

II.C.43

Vielfalt organischer Verbindungen

Reaktionswege in der organischen Chemie

Ein Beitrag von Jolanda Hermanns



© RAABE 2020

© sanjiri/E+/Getty Images Plus

Jedes Jahr werden weltweit schätzungsweise 100.000 neue organische Verbindungen synthetisiert. Gerade im Bereich der Wirkstoffe sind organische Verbindungen unverzichtbar. Informationen über die ablaufenden Reaktionen sind für die Planung neuer Synthesen dabei von besonderer Bedeutung. Es stellt sich in der organischen Chemie daher die Frage, warum Stoffe in genau dieser Art und Weise miteinander reagieren. Reaktionsmechanismen können hierzu die benötigten Hinweise geben. Sie bieten sich sowohl zur Erklärung von abgelaufenen Reaktionen als auch zur Vorhersage wahrscheinlicher Reaktionswege und Produkte an. Das Aufstellen von Reaktionsmechanismen setzt Wissen über funktionelle Gruppen und deren Polarität, Stabilität von Verbindungen sowie die Wirkungsweise von Katalysatoren voraus.

KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe:	11–13
Dauer:	6 Unterrichtsstunden (3 Doppelstunden)
Kompetenzen:	1. Wissen über Stoffklassen, funktionelle Gruppen sowie deren Polarität. 2. Anwenden von grundlegenden Prinzipien der organischen Chemie. 3. Selbstständiges Aufstellen von Reaktionsmechanismen.
Thematische Bereiche:	Reaktionsmechanismen, funktionelle Gruppen und Stoffklassen, Polarität, Katalysatoren
Medien:	Texte, Spiele, Arbeitsblätter

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 leichten Abweichungen von bekannten ist solches Wissen sogar eher Ballast als Hilfe. Es wird daher ein flexibles Wissen über mögliche Reaktionswege benötigt, welches auf immer neue Situationen und Probleme angewendet werden kann. Die Vermittlung von diesem Wissen ist bereits in der gymnasialen Oberstufe möglich und sinnvoll. Auch 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 konzeptuelles 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.

Hinweise zur Didaktik und Methodik

Die Unterrichtseinheit besteht aus insgesamt 6 Stunden bzw. drei Doppelstunden. In der ersten Doppelstunde stehen die verschiedenen Stoffklassen der organischen Chemie, die Polarität der Moleküle und erste Reaktionen im Mittelpunkt. Die Frage „Wer reagiert mit wem und warum?“ wird mithilfe eines Spiels immer wieder beantwortet. In der zweiten Doppelstunde steht die Addition an die Doppelbindung im Fokus. Verschiedene Reaktionsmechanismen werden mithilfe von abgestuften Hilfen möglichst selbstständig aufgestellt. Die erworbenen Kompetenzen werden dann auf neue, noch unbekannte Reaktionen angewendet. Die dritte Doppelstunde stellt die nucleophile Substitution sowie Eliminierungsreaktionen in den Mittelpunkt. Das Aufstellen der Mechanismen wird auch hier wieder spielerisch geübt. Zu zwei Doppelstunden steht eine Knobelaufgabe für besonders interessierte oder schnelle Schülerinnen und Schüler zur Verfügung. Diese Aufgabe kann jedoch auch als Hausaufgabe oder zum späteren Einsatz verwendet werden.

Durchführung

1./2. Stunde (Erste Doppelstunde)

Das Material **M 1** beschäftigt sich mit funktionellen Gruppen und deren Partialladungen. Das Wissen über funktionelle Gruppen und Partialladungen gehört zu den Grundlagen zum Aufstellen von Reaktionsmechanismen. Die Schülerinnen und Schüler füllen hierzu die Tabelle aus. Anschließend fügen sie die Textbausteine zu den sieben Regeln der Reaktionsmechanismen **M 2** zusammen. Abschließend spielen sie das Spiel **M 3**. Bei diesem Spiel können die Schülerinnen und Schüler das Erlernte aus den Materialien **M 1** und **M 2** üben und vertiefen.

3./4. Stunde (Zweite Doppelstunde)

Die Schülerinnen und Schüler füllen den Lückentext zur elektrophilen Addition an die Doppelbindung **M 4** aus und lesen daraufhin den fertigen Text. Anschließend bearbeiten sie die Aufgabe. Bei **M 5** können sie ihr Wissen zur elektrophilen Addition anwenden und vertiefen, indem sie die Reaktionsmechanismen aufstellen. Hierfür sollten die Schülerinnen und Schüler die abgestuften Hilfen verwenden. Zur Vertiefung ihres Wissens stehen ihnen das Spiel **M 6** und die Knobelaufgabe **M 7** zur Verfügung.

5./6. Stunde (Dritte Doppelstunde)

Material **M 8** beschäftigt sich mit der nucleophilen Substitution und der Konkurrenzreaktion, der Eliminierung. Mithilfe eines Zuordnungsspieler lernen die Schülerinnen und Schüler die wichtigsten Schritte der Reaktionsmechanismen kennen. Um zwischen S_N1 - und S_N2 -Mechanismus unterscheiden zu können, bearbeiten sie das Aufgabenblatt **M 9**. Zur Vertiefung ihres Wissens steht ihnen die Knobelaufgabe **M 10** zur Verfügung.

Mögliche Weiterführung der Einheit:

Die Knobelaufgaben können, sofern sie nicht als Hausaufgaben eingesetzt wurden, 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 konzeptuelle 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: Organische Chemie: Wer reagiert mit wem und warum?

- M 1** (Ab) Funktionelle Gruppen und Polaritäten
M 2 (Ab) Grundlagen zu Reaktionsmechanismen
M 3 (Sp) Wer reagiert mit wem und warum?

3./4. Stunde

Thema: Die elektrophile Addition an die Doppelbindung

- M 4** (Ab) Elektrophile Addition an die Doppelbindung
M 5 (Ab) Reaktionsmechanismen zur elektrophilen Addition an die Doppelbindung
M 6 (Sp) Rommé zur elektrophilen Addition an die Doppelbindung
M 7 (Ab) Knobelaufgabe zur elektrophilen Addition

5./6. Stunde

Thema: Die nucleophile Substitution und die Eliminierung

- M 8** (Ab) Eine Konkurrenzsituation: Nucleophile Substitution und Eliminierung
M 9 (Ab) Unterscheidung zwischen S_N1 - und S_N2 -Mechanismus
M 10 (Ab) Knobelaufgabe: nucleophile Substitution oder Eliminierung?



Funktionelle Gruppen und Polaritäten

M 1

Die Reaktivität einer chemischen Verbindung hängt von den funktionellen Gruppen ab, die in dieser Verbindung vorhanden sind. Innerhalb dieser funktionellen Gruppen werden die Bindungselektronen vom elektronegativeren Atom angezogen; es kommt zur Bildung von Partialladungen. Ein Atom kann dann partiell positiv oder partiell negativ geladen sein. Reaktionen zwischen Verbindungen sind möglich, wenn sich die unterschiedlich geladenen Bereiche anziehen; ein Bereich, der partiell positiv geladen ist, wird von einem Bereich, der partiell negativ geladen ist, angezogen (und andersrum). Beim Aufstellen von Reaktionsmechanismen müssen zunächst die Partialladungen innerhalb der funktionellen Gruppen bestimmt werden, damit man weiß, wer prinzipiell mit wem reagieren kann.

Aufgaben

1. **Notieren** Sie die folgenden funktionellen Gruppen in Lewis-Schreibweise. **Notieren** Sie auch alle freien Elektronenpaare.
2. **Bestimmen** Sie mithilfe des Periodensystems, welche Atome elektronegativer sind und daher die Bindungselektronen zu sich ziehen. **Beschriften** Sie die einzelnen Atome mit den entsprechenden Partialladungen: δ^+ für die positive Partialladung und δ^- für die negative Partialladung.
3. **Ergänzen** Sie die Namen der funktionellen Gruppen sowie der Stoffklassen.

Vereinfachte Summenformel	Lewis-Formel	Name der funktionellen Gruppe	Name der Stoffklasse
-OH		Hydroxyl-Gruppe	
-COOH			
-NH ₂			
-COOR			
-CHO			
-CO			Ketone
-Cl		Chlor	

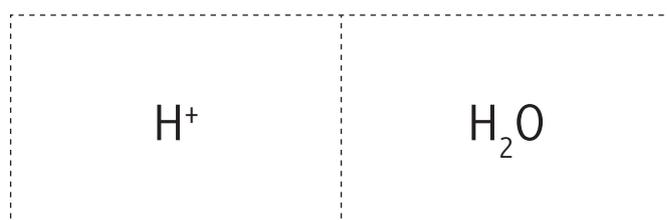
Wer reagiert mit wem und warum?

M 3

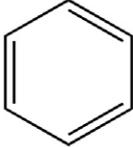
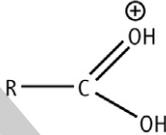
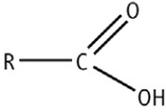
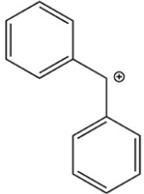
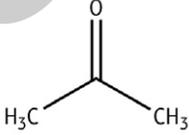
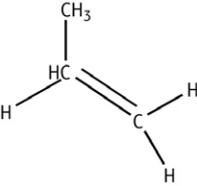
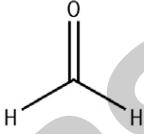
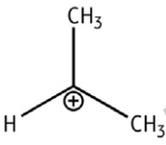
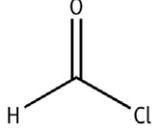
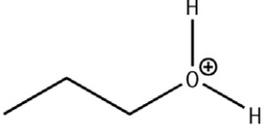
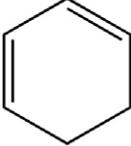
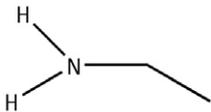
Ob chemische Verbindungen miteinander reagieren oder nicht, hängt von ihrer Partialladung ab oder aber auch davon, ob sie noch weitere Bindungen eingehen können, wie z. B. bei den Doppelbindungen. In diesem Spiel können Sie testen, ob Sie diese Konzepte auf verschiedene Beispiele anwenden können.

Spielregeln

Das Spiel kann mit drei oder vier Spielern gespielt werden. Die Spielkarten werden gemischt. Jeder Spieler erhält vier Spielkarten. Die restlichen Spielkarten werden umgedreht auf einen Stapel gelegt. Mit den Spielkarten lassen sich Pärchen bilden. Zwei Kärtchen gehören dann zusammen, wenn die abgebildeten Stoffe miteinander reagieren können. Ein Beispiel dafür:



Sobald man ein Pärchen zusammen hat, können diese Karten auf dem Tisch abgelegt werden. Der jüngste Spieler fängt an und schaut, ob er schon Karten ablegen kann. Wenn das nicht der Fall ist, muss er eine weitere Karte ziehen. Im Uhrzeigersinn wird weitergespielt. Wenn man an der Reihe ist, kann man so viele Karten ablegen, wie man möchte, vorausgesetzt, sie gehören zusammen. Wenn man einen Fehler macht, muss man eine Runde aussetzen. Es gewinnt der Spieler, der zuerst alle Karten abgelegt hat.

H^+	H^+	H^+	H^+
H_2O	H_2O	H_3O^+	H_3O^+
H-Br	$Br^{\delta+} \dots\dots Br^{\delta-}$		
		NH_3	
		-CN	
			
Br^-	$-SCN$		
Br_2		Cl_2	