

Praktikum zur Organischen Chemie für Studierende des Lehramts

WS 2010/11

Praktikumsleitung: Dr. Reiß

Assistent(in): Katrin Hohmann

Name: Johannes Hergt

Datum: 8.11.2010

Gruppe 7: Aldehyde und Carbonsäuren

Versuch (Veresterung): Herstellung diverser Ester

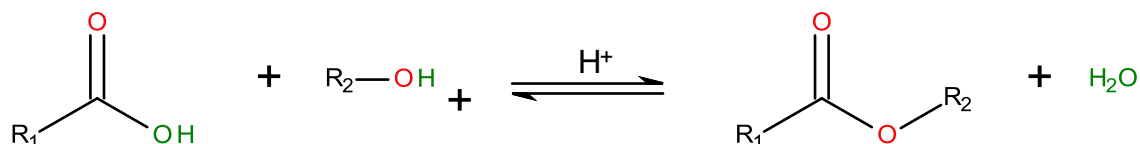
Zeitbedarf

Vorbereitung: 10 Minuten

Durchführung: 30 Minuten

Nachbereitung: 10 Minuten

Reaktionsgleichung



Chemikalien ^[1,2]

Tab.1: Verwendete Chemikalien.

Eingesetzte Stoffe	Summenformel	Menge	R-Sätze	S-Sätze	Gefahrensymbole	Schuleinsatz
Schwefelsäure (konz.)	H ₂ SO _{4(l)}	je 1 mL	35	26-30-45	C	S1
Ameisensäure	CH ₂ O _{2(l)}	je 2 Pipetten	35	(1/2)-23-26-45	C	S1
Essigsäure (Eisessig)	C ₂ H ₄ O _{2(l)}	je 2 Pipetten	10-35	(1/2)-23-26-45	C	S1
Benzoessäure	C ₇ H ₆ O _{2(s)}	1 Spatelspitze	22-36	24	Xn	S1
Salicylsäure	C ₇ H ₆ O _{3(s)}	1 Spatelspitze	22-41	22-24-26-39	Xn	S1
Methanol	CH ₃ OH _(l)	2 Pipetten	11-23/24/25-39/23/24/25	(1/2)-7-16-36/37-45	T, F	LV
Ethanol	C ₂ H ₅ OH _(l)	je 2 Pipetten	11	(2)-7-16	F	S1
1-Pentanol	C ₅ H ₁₁ OH _(l)	je 2 Pipetten	10-20-37-66	(2)-46	Xn	S1
Entstehende Stoffe	Summenformel	Menge	R-Sätze	S-Sätze	Gefahrensymbole	Schuleinsatz
Essigsäureethylester	C ₄ H ₈ O _{2(l)}		11-36-66-67	(2)-16-26-33	F; Xi	S1
Essigsäureamylester	C ₇ H ₁₄ O _{2(l)}		10-66	(2)-23-25		S1
Benzoessäureethyl-ester	C ₈ H ₈ O ₂			(2)-25		S1
Salicylsäuremethyl-ester	C ₈ H ₈ O _{3(l)}		22-36/37/38	26-36	Xn	S1

Geräte

- Reagenzgläser
- Bunsenbrenner
- Stopfen mit Loch
- Rechtwinkliges Glasrohr
- Eisbad
- Hebebühne
- Stativmaterial

Aufbau

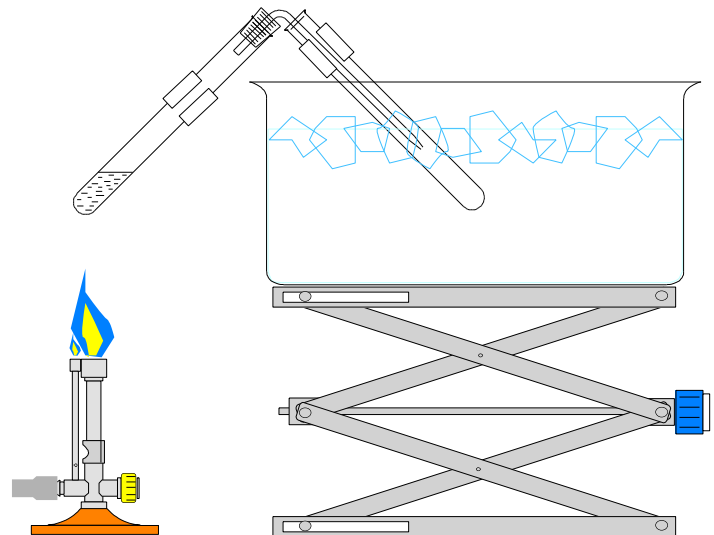


Abb. 1: Versuchsaufbau

Durchführung

Da mit Methanol gearbeitet wird, sollte im Abzug gearbeitet werden!

In ein Reagenzglas werden je zwei Pipetten bzw. eine Spatelspitze einer Carbonsäure gegeben und zwei Pipetten eines Alkohols zugeführt. Zum Gemisch wird ein wenig Schwefelsäure gegeben und anschließend über der Bunsenbrennerflamme bis zum Sieden erhitzt. Das entstehende Gas wird über ein gewinkelttes Rohr in ein zweites Reagenzglas geleitet, welches im Eisbad steht. Es wird eine Geruchsprobe der kondensierten Flüssigkeit durchgeführt.

Beobachtung

Die Dämpfe des siedenden Alkohol-Carbonsäure-Gemischs kondensieren im Reagenzglas, das sich im Eisbad befindet.

Bei den Flüssigkeiten der Carbonsäure-Alkohol-Kombinationen wurden dabei folgende Gerüche wahrgenommen:

- Essigsäure und Ethanol: Klebstoff
- Essigsäure und Pentanol: Birne
- Salizylsäure und Methanol: Kaugummi
- Benzoesäure und Ethanol: Apfel, fruchtig

Alle Gerüche waren zudem leicht stechend.

Entsorgung

Die neutralisierten Substrate werden im Sammelbehälter für organische Lösungsmittelabfälle entsorgt.

Fachliche Auswertung der Versuchsergebnisse ^[4-6]

1 **Der Ester als Carbonsäurederivat**

Wird die Hydroxygruppe einer Carbonsäure durch einen anderen Substituenten ersetzt, so gehört diese neue Verbindung zu den sog. Carbonsäurederivaten.

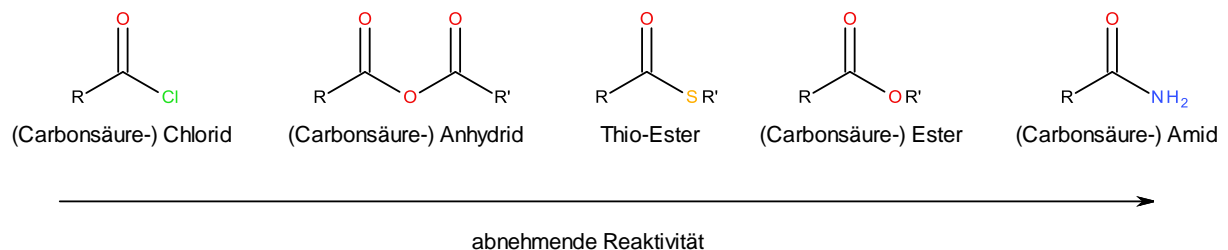


Abb. 2: Carbonsäurederivate.

Unter den Carbonsäurederivaten kommt insbesondere den Estern eine besondere Bedeutung zu. So wird z.B. Polyester, ein Kunststoff, der aus verknüpften „Estereinheiten“ besteht, in Textilien verarbeitet. Auch als Weichmacher (Phthalsäureester) in PVC-Kunststoffen finden sie Verwendung. Im Versuch wurde zudem deutlich, dass Ester auch für Parfüme als Duftstoffe bzw. Aromastoffe verwendet werden können. Weinlacton (ein Ester) ist dabei „Weltrekordhalter“ in der niedrigsten Geruchsschwelle. Bereits 10^{-14} g/L(Luft) reichen für die menschliche Nase aus, um wahrgenommen zu werden.

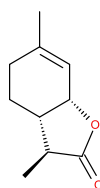


Abb. 3: Weinlacton

2 Veresterung

Wenn Alkohole mit Carbonsäuren zu Estern reagieren, wird dabei von Veresterung gesprochen. Es handelt sich dabei um eine nucleophile Substitution. Zwar liegt bei Carbonsäuren wie bei Alkoholen eine Hydroxygruppe am zentralen Kohlenstoffatom vor, der nucleophile Angriff verläuft allerdings anders als der am Kohlenstoffatom in Alkoholen oder Aldehyden. Bei der Reaktion einer Carbonsäure mit einem Alkohol handelt es sich um den sog. Additions-Eliminierungs-Mechanismus, bei dem ein tetraedrisches Zwischenprodukt entsteht. Hier liegt der Unterschied zur S_N1 -Reaktion, bei der ein Carbokation als Zwischenstufe gebildet wird. Die S_N2 -Reaktion verläuft wiederum über einen Angriff des Nucleophils und der gleichzeitigen (konzertierten) Abspaltung der Abgangsgruppe.

Bei Betrachtung der Versuchsdurchführung wird deutlich, dass für die Esterbildung katalytische Mengen einer Brönstedt-Säure (als Protonendonator) notwendig sind, um die Ketogruppe der Carboxyfunktion zum Dihydroxonium-Ion zu protonieren bzw. zu aktivieren.

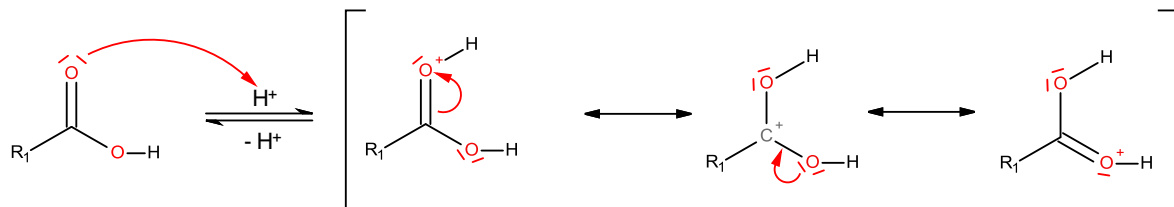


Abb. 4: Bildung des mesomeriestabilisierten Dihydroxycarbenium-Ions.

Nun ist ein nucleophiler Angriff des Alkohols am zentralen Kohlenstoff möglich. Nach der Bindung des Alkohols an die Carbonsäure entsteht unter Abspaltung eines Protons das tetraedrische Zwischenprodukt (siehe Abb. 5). Dabei ist das zentrale Kohlenstoffatom nicht mehr sp^2 - sondern sp^3 -hybridisiert.

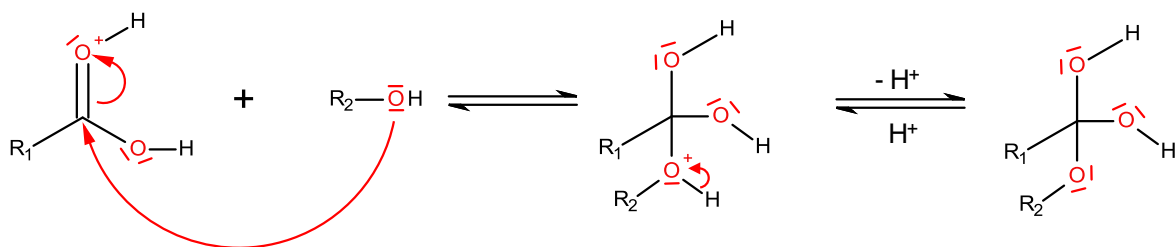


Abb. 5: Bildung des tetraedrischen Zwischenprodukts.

Bei der Veresterung handelt es sich um reversible Prozesse, d.h. auch das tetraedrische Zwischenprodukt wird nicht in allen Fällen nach dem Reaktionsmechanismus in Abb. 6 weiterreagieren, sondern kann auch durch Reprotonierung des ursprünglichen Alkoholsauerstoffs zurück zur Carbonsäure und zum Alkohol reagieren.

Wird nun aber eines der Sauerstoffatome der ursprünglichen Carbonsäure protoniert, kommt es unter Wasserabspaltung und Deprotonierung der letzten Hydroxylgruppe zur Bildung eines Esters.

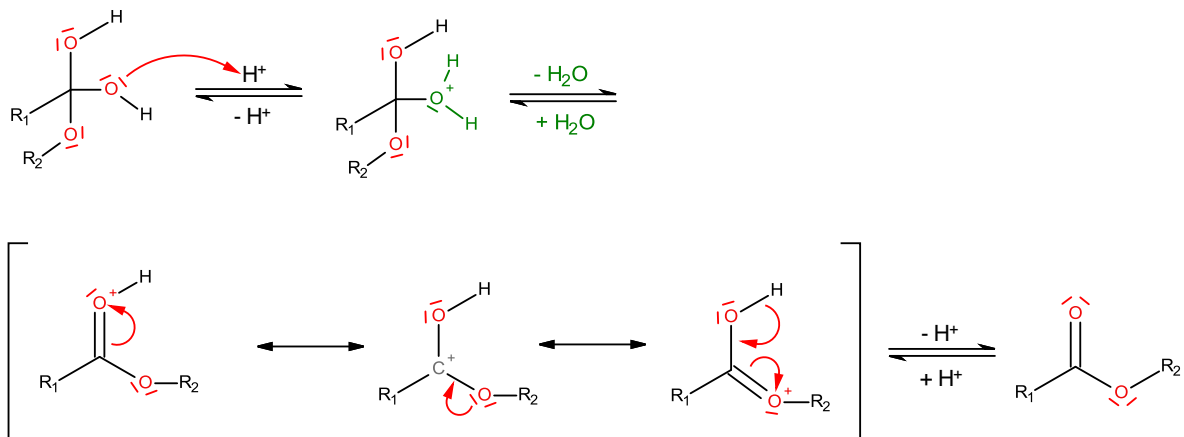


Abb. 6: Unter Wasserabspaltung und Deprotonierung wird ein Ester gebildet.

Zwei Moleküle haben sich so unter Abspaltung von Wasser miteinander verbunden. Man spricht bei der säurekatalysierten Veresterung deshalb auch von einer Kondensationsreaktion.

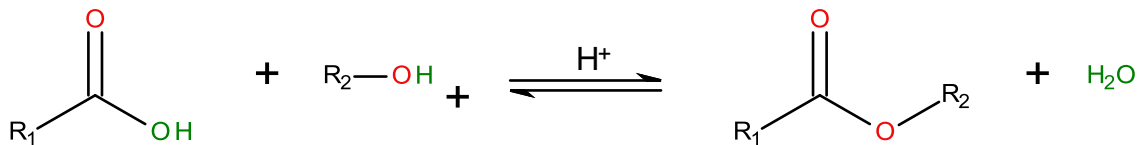


Abb. 7: Die Veresterung als Kondensationsreaktion.

Da es sich bei der Reaktion um reversible Prozesse handelt, stellt sich relativ rasch ein Gleichgewicht ein. Aus diesem Grund ist bei einer Geruchprobe im Versuch immer noch ein Teil der Carbonsäure (stechender Geruch) wahrzunehmen. Nach dem Prinzip von Le Chatelier kann nun durch Zugabe von wasserentziehenden Mitteln das Gleichgewicht weiter auf die Seite der Produkte verschoben werden. Auch durch den Einsatz von Alkohol im Überschuss wird mehr Produkt erhalten (→ Alkohol als Lösungsmittel).

Die Umkehrung der Veresterung als Kondensation ist die Hydrolyse des Esters, die auch Verseifung genannt wird.

Methodisch-Didaktische Analyse

1 Einordnung^[7]

Laut Lehrplan wird die Esterbildung unter dem Gesamtthema „Carbonsäuren und ihre Derivate“ im ersten Halbjahr der 11. Klasse behandelt. Im Leistungskurs sollte auf die Bedeutung der Ester als Fruchtesenzen und Lösungsmittel eingegangen werden.

Somit kann der Reaktionstyp sowie der Reaktionsmechanismus als gute Vertiefung des Gesamtthemas betrachtet werden. Dazu sollten bei den Schülern gute Vorkenntnisse zum Thema Alkohole und deren Reaktionsverhalten vorhanden sein. Es ist zudem von Vorteil, wenn die Schüler bereits die funktionellen Eigenschaften der Carboxylgruppe kennen, d.h. dass sie ein Proton abspalten kann und die konjugierte Base mesomeriestabilisiert ist.

Die Einführung des Additions-Eliminierungs-Mechanismus kann auch als Erweiterung/Vertiefung der bereits bekannten nucleophilen Substitutionsreaktionen gesehen werden. Um auf Vorwissen aufzubauen, sind hier Vorkenntnisse zur S_N1 und zur S_N2 Reaktion von Vorteil.

2 Aufwand

Zur Vorbereitung des Versuchs müssen lediglich die Chemikalien bereit gestellt werden und eine Apparatur aufgebaut werden, für die zwar ein wenig Geschick notwendig ist, die aber nicht übermäßig aufwendig ist.

Die verwendeten Chemikalien sind nicht teuer und eignen sich deshalb auch zur Verwendung im größeren Maß als Schülerversuch. Lediglich auf die Verwendung von Methanol muss aufgrund seiner Giftigkeit verzichtet werden.

Die Herstellung der Ester nimmt nicht übermäßig viel Zeit in Anspruch und ist gut in einer Schulstunde zu schaffen.

Auf die Verwendung von Buttersäure sollte aufgrund des üblen Geruchs verzichtet werden. (Aus diesem Grund wurde im durchgeführten Versuch ebenfalls auf Buttersäure verzichtet.)

3 Durchführung

Bei diesem Versuch bietet es sich an, den Schülern keine strikte Versuchsvorschrift oder Arbeitsanweisung zu geben, sondern sie einfach in Gruppen experimentieren zu lassen und sie so Alkohole und Carbonsäuren beliebig mischen können. Die Entstehung verschiedener Geruchsstoffe wird die Schüler dazu motivieren, viele Kombinationen auszuprobieren.

Der Lehrer sollte sich während der Versuchsdurchführung weitestgehend zurücknehmen und die Schüler selbstständig experimentieren lassen. Er sollte die Schüler auffordern, eine Tabelle anzulegen, in der die verschiedenen Alkohol-Carbonsäure-Kombinationen und die entsprechenden Gerüche festgehalten werden können. Zum Ende des Versuchs bzw. der Unterrichtsstunde könnte der Lehrer die Schüler dann dazu auffordern, darüber

nachzudenken, was passiert sein könnte. Im Plenum sollten zunächst die Beobachtungen besprochen werden und anschließend das Beobachtete gedeutet werden. Dazu sollte der Reaktionsmechanismus vom Lehrer gemeinsam mit den Schülern an der Tafel erarbeitet werden. Da der Alkohol in der Reaktion seine hydrophile Hydroxylgruppe verliert (und das Reaktionsprodukt somit unpolar ist), könnten die Schüler dann bereits die Löslichkeitseigenschaften (schlecht in Wasser) des Esters „postulieren“.

Des Weiteren sollte besprochen werden, wozu Ester in der Industrie verwendet werden und wo man sie im Alltag findet.

4 Fazit

Der Versuch ist aufgrund der verwendeten billigen und ungiftigen Chemikalien (ohne Methanol) und der eindrucksvollen Geruchseffekte hervorragend als Schülerversuch geeignet.

Quellenverzeichnis

- [1] Versuchsquelle: http://www2.conatex.com/mediapool/versuchsanleitungen/VAD_Chemie_Ester.pdf
Titel: *Organische Chemie: Ester*
Urheber: CONATEX-DIDACTIC Lehrmittel GmbH
Zugriff am: 11. Dezember 2010
- [2] GESTIS - Stoffdatenbank:
<http://biade.itrust.de/biade/lpext.dll?f=templates&fn=main-hit-h.htm&2.0>
(Zugriff am 11. Dezember 2010)
- [3] HessGISS - GUV-Regel Umgang mit Gefahrenstoffen im Unterricht
Ausgabe Januar 1998 (Aktualisierte Fassung Juni 2004)
- [4] http://www2.chemie.uni-erlangen.de/projects/vsc/chemie-mediziner-neu/carbonyl/carbonsaeure_derivate.html
Titel: Carbonsäurederivate
Urheber: J. Gasteiger, S. Spycher
(Zugriff am: 11. Dezember 2010)
- [5] <http://www2.altenforst.de/faecher/chemie/aromen/ester.htm>
Titel: Ester
Urheber: Gymnasium zum Altenforst Troisdorf
(Zugriff am: 11. Dezember 2010)
- [6] Vollhardt, K. Peter C. und Neil E. Schore: *Organische Chemie*. Vierte Auflage. Wiley-VCH Verlag, Weinheim **2005**. S. 983 ff., 990 ff.
- [7] Hessischer Lehrplan: *Chemie*. **2010**
http://www.hessen.de/irj/HKM_Internet?uid=3b43019a-8cc6-1811-f3ef-ef91921321b2
(Zugriff am 11. Dezember 2010)