

Organisch-chemisches Praktikum für das Lehramt (LA)

Torsten Lasse

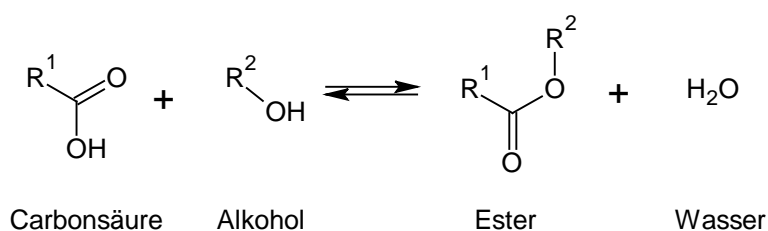
Leitung: Dr. P. Reiß

WS 2008/09

Assistent: Tobias Gerhardt

**Schulversuch (Gruppe 8/Selbst):
7 Fruchttester**

Es werden verschiedene aromatisch duftende Ester, so genannte Fruchttester, hergestellt.

Zeitbedarf*Vorbereitung: 10 Minuten**Durchführung: etwa 15 Minuten**Nachbereitung: etwa 10 Minuten***Reaktionsgleichung****Chemikalien und eingesetzte Substanzen**

Eingesetzte Stoffe	Summenformel	Menge	R-Sätze	S-Sätze	Gefahrenkennzeichnung / Bemerkung	Schuleinsatz (Soester Liste u. HessGiss 2006)
Natriumhydrogensulfat	NaHSO ₄	nach Bedarf	41	24-26	Xi	SI
Essigsäure	CH ₃ COOH	1,5 mL	34	23.2-26-45	C	SI
Ameisensäure	HCOOH	1,5 mL	35	23.2-26-45	C	SI
Buttersäure	C ₃ H ₇ COOH	1,5 mL	34	26-36-45	C	SI
Benzoessäure	C ₆ H ₅ COOH	1,5 mL	22-36	24	Xn	SI
Salicylsäure	OHC ₆ H ₄ COOH	1,5 mL	22-37/38-41	26-39	Xn	SI
Propionsäure	C ₂ H ₅ COOH	1,5 mL	34	23.2-36-45	C	SI
Methanol	CH ₃ OH	1,5 mL	11-23/24/25-39/23/24/25	7-16-36/37-45	F, T	SI, besondere Hinweise beachten
Ethanol	C ₂ H ₅ OH	1,5 mL	11	7-16	F	SI
1-Butanol	C ₄ H ₉ OH	1,5 mL	10-22-37/38-41-67	7/9-13-26-37/39-46	Xn	SI

1-Pentanol	$C_5H_{11}OH$	1,5 mL	10-20	24/25	Xn	SI
1-Octanol	$C_8H_{17}OH$	1,5 mL	36/38	23.2	Xi	SI

Geräte und Materialien

Reagenzgläser 7x
 Reagenzglashalter
 Magnetrührer mit Heizplatte
 Bunsenbrenner
 Bechergläser 200 mL 2x

Versuchsaufbau

–

Durchführung

In die 7 Reagenzgläser wurden jeweils 1,5 mL eines Alkohols sowie einer Carbonsäure in folgenden Kombinationen gegeben:

- (1) Octanol und Essigsäure
- (2) Ethanol und Ameisensäure
- (3) Butanol und Essigsäure
- (4) Pentanol und Essigsäure
- (5) Methanol und Salicylsäure
- (6) Ethanol und Benzoesäure
- (7) Butanol und Propionsäure

Nach Zugabe einer Spatelspitze Natriumhydrogensulfat wurden die Reagenzgläser für etwa 5 Minuten in ein siedendes Wasserbad gestellt. Im Anschluss wurde der Geruch der Ansätze überprüft, ggf. wurden geringe Mengen der Ansätze auf ein Filterpapier aufgetragen, um den Geruch besser wahrnehmen zu können.



Abb. 1: Zur besseren Geruchswahrnehmung

Beobachtung

Die zum Teil farblich veränderten Ansätze (s. Abb. 2) wiesen charakteristische Düfte auf:

- (1) Octanol und Essigsäure → nach Reinigungs- oder Spülmittel
- (2) Ethanol und Ameisensäure → nach Rum
- (3) Butanol und Essigsäure → nach Apfel
- (4) Pentanol und Essigsäure → nach Birne
- (5) Methanol und Salicylsäure → nach Mundspülung, Kaugummi (bzw. Krause Minze „Spearmint“; *Mentha spicata*)
- (6) Ethanol und Benzoesäure → nach Obst
- (7) Butanol und Propionsäure → nicht wahrnehmbar

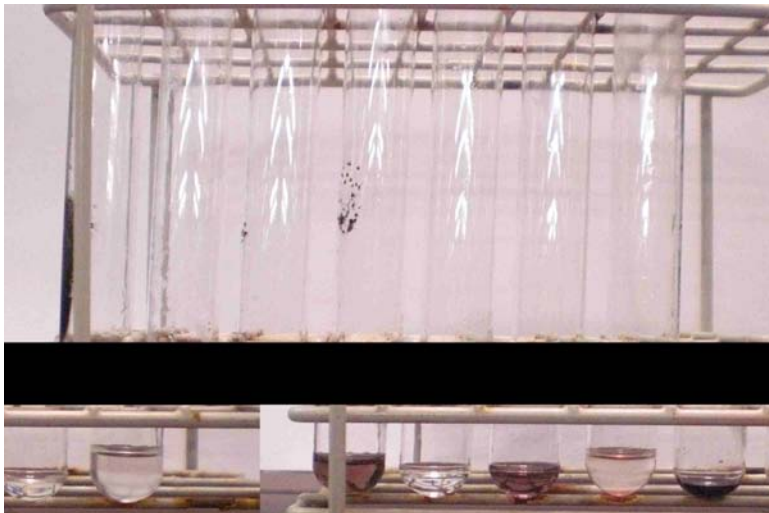


Abb. 2: Die 7 Ansätze nach dem Wärmebad; v.l.n.r.: entsprechend der o.g. Nummerierung (aufgrund der erfolgten Geruchsprüfung sind unterschiedliche Mengen übrig geblieben)

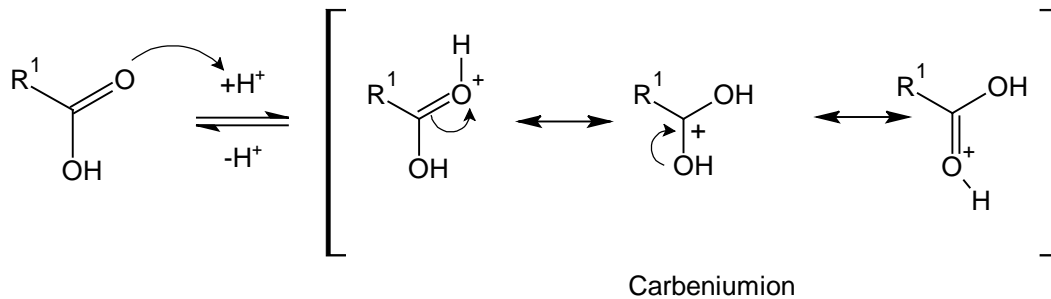
Entsorgung

Die Ansätze können nach vorhergehender Neutralisation im organischen Lösungsmittelabfall entsorgt werden.

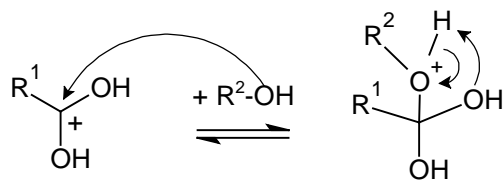
Fachliche Analyse

Die nach Emil Fischer benannte säurekatalysierte (Carbonsäure-)Veresterung (Fischer-Veresterung) wird unter sauren Bedingungen meist mit einem Überschuss an zugeführtem Alkohol durchgeführt. Als Katalysator bietet sich neben konzentrierter Schwefelsäure die Verwendung des weitaus ungefährlicheren Natriumhydrogensulfates an.

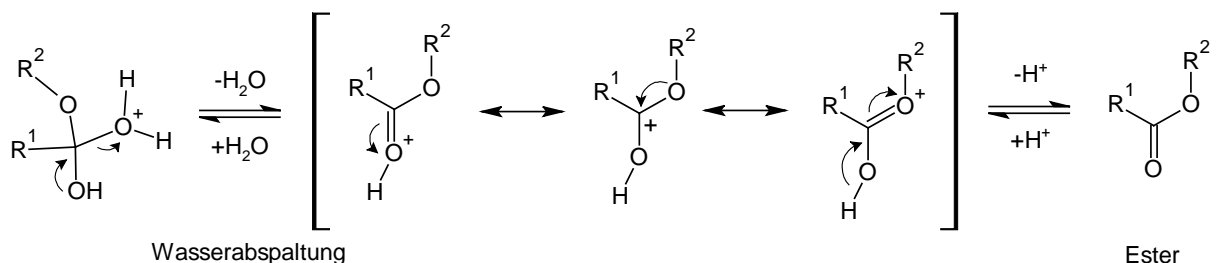
Im ersten Schritt erfolgt die Protonierung der verwendeten Carbonsäure durch das zugeführte Natriumhydrogensulfat. Das daraus gebildete Carbeniumion erlangt eine Stabilisierung durch Mesomerie.



Im zweiten Reaktionsschritt wird das Carbeniumion am Carbonyl-C-Atom nukleophil vom Hydroxid-Ion des zugeführten Alkohols angegriffen. Daraufhin bildet das zugeführte Wasserstoffatom mit einem benachbarten Sauerstoff der (ehemaligen) Carboxylgruppe eine intramolekulare Wasserstoffbrückenbindung.



Im weiteren Verlauf dissoziiert als Fluchtgruppe Wasser ab und das sich bildende Carbeniumion erzeugt aufgrund seiner Instabilität durch Abspaltung eines Protons den Ester. Die gesamte Reaktion ist reversibel.



Durch Experimente mit Isotopenmarkierung vom Sauerstoff des Alkohols konnte nachgewiesen werden, dass tatsächlich kein Sauerstoff des sich bildenden Esters aus der Hydroxylgruppe der beteiligten Carbonsäure stammt. Dies lässt sich damit erklären, dass dieser Sauerstoff durch die

Abdissoziation des Wassers entfernt wird. Obwohl dieses Phänomen zunächst untypisch erscheint – da zu erwarten wäre, dass die Carbonsäuren in diesem Zusammenhang das Proton ihrer Carboxylgruppe abspalten würden –, lässt es sich dadurch erklären, dass der beteiligte Alkohol einen ausgeprägten Säurecharakter aufweist und daher selbst ein Proton abspalten kann (siehe obigen Reaktionsmechanismus). Eine Estersynthese unter basischen Bedingungen ist nicht durchführbar, da für den nukleophilen Angriff des Alkohols die notwendige Protonierung ausbleiben würde. Die Rückreaktion, die so genannte Esterhydrolyse, kann sowohl säure- als auch basenvermittelt durchgeführt werden. Im zweiten Fall bezeichnet man den Vorgang als Verseifung.

Dem obigen, zugrunde liegenden Reaktionsmechanismus folgend, wurden in diesem Versuch 7 verschiedene Ester in den verschiedenen Kombinationen von Alkoholen und Carbonsäuren hergestellt. In der folgenden Auflistung finden sich neben dem Namen der gebildeten Ester (kursiv hervorgehoben) deren typische, zugegeben nur subjektiv wahrnehmbare, Gerüche:

- (1) Octanol und Essigsäure (Ethansäure) → *Ethansäureoctylester* → nach Reinigungs- oder Spülmittel
- (2) Ethanol und Ameisensäure (Methansäure) → *Methansäureethylester* → nach Rum
- (3) Butanol und Essigsäure (Ethansäure) → *Ethansäurebutylester* → nach Apfel
- (4) Pentanol und Essigsäure (Ethansäure) → *Ethansäurepentylester* → nach Birne
- (5) Methanol und Salicylsäure → *Salicylsäuremethylester* → nach Mundspülung (Speerminze)
- (6) Ethanol und Benzoesäure → *Benzoesäureethylester* → nach Obst
- (7) Butanol und Propionsäure (Propansäure) → *Propansäurebutylester* → nicht wahrnehmbar, ggf. nach Rum.

Derartige Fruchttester werden aus nachvollziehbaren Gründen vielfach als Aromastoffe in der Lebensmittel- und Kosmetikindustrie verwendet.

Methodisch-didaktische Analyse

In der 11. Jahrgangsstufe wird das Thema der Ester im Rahmen der Behandlung der Carbonsäuren (Alkansäuren und Derivate) durchgenommen. Voraussetzung zum Verständnis sind aus nachvollziehbaren Gründen die vorherige Thematisierung der Alkohole (im Lehrplan zuvor angesetzt) sowie der Carbonsäuren. In Zusammenhang mit der Esterbildung kann als Ergänzung die Verseifung besprochen werden. Die Bedeutung der Ester in der Kosmetik- und Parfüm- sowie der Lebensmittelindustrie kann gerade anhand der aromatisch duftenden Ester

(Fruchtester) gut erläutert werden. Der Versuch sollte aufgrund seiner Einfachheit, seines Bezuges zu vielen Themen der organischen Chemie (z.B. Reaktionsmechanismen, Alkohole, organische Säuren, Seifen) sowie seines sehr eindrucksvollen Endergebnisses (angenehm duftende Ester) in keinem Chemieunterricht fehlen.

Der zeitliche Aufwand ist sehr gering und wird vermutlich nur durch die Anzahl der hergestellten Ester (und das „Zusammensuchen“ der notwendigen Alkohole und Alkansäuren) maßgeblich bestimmt. Die Vorbereitung dauert etwa 10 Minuten, die Durchführung etwa 15 Minuten und die Nachbereitung etwa 10 Minuten. Die Chemikalien sind uneingeschränkt für die Schule und auch als Schülerversuch zulässig (bei Methanol entsprechende Hinweise beachten) und sollten zudem alle in einem Schullabor vorhanden sein. Der apparative Aufwand ist aufgrund der nahezu ausschließlichen Verwendung von Reagenzgläsern sehr gering und sollte somit auch parallel von mehreren Schülern bzw. Gruppen durchgeführt werden können.

Der Versuch kann in seiner Durchführung vielfältig abgewandelt werden. So könnten bspw. mehrere Schüler oder Gruppen verschiedene Ester gleichzeitig herstellen und im Nachhinein vergleichen. Ebenfalls kann für die Schüler ein Vergleich des eigenen (subjektiven) Geruchseindrucks mit den entsprechenden Literaturangaben erfolgen.

Der Versuch gelingt grundsätzlich immer. Es zeigte sich jedoch, dass eine bessere Geruchswahrnehmung erzeugt werden kann, indem eine geringe Menge des Esters auf ein Filterpapier gegeben wurde (oder ein Teil des Ansatzes in ein mit Wasser gefülltes Becherglas gegeben wurde). Dadurch konnte der z.T. sehr intensive, stechende Geruch etwas abgeschwächt werden. Teilweise wird erst dann der fruchtige Duft des Produktes wahrnehmbar.

Literatur

Peter K , Vollhardt C, Schore NE: Organische Chemie, 4. Auflage, 1. korrigierter Nachdruck 2007, Wiley-VCH, Weinheim

McMurry J: Organic Chemistry, 4. Auflage 1996, Brooks/Cole Publishing Company, Pacific Grove, CA, USA

Idee aus:

Blume et al.: Chemie für Gesamtschulen – Band 2 – NRW, 1. Auflage 2000, Cornelsen Verlag, Berlin, S. 190 ff.

<http://www.chids.de/dachs/praktikumsprotokolle/PP0127Veresterung.pdf>; Zugriff am 4.12.08

Weitere Quellen:

http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/12/oc/vlu_organik/c_acid/carbons_und_derivat_e.vlu/Page/vsc/de/ch/12/oc/c_acid/esterbildung/esterbildung1.vscml.html; Zugriff am 4.1.09

Hessisches Gefahrstoffinformationssystem Schule; <http://www.hessgiss.de/>; Version 2006/07

Soester Liste; <http://h105.ath.cx/fwe.de/gefahrstoffdaten.de/index.html>; Zugriff am 3.1.09

Hessischer Lehrplan Chemie G8; unter <http://www.kultusministerium.hessen.de/>; Zugriff am 3.1.09