülerinnen und Schüler die Tabelle **M 3** und beschäftigen sich abschließend nochmals mit dem Farbstoff „Sunset Yellow“.

3./4. Stunde

Die Materialien **M 5** und **M 6** beschäftigen sich mit den zwei Funktionen, die ein Reaktionsmechanismus erfüllen kann. Bei **M 5** gelangen die Schülerinnen und Schüler durch das Aufstellen der Reaktionsmechanismen zu den jeweiligen Reaktionsprodukten. Bei **M 6** nutzen diese die Reaktionsmechanismen, um das Auftreten unterschiedlicher Produkte zu erklären. Für diese Aufgaben stehen abgestufte Hilfen zur Verfügung.

5./6. Stunde

Material **M 7** beschäftigt sich mit der Aldoladdition als ein Beispiel für eine biochemische Reaktion. Mithilfe eines Textpuzzles und abgestuften Hilfen können die Schülerinnen und Schüler den Reaktionsmechanismus aufstellen. Bei **M 8** werden die zwei unterschiedlichen Mechanismen der Aldolkondensation thematisiert. Mithilfe eines Mechanismuspuzzles werden beide Reaktionsmechanismen aufgestellt. **M 9** ist ein Brettspiel. Hiermit werden die Reaktionswege spielerisch wiederholt und geübt.

Mögliche Weiterführung der Einheit

Die Knobelaufgabe kann, sofern sie nicht als Hausaufgabe eingesetzt wurde, zu einem späteren Zeitpunkt zum Auffrischen der erworbenen Kompetenzen im Unterricht eingesetzt werden. Ebenso ist es sinnvoll, die Spiele im weiteren Verlauf des Chemieunterrichts immer wieder einzusetzen, damit das grundlegende kompetenzorientierte Wissen über einen längeren Zeitraum gefestigt wird.

Erklärung zu Differenzierungssymbolen

	Finden Sie dieses Symbol in den Lehrerhinweisen, so findet Differenzierung statt. Es gibt drei Niveaustufen, wobei nicht jede Niveaustufe extra ausgewiesen wird.	
Grundlegendes Niveau	Mittleres Niveau	Erweitertes Niveau

Auf einen Blick

Ab = Arbeitsblatt Sp = Spiel

1./2. Stunde

Thema:	Die elektrophile aromatische Substitution
M 1 (Ab)	Die elektrophile aromatische Substitution
M 2 (Sp)	Sunset Yellow: Ein Azofarbstoff als Lebensmittelfarbstoff
M 3 (Ab)	Zweitsubstitution am Aromaten: Der erste Substituent entscheidet

3./4. Stunde

Thema:	Reaktionsmechanismen: mehr Vorhersage, mal zur Erklärung von Reaktionen.
M 4 (Ab)	Reaktionsmechanismen: Welche Reaktion ist wahrscheinlich?
M 5 (Ab)	Reaktionsmechanismen: Welcher Mechanismus liegt bei den folgenden Reaktionen vor?

5./6. Stunde

Thema:	Reaktionsmechanismen mit biochemischer Relevanz
M 6 (Ab)	Aldolreaktion: eine wichtige biochemische Reaktion
M 7 (Ab)	Die Aldolkondensation
M 8 (Sp)	Ein Brettspiel zum Themenfeld „Reaktionsmechanismen“

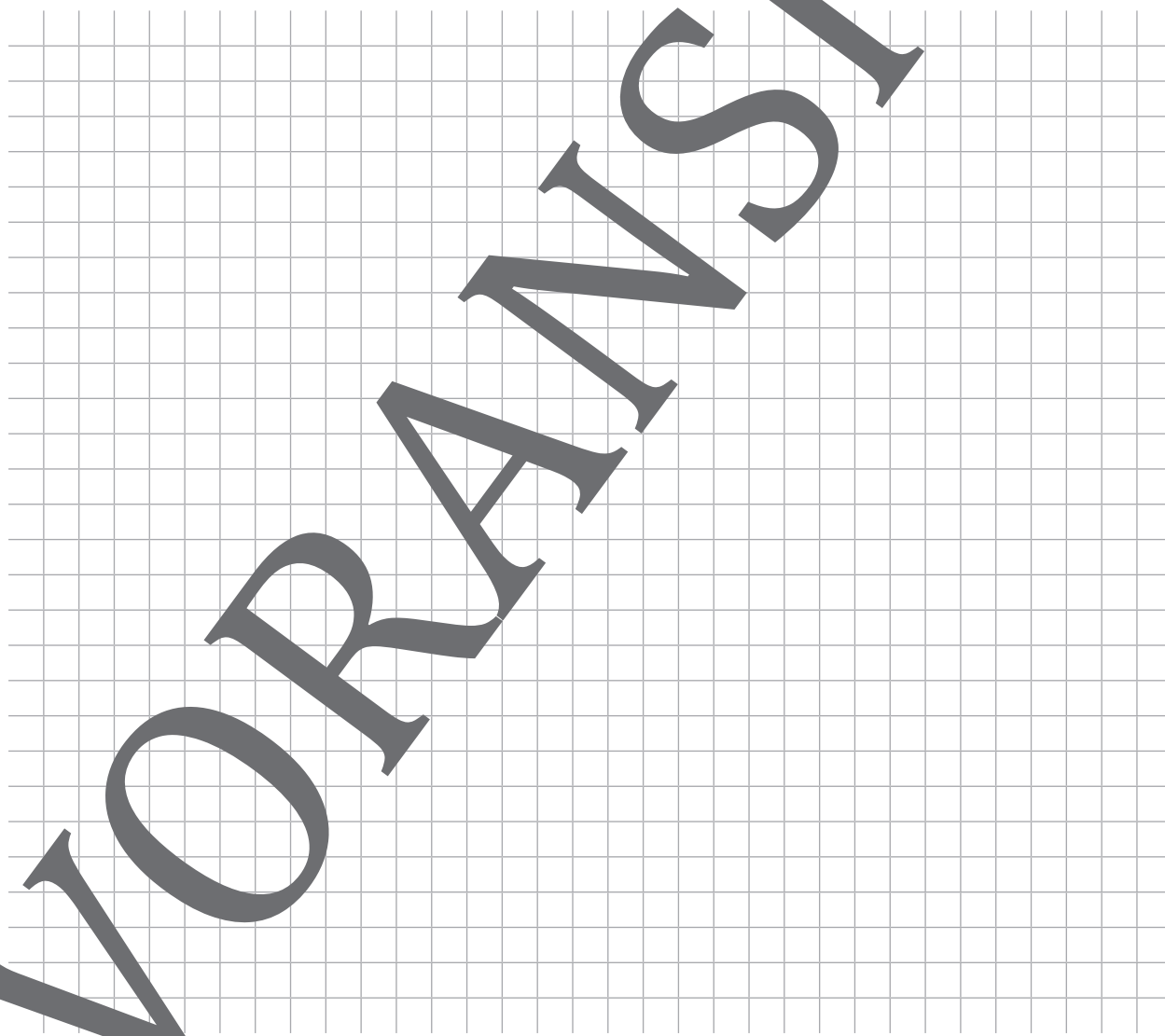
Die elektrophile aromatische Substitution

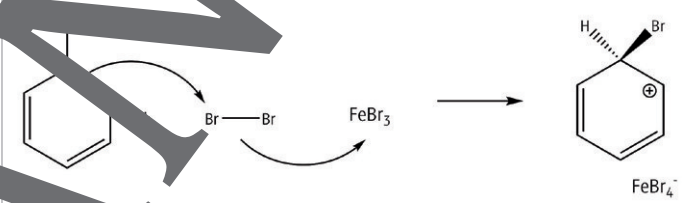
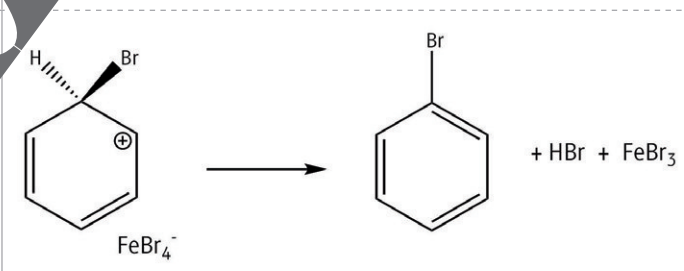
M 1

Manche Reaktionen in der organischen Chemie laufen spontan ab und für andere Reaktionen wird ein Katalysator benötigt. Eine solche Reaktion ist die elektrophile aromatische Substitution. Die Aromaten nehmen nämlich eine besondere Stellung unter den ungesättigten Kohlenwasserstoffen ein. Während z. B. Alkene und Alkine spontan mit Brom in einer Additionsreaktion reagieren, ist das bei Aromaten wie z. B. Benzol nicht der Fall, da die Elektronendichte im aromatischen Ring aufgrund der delokalisierten Elektronen zu gering ist. Damit Brom mit Benzol reagieren kann, wird ein Katalysator z. B. FeBr_3 benötigt. Es findet aber in diesem Fall keine Addition, sondern eine Substitution statt; ein Wasserstoff-Atom wird durch ein Brom-Atom ersetzt. Trotz dieser Einschränkung ist die wichtigste Reaktion der Aromaten die elektrophile Substitution.

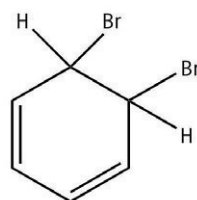
Aufgaben

1. **Erstellen** Sie für die Reaktion von Benzol mit Brom den Reaktionsmechanismus. Dafür stehen Ihnen abgestufte Hilfen zur Verfügung.



Die abgestufte Hilfe zur Reaktion von Benzol mit Brom	
Hilfe 1	Benennen Sie die Reaktionsart.
Lösung Hilfe 1	Elektrophile aromatische Substitution
Hilfe 2	Definieren Sie „elektrophile aromatische Substitution“
Lösung Hilfe 2	Ein positiv geladenes oder positiv polarisiertes Teilchen wird durch ein anderes positiv geladenes oder positiv polarisiertes Teilchen ersetzt.
Hilfe 3	Entscheiden Sie, ob Sie für diese Reaktion einen Katalysator benötigen, und begründen Sie dies.
Lösung Hilfe 3	FeBr_3 wird als Katalysator benötigt, da es die Halogenide im aromatischen Ringsystem zu binden ist
Hilfe 4	Für die elektrophile aromatische Substitution wird ein positiv polarisiertes Teilchen benötigt. FeBr_3 polarisiert das unpolare Brom-Molekül. Hierdurch erhält das Brom-Atom eine positive Polarisation, wodurch es den aromatischen Ring angreifen kann. FeBr_3 bleibt zurück. Notieren Sie diesen ersten Schritt des Reaktionsmechanismus.
Lösung Hilfe 4	
Hilfe 5	Im zweiten Schritt wird das Proton abgespalten. Notieren Sie, welche Produkte entstehen, und beachten Sie, dass der Katalysator wieder entstehen muss.
Lösung Hilfe 5	

Erklären Sie, warum das folgende mögliche Reaktionsprodukt nicht gebildet wird, obwohl hier kein Proton der Katalysator freigesetzt wird.



Die Aldolkondensation

M 7

Eine Weiterführung der Aldoladdition ist die Aldolkondensation. Hierbei wird im letzten Reaktionsschritt Wasser abgespalten. Die Aldolkondensation kann sowohl mit Säuren als auch mit Basen katalysiert werden. Die Produkte sind identisch, nur der Reaktionsmechanismus ist unterschiedlich.

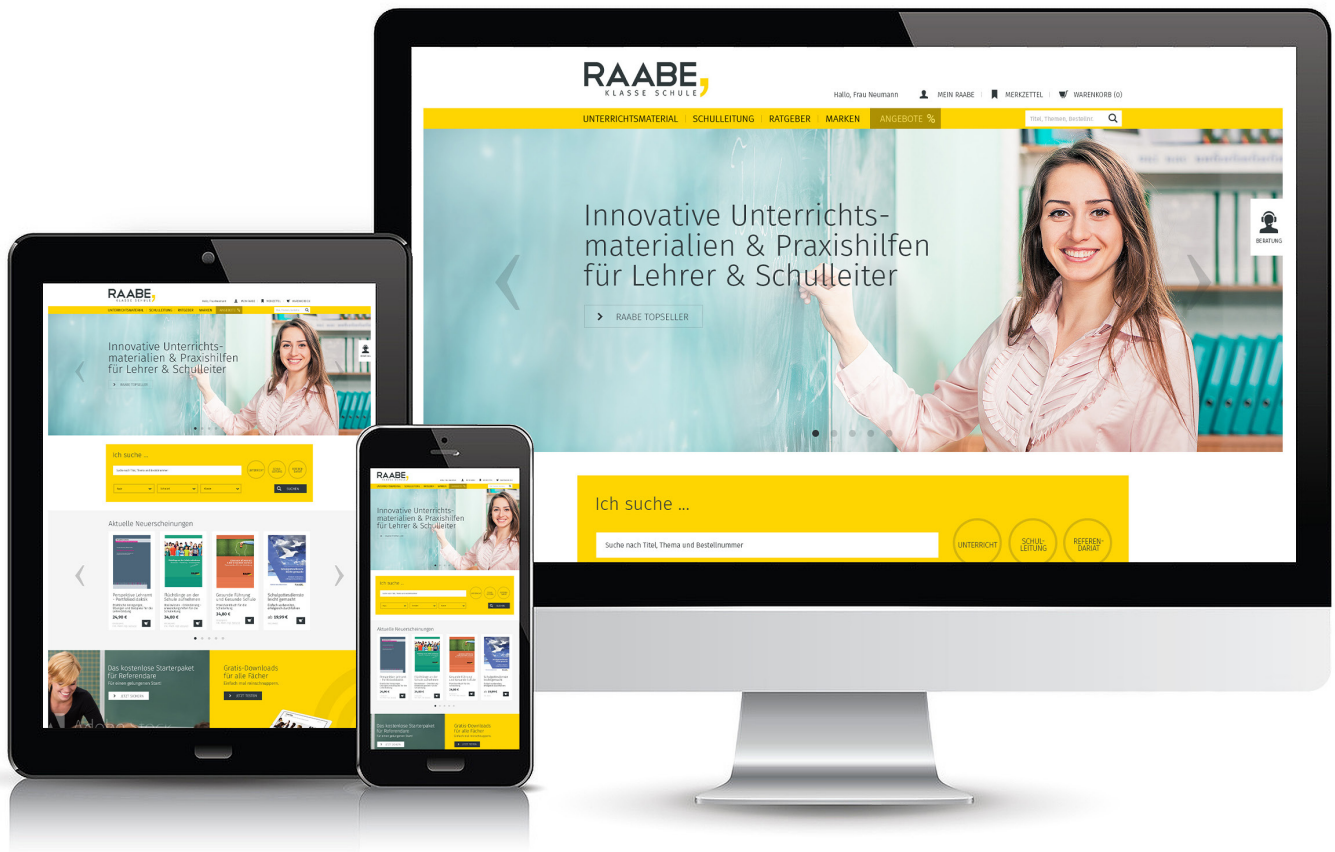
Aufgaben

1. **Definieren** Sie Kondensationsreaktion und **geben** Sie ein weiteres Beispiel für eine Kondensationsreaktion **an**.
2. **Stellen** Sie den Reaktionsmechanismus für die Aldolkondensation **auf**, indem Sie die folgenden Puzzleteile in die richtige Reihenfolge bringen. Aber Achtung: Die Puzzleteile für die basenkatalysierte und die säurekatalysierte Reaktion sind durcheinandergeraten. **Sortieren** Sie zunächst die Puzzleteile und **ordnen** Sie diese den jeweiligen Reaktionsbedingungen zu.



\longleftrightarrow		$\xrightarrow[-OH^-]{H_2O}$	
	$\xrightarrow[-H_2O]{+OH^-}$		$\xrightarrow{H^+}$
$\xrightarrow[-H_2O]{+OH^-}$ $-OH^-$		$\xrightarrow{H^+}$	
$\xrightarrow{H^+}$		$\xrightarrow{H^+}$	
	$\xrightarrow{-H^+}$	$\xrightarrow{H^+}$	$\xrightarrow{-H_2O}$
		$\xrightarrow{-H^+}$	

Der RAABE Webshop: Schnell, übersichtlich, sicher!



Wir bieten Ihnen:



Schnelle und intuitive Produktsuche



Übersichtliches Kundenkonto



Komfortable Nutzung über
Computer, Tablet und Smartphone



Höhere Sicherheit durch
SSL-Verschlüsselung

Mehr unter: www.raabe.de