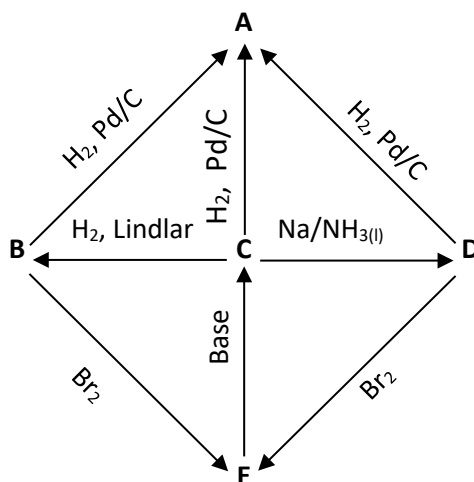


## Beispiel 1 Oligocarbonsäuren

Gegeben sei folgendes Reaktionsschema:



**A** hat eine molare Masse von  $118,09 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ , die Verhältnisformel von **C** ist  $\text{C}_{2n}\text{O}_{2n}\text{H}_n$ . **B** und **D** sind Diastereomere. **E** hat drei Stereoisomere. Die im Schema genannte Base ist nicht nucleophil.

- Bestimmen Sie die Summenformeln der Verbindungen **A** bis **E**!
- Geben Sie die Strukturformeln aller fünf Verbindungen an und benennen Sie sie nach IUPAC. Verzichten Sie auf Lokanten, wenn der Name auch ohne eindeutig ist (Beispiel: Butanon statt But-3-en-2-on).
- Welche Namen besitzen die Salze der Verbindungen **A**, **B** und **D**?
- Welche Farbe besitzt eine Lösung von Natrium in flüssigem Ammoniak? Welche chemische Eigenschaft besitzt sie?

Eine klassische Möglichkeit der Darstellung von **D** ist folgende: In einer Knoevenagel-Kondensation wird aus Propandisäurediethylester und Glyoxalsäure (Ethanalsäure) mit Ethanolat als Katalysator und Ethanol als Lösungsmittel ein Diester synthetisiert. Dieser wird dann in heißer Säure hydrolysiert und decarboxyliert.

- Geben Sie den Mechanismus der Knoevenagel-Kondensation an.
- Formulieren Sie den Mechanismus der Decarboxylierung! Bedenken Sie dabei, dass dieser über einen sechsgliedrigen Übergangszustand verläuft.

## Beispiel 2 Fette und Öle

Öle und Fette pflanzlichen und tierischen Ursprungs sind Ester aus Glycerin und Fettsäuren. Sie können flüssig, halbfest und fest sein. Fette, die bei Raumtemperatur flüssig sind, werden als Öle bezeichnet. In Abhängigkeit ihres Ursprungs besitzen Fette ein charakteristisches Fettsäuremuster.

- Erklären Sie den Begriff Fettsäuremuster an einem von Ihnen gewählten Beispiel und geben Sie das Fettsäuremuster für dieses Fett an!

Um Fettsäuren in einfacher Weise zu kennzeichnen, gibt es ein Kürzel-System, in dem die Zahl der Kohlenstoffatome ( $m$ ) und die Zahl der Doppelbindungen ( $n$ ) als Verhältnis (so wie bei einem Ergebnis im Sport) wiedergegeben werden. Für Ölsäure (Abb. 1) beispielsweise, würde dieses Kürzel 18:1 lauten:

## Beispielaufgaben IChO 2. Runde 2019 – Säurederivate

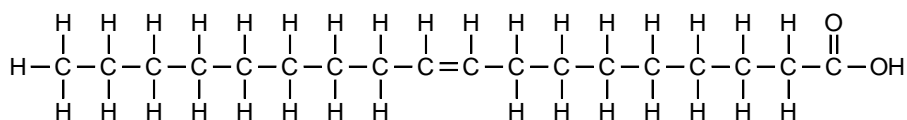


Abb. 1: Strukturformel von Ölsäure

b) Geben Sie die Summenformeln der folgenden Fettsäuren an, zeichnen Sie die Strukturformeln und ermitteln Sie entsprechend die Kürzel für folgende Fettsäuren

i) Caprinsäure      ii) Linolsäure      iii) Linolensäure      iv) Erucasäure

Für die Ernährung sind natürliche Fette, die (mehrfach) ungesättigte Fettsäuren enthalten besonders wertvoll. Derartige Fette sind bei Raumtemperatur zumeist flüssig.

c) Erklären Sie anhand der intermolekularen Wechselwirkungen, warum gesättigte (natürliche) Fette fest, ungesättigte eher flüssig sind.

Mehr als 90 % der weltweit gewonnenen Fette dienen als Nahrungs- und Futtermittel. Ein geringerer Teil dient als Ausgangsstoff für die Herstellung anderer Produkte. Jedoch sind nicht alle Bereiche der Fettmoleküle einem chemischen Angriff gleichermaßen zugänglich.

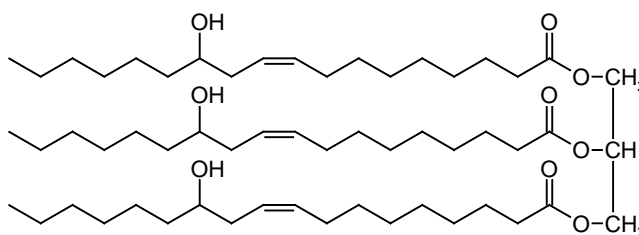


Abb. 2: Strukturformel eines Fettmoleküls von Rizinusöl

d) Kennzeichnen und benennen Sie die Bereiche im Molekül (Abb. 2), an denen ein chemischer Angriff möglich wäre.

Eine wichtige Umsetzung eines Fettes ist die Verseifung mit Natronlauge. Hierbei entstehen Glycerin und die entsprechenden Seifen.

e) Formulieren Sie die Verseifungsreaktion für ein Fettmolekül. Stellen Sie für einen der drei Fettsäurereste den detaillierten Mechanismus der Verseifung dar! Erklären Sie, warum die Gleichgewichtsreaktion in Richtung der Produkte verläuft!

Die Verseifung von Kokosöl benötigt mehrere Stunden, während die Verseifung von 3-Nitrobenzoesäure-methylester bereits nach 10 Minuten beendet ist.

f) Geben Sie eine Erklärung!

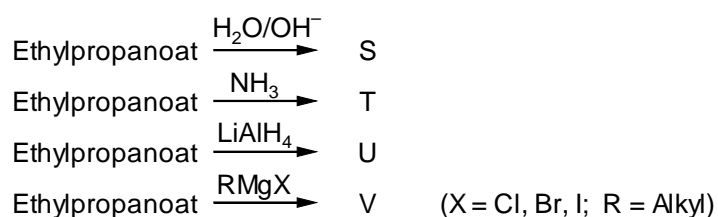
Seifen gehören zu den Tensiden.

g) Was kennzeichnet ein Tensid? Erklären Sie die (reinigende) Wirkung von Tensiden!

h) Zu welcher Art von Tensiden gehören Seifen? Welche anderen Arten von Tensiden gibt es noch? Nennen Sie jeweils ein Beispiel und zeichnen Sie die Strukturformel.

### Beispiel 3 Reaktionen von Estern

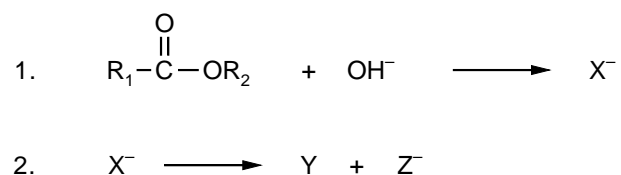
Ethylpropanoat ( $C_5H_{10}O_2$ ) lässt sich vielfach umsetzen:



S, T, U und V repräsentieren die aus der Propaneinheit entstehenden Produkte.

- a) *Geben Sie die Formeln der Verbindungen S bis V an. Nennen Sie für jede der angegebenen Verbindungen die entsprechende Stoffklasse.*

Die Hydrolyse von Estern verläuft über eine nucleophile Substitution. Nachfolgend sind zwei typische Zwischenschritte dieser Hydrolyse formuliert.



- b) *Geben Sie die Strukturen der Verbindungen  $X^-$ ,  $Y$  und  $Z^-$  an!*

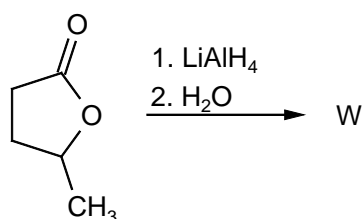
Der Reaktionsmechanismus der Esterhydrolyse wurde durch eine Isotopenmarkierung des Sauerstoffs ( $^{18}O$ ) in der Estergruppe ( $R_1CO^{18}OR_2$ ) untersucht.

- c) *Welches Untersuchungsergebnis würde für Ihre in b) formulierten Zwischenverbindungen sprechen?*

Der Ester Ethyl-2-pentenoat ( $C_7H_{12}O_2$ ) wird mit Lithiumaluminiumhydrid in Diethylether (Lösungsmittel) und danach mit Wasser umgesetzt. Es entstehen zwei Verbindungen Q und R. Verbindung Q entfärbt eine Bromlösung.

- d) *Formulieren Sie die Reaktionsgleichung der Hydrierung von Ethyl-2-pentenoat! Wie heißen die Verbindung Q und R?*

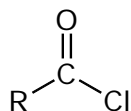
Das untenstehende Lacton wird ebenfalls mit Lithiumaluminiumhydrid umgesetzt:



- e) *Geben Sie die Strukturformel und den Namen von W an.*

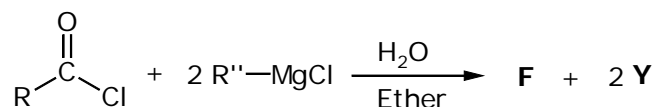
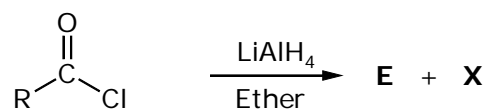
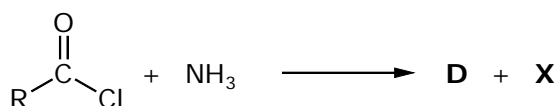
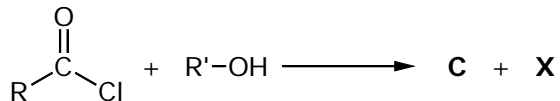
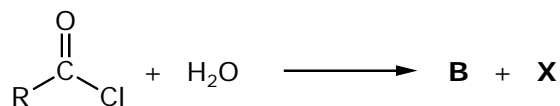
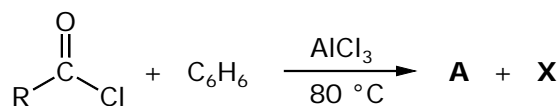
## Beispiel 4 Reaktionen von Säurechloriden

Säurechloride sind sehr reaktiv und bilden eine große Anzahl unterschiedlicher Verbindungen.

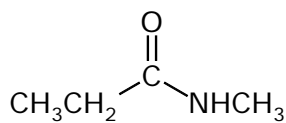


Säurechlorid (allg. Formel)

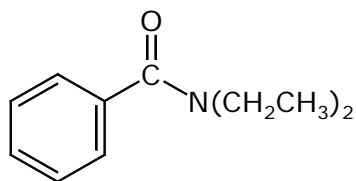
- a) Wie lassen sich Säurechloride aus der Säure herstellen? Bitte geben Sie an Hand von Propansäure auch den Mechanismus an.
- b) Nachfolgend sollen verschiedene Reaktionsprodukte **A** bis **F** sowie **X** und **Y** ausgehend von einem Säurechlorid bestimmt werden ( $R, R', R'' = \text{Reste}$ ).



Folgende zwei Amide sollen jeweils aus einem Säurechlorid und einem Amin synthetisiert werden:



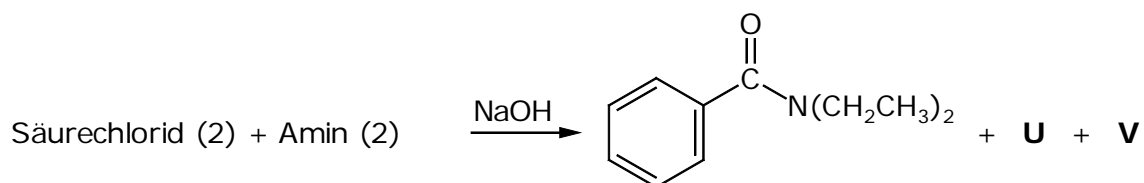
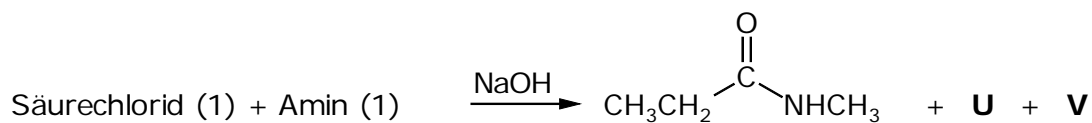
Amid 1



Amid 2

Beispielaufgaben IChO 2. Runde 2019 – Säurederivate

- c) Ergänzen Sie in den unten stehenden Gleichungen die Säurechloride 1 und 2, die Amine 1 und 2 sowie **U** und **V**.



- d) Benennen Sie die beiden Amide.

### Beispiel 5 Elektrophile aromatische Substitution

Benzol ist der Prototyp eines Aromaten und kann daher mit einer Vielzahl an Elektrophilen reagieren.

- a) Vervollständigen Sie die nachfolgende Tabelle, geben Sie jeweils das Hauptprodukt an.

Reaktion	Reagenz	Formales Elektrophil	Katalysator	Produkt
i)	Br <sub>2</sub>			
ii)		NO <sub>2</sub> <sup>+</sup>		
iii)			AlCl <sub>3</sub>	<chem>CCc1ccccc1</chem>
iv)	<chem>CC(=O)Cl</chem>			

- b) Als welche Namensreaktionen sind die Reaktionen iii) und iv) bekannt?

Name iii):

Name iv):

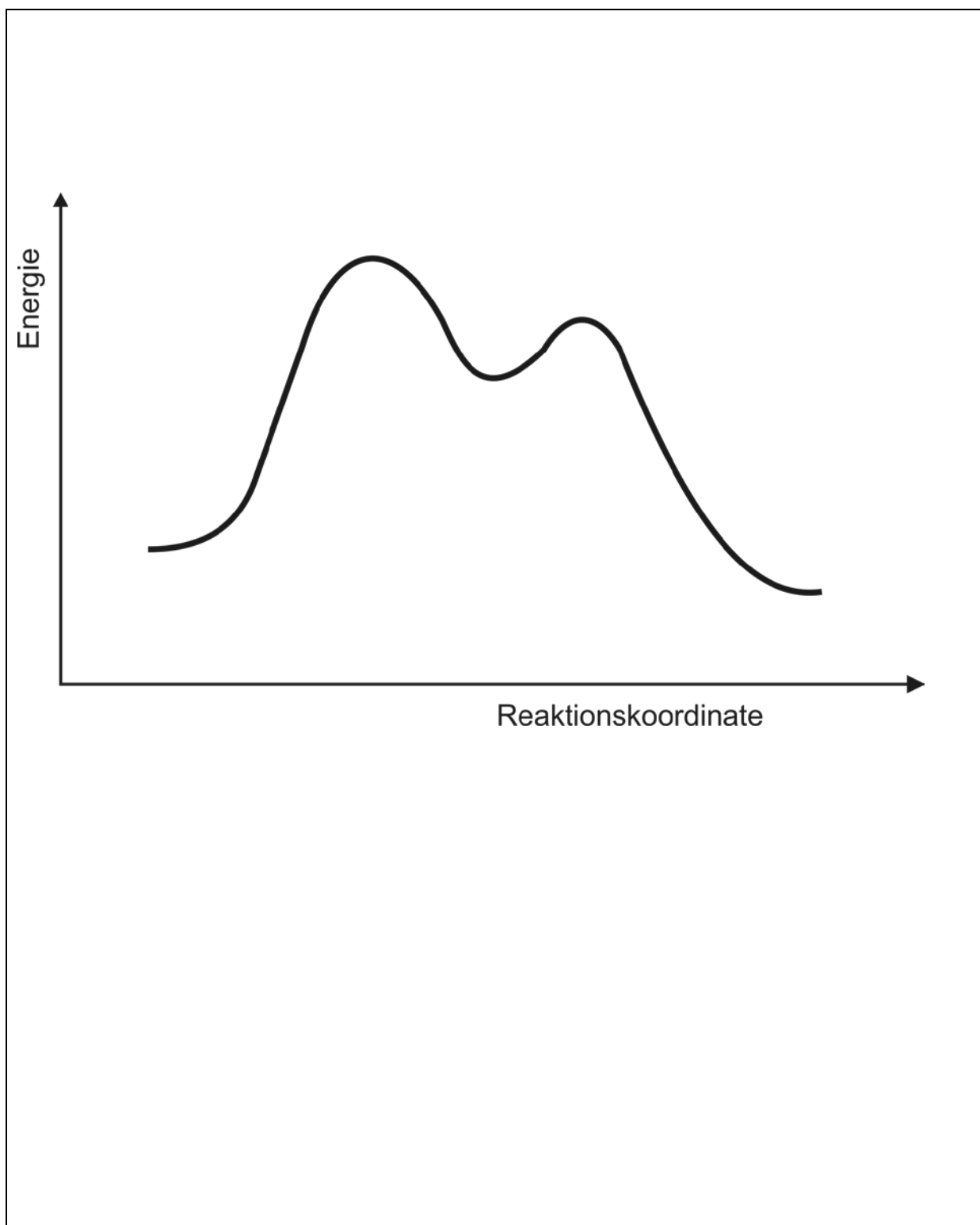
*Beispielaufgaben IChO 2. Runde 2019 – Säurederivate*

- c) *Formulieren Sie für Reaktion ii) die Reaktionsgleichung für die Bildung des Elektrophils aus dem Reagenz und dem Katalysator. Unter welchem Namen ist das Gemisch aus Reagenz und Katalysator bekannt?*

Beispielaufgaben IChO 2. Runde 2019 – Säurederivate

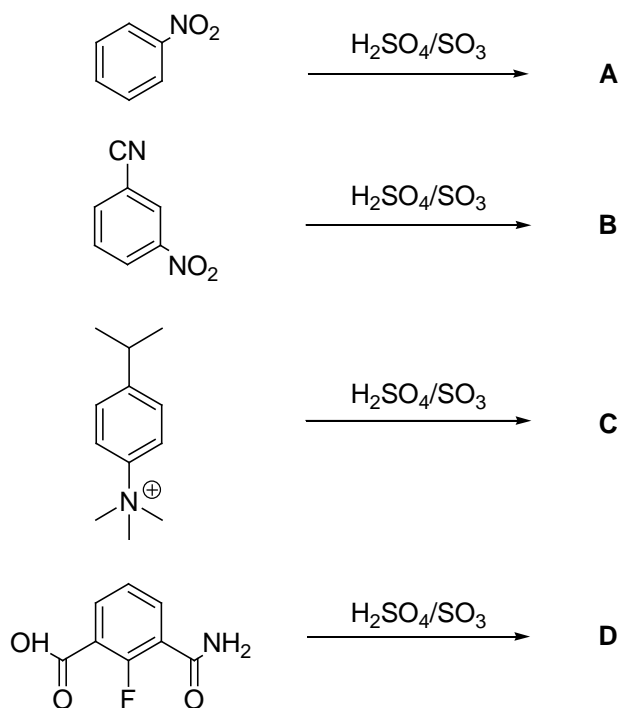
Dargestellt ist das Energiediagramm einer elektrophilen aromatischen Substitution von Benzol mit Brom.

- d) Zeichnen Sie in das Energiediagramm die Ausgangsverbindungen, das instabile Intermediat sowie das Endprodukt einer Monobromierung ein. Verwenden Sie jeweils, wenn möglich, Strukturformeln. Beschreiben Sie die Bindungssituation an den beiden Energiemaxima.



Beispielaufgaben IChO 2. Runde 2019 – Säurederivate

Befinden sich an dem zu substituierenden Aromaten bereits eine oder mehrere funktionelle Gruppen, haben diese einen dirigierenden Einfluss auf die weitere Substitution. In der folgenden Abbildung ist das Schema der Sulfonierung vier verschiedener Aromaten dargestellt:



e) Zeichnen Sie die Strukturformeln der Verbindungen **A** bis **D**. Falls Produktgemische zu erwarten sind, geben Sie das Hauptprodukt an.

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>