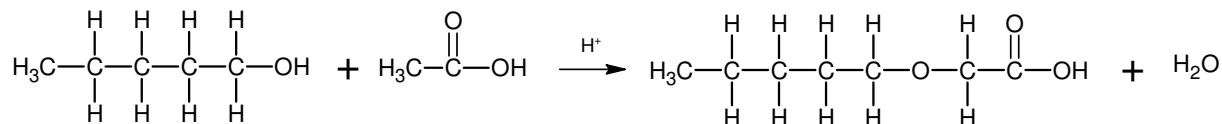
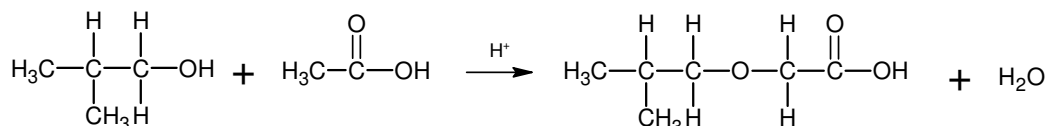
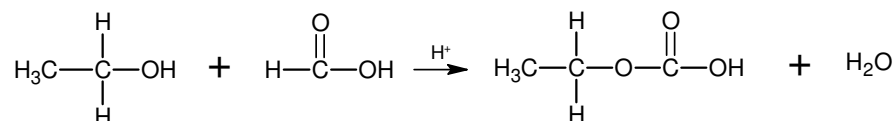


## Versuchsprotokoll

### Synthese von Aromastoffen

Gruppe 7, Typ: Pflichtversuch

#### 1. Reaktionsgleichung



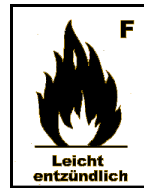
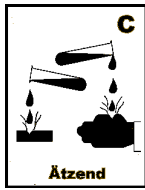
#### 2. Zeitbedarf

	Teil 1
Vorbereitung	10 min
Durchführung	20 min
Nachbearbeitung	10 min

#### 3. Chemikalien

Name	Summenformel	Gefahrensymbol	R-Sätze	S-Sätze	Einsatz in der Schule
Ameisensäure	HCOOH	C	35	23, 26, 45	S I
Ethanol	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	F	11	7,16	S I
Essigsäure	CH <sub>3</sub> COOH	C	10, 35	23, 26, 45	S I
2-Methylpropan-1-ol	C <sub>5</sub> H <sub>9</sub> OH	Xi	10, 37/38, 41, 67	7/9, 13, 26, 37/39, 46	S I
1-Pentanol	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> OH	Xn	10, 20, 37/38	36/37, 45	S I
Schwefelsäure, konz.	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	C	35	26, 30, 45	S II

## Gefahrensymbole



## 4. Materialien/Geräte

4 Reagenzgläser, 5 Pipetten, 4 Stopfen, Reagenzglasständer

## 5. Versuchsaufbau



Abb. 1: links: Ameisensäure und Ethanol  
mitte: Essigsäure und 2-Methylpropanol  
rechts: Essigsäure und Pentanol

## 6. Versuchsdurchführung

Man gibt je 3 mL Alkansäure und 3 mL Alkohol in ein Reagenzglas, fügt 1 mL konzentrierte Schwefelsäure hinzu und verschließt mit einem Stopfen.

- Ameisensäure und Ethanol
- Essigsäure und 2-Methylpropan-1-ol
- Essigsäure und 1-Pentanol

Man wartet ca. eine Stunde und prüft vorsichtig den Geruch.

## 7. Beobachtung

Die Lösungen in den drei Reagenzgläsern vermischen sich gut. Die im zweiten färbt sich leicht braun, die im dritten leicht gelb. Für die erste Lösung ist kein charakteristischer Geruch festzustellen, während die zweite nach Klebstoff und die dritte nach Banane riecht

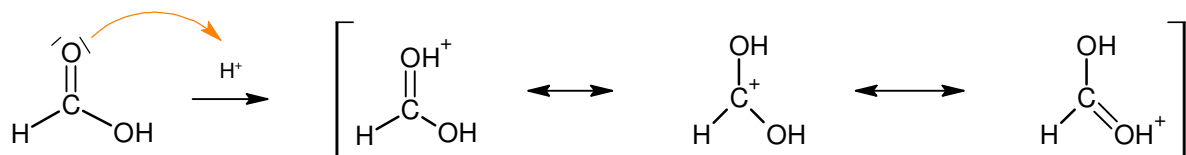
## 8. Entsorgung

Die Lösungen werden neutral in den Behälter für organische Lösungsmittel gegeben.

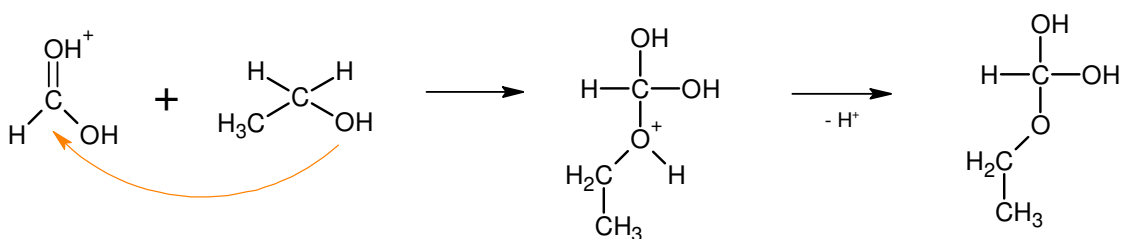
## 9. Fachliche Analyse

Die Veresterung verläuft über einen säurekatalysierten Additions-Eliminierungs-Mechanismus. Die Säure bewirkt, dass die Carbonylgruppe durch den Alkohol nucleophil leichter angegriffen werden kann (Schritt 2) und die Hydroxy-Gruppe sich anschließend als Wasser abspaltet. Der Mechanismus verläuft bei allen drei Veresterungen analog und wird hier am Beispiel des Ameisensäureethylesters vorgestellt.

**Schritt 1:** Der doppeltgebundene Sauerstoff der Ameisensäure greift mit einem der zwei freien Elektronenpaare das  $H^+$  aus der Schwefelsäure und bindet diesen. Es entsteht ein delokalisiertes Dihydroxy-carbeniumion:

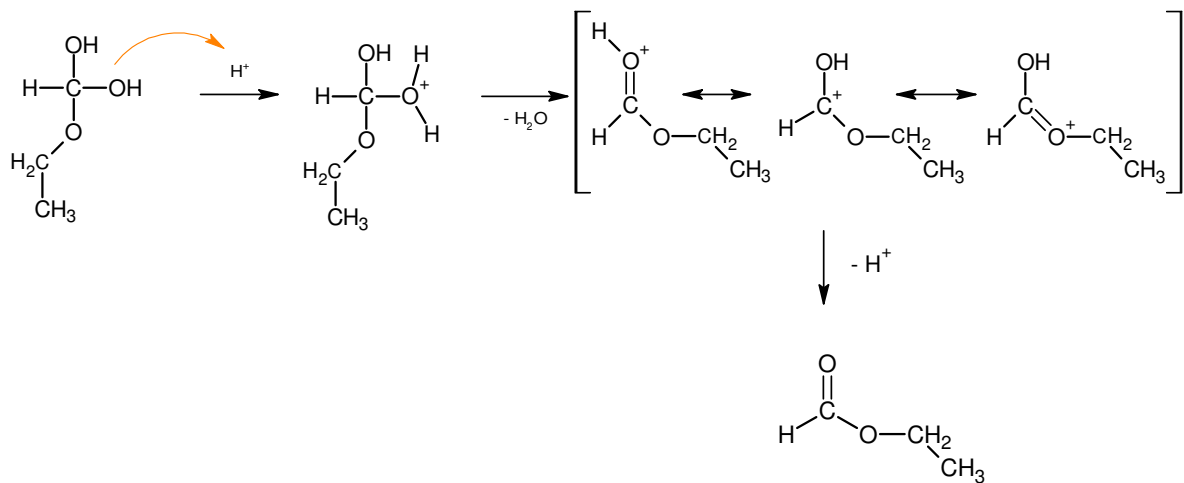


**Schritt 2:** Der Sauerstoff der Hydroxygruppe des Ethanol greift das Kohlenstoffatom des Dihydroxy-carbeniumions an. Nach Abspaltung des Wasserstoffatoms der Hydroxygruppe des Ethanol entsteht ein tetraedrisches Zwischenprodukt. Dieses kann säurekatalysiert entweder weiter- oder aber auch zurück reagieren.



Für die Rückreaktion wird das Methoxy-Sauerstoffatom protoniert und der Ethanol spaltet sich wieder ab.

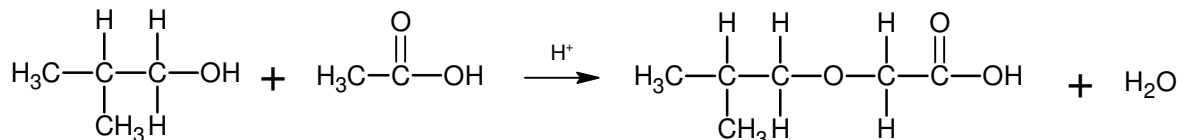
**Schritt 3:** Für den ersten Fall wird jedoch eines der Hydroxy-Sauerstoffatome protoniert, wodurch sich Wasser abspaltet und schließlich der Ameisensäureethylester entsteht, der vom Geruch an Rum erinnern soll. Alle Reaktionsschritte sind reversibel.



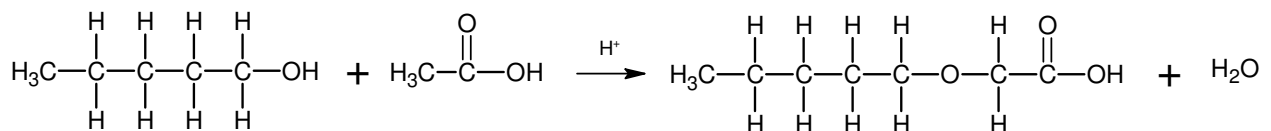
Da es sich um eine Gleichgewichtsreaktion handelt kann das Gleichgewicht durch einen Überschuss Alkohol, oder durch entfernen des entstehenden Wassers auf die Seite der Produkte verschoben werden.

Die zwei anderen Reaktionen verlaufen insgesamt folgendermaßen:

Essigsäure und 2-Methylpropanol reagieren unter Wasserabspaltung zu dem nach Klebstoff riechenden Ethansäure-2-methylpropylester:



Essigsäure und 1-Pentanol reagieren unter Wasserabspaltung zu dem nach Bananen riechenden Ethansäurepentylester:



Bei der Naturstoffklasse der Ester handelt es sich um das Produkt aus der Reaktion von einem Alkohol mit einer (organischen oder anorganischen) Säure unter Wasserabspaltung. Die Reaktion kann z.B. durch Schwefelsäure katalysiert werden. Die Rückreaktion wird als Esterhydrolyse bzw. Verseifung oder Esterspaltung bezeichnet.

Der Name Ester leitet sich von „Essigäther“ ab, dem historischen Namen für Ethylacetat (Abb. 2). Dieses ist nur wenig in Wasser löslich und die Dämpfe wirken betäubend. Diese Eigenschaft ähnelt der von Äther (Diethylether) und soll durch den Namen Essigäther wieder gegeben werden.

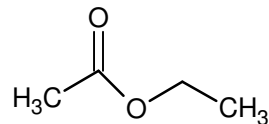


Abb. 2: Ethylacetat

Bei Estern aus kurzen Carbonsäuren und niederen Alkoholen handelt es sich um die so genannten „Fruchtester“. Diese sind sehr flüchtig, zeichnen sich aber durch einen angenehmen Geruch nach Früchten aus, daher auch der Name. Sie werden als Aromastoffe z.B. in Limonaden eingesetzt. Die Ester, die aus langkettigen einwertigen Carbonsäuren und langkettigen primären Alkoholen synthetisiert worden sind, kommen hauptsächlich in Wachsen vor.

Wie der Name schon sagt, werden auch die Polyester aus Estern synthetisiert. Sie kommen zwar auch natürlich vor, werden jedoch heute hauptsächlich künstlich hergestellt. Somit handelt es sich bei ihnen um Kunststoffe. Der bekannteste Polyester ist wahrscheinlich das Polyethylenterephthalat, besser bekannt als PET. Der erste synthetische Polyester Glycerinphthalat wurde im ersten Weltkrieg als Imprägnierungsmittel eingesetzt. Heute wird Polyester vor allem für die PET-Flaschen und z.B. für Folien für den Overheadprojektor eingesetzt.

Auch Fette sind Ester und zwar Ester des dreiwertigen Alkohols Glycerin (Abb. 3). Jede der drei Hydroxy-Gruppen des Glycerins ist mit je einer Fettsäure verestert, so dass ein Triglycerid entsteht.

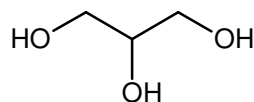


Abb. 3: Glycerin

Ebenso bekannt ist das Nitroglycerin. Auch dieses ist aus einem Ester aufgebaut. Es handelt sich dabei um einen Sprengstoff. Vom Militär eingesetzt werden außerdem zwei weitere Ester, Tabun und Sarin. Dies sind zwei chemische Nervenkampfstoffe. Tabun wurde beispielsweise von Saddam Hussein im Iran-Irak-Krieg eingesetzt, Sarin im Golfkrieg.

## 10. Didaktische Analyse

Die Ester sind Thema in Jahrgangsstufe 12 unter dem Thema der funktionellen Gruppen. An die Veresterung schließt sich logischerweise die Verseifung an.

Der Vorteil der Veresterung ist, dass ein anderes Sinnesorgan als die Augen mit einbezogen wird. Es wäre jedoch noch schöner, wenn gut riechende Fruchttester hergestellt werden könnten. Für diese braucht man jedoch Buttersäure, welche mir im Labor nicht zur Verfügung stand. So könnte mit Buttersäure und Methanol Butansäuremethylester synthetisiert werden, welcher nach Ananas riecht. Dann würde auch die Bedeutung der Ester als Aromastoffe deutlicher. Kaum ein Schüler wird überzeugt sein, wenn behauptet wird, man wolle einen Aromastoff herstellen, dieser jedoch nach Klebstoff riecht. Duftet die Substanz jedoch fruchtig, so wird die Begeisterung der Schüler sicherlich nicht auf sich warten lassen.

Vor dem Versuch sollten die Schüler die funktionelle Gruppe der Alkohole und der Carbonsäuren kennen. Ebenso sollten sie wissen, wie ein Ester aufgebaut ist. Die Veresterung bietet sich als Schülerversuch an, lediglich der Katalysator, die konzentrierte Schwefelsäure, sollte evt. vom Lehrer hinzu gegeben werden. Die Schüler können dann entweder alle den oder die gleichen Ester herstellen, oder aber jede Gruppe synthetisiert einen anderen Ester mit einem anderen Geruch. Der materielle und zeitliche Aufwand ist nicht sehr groß und deshalb wäre der Versuch sogar in einer Einzelstunde durchführbar.

## 11. Literatur

### Versuchsquelle:

[1] Chemie heute SI, Baden-Württemberg, Schroedel-Verlag, 2007

### Fachquellen:

[2] Fachinformationszentrum Chemie, <http://www.chemgapedia.de> (letzter Zugriff: 1.12.08, 15:09 Uhr)

[3] *Lehrplan Chemie für die Jahrgangsstufen G7 bis G12* des hessischen Kultusministeriums, 2005 ([http://www.kultusministerium.hessen.de/irj/HKM\\_Internet?uid=3b43019a-8cc6-1811-f3ef-ef91921321b2](http://www.kultusministerium.hessen.de/irj/HKM_Internet?uid=3b43019a-8cc6-1811-f3ef-ef91921321b2))

[4] Unfallkasse Hesse (UKH), Hessisches Kultusministerium, *Hessisches GefahrstoffInformations System Schule (HessGISS)*, Version 11.0, 2006/2007

[5] Vollhardt, K. Peter C., Schore, Neil E., *Organische Chemie*, Vierte Auflage, Wiley-VCH, Weinheim, 2005

[6] Wikimedia Foundation Inc., <http://de.wikipedia.org> (letzter Zugriff: 1.12.08, 15:09 Uhr)