

# Organisch-chemisches Praktikum für Studierende des Lehramts

WS 08/09

Praktikumsleitung: Dr. Reiß

Assistent: Beate Abé

Name: Sarah Henkel

Datum: 02.12.2008

Gruppe 7: Aldehyde und Carbonsäuren

Versuch: Herstellung von Fruchtestern

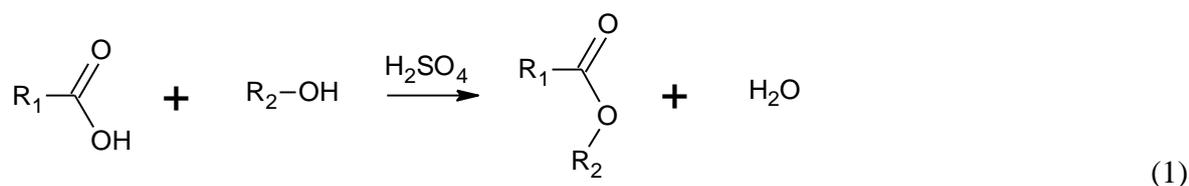
## Zeitbedarf

Vorbereitung: 5 Minuten

Durchführung: 35 Minuten (mit Warten)

Nachbereitung: 5 Minuten

## Reaktionsgleichung



## Chemikalien

Tab. 1: Verwendete Chemikalien.

Eingesetzte Stoffe	Menge	R-Sätze	S-Sätze	Gefahrensymbol	Schuleinsatz
Essigsäure	Je 2 mL	10-35	1/2-23-26-45	C	S I
Ameisensäure	Je 2 mL	35	1/2-23-26-45	C	S I
Benzoessäure	Je 1 Spatelspitze	22-36	24	Xn	S I
Salicylsäure	Je 1 Spatelspitze	22-36/38	22	Xn	S I
Ethanol	Je 2 mL	11	2-7-16	F	S I
1-Propanol	Je 2 mL	11-41-67	2-7-16-24-26-39	F, Xi	S I

1-Butanol	Je 2 mL	10-20	2-24/25	Xi	S I
1-Pentanol	Je 2 mL	10-20	10-20 2-24/25	Xn	S I
konz. Schwefelsäure	Ca. 4 Tropfen pro Ester	35	26-30-45	C	S II
Essigsäurepentylester		10-36	2-23-25		S I
Benzoessäureethylylester					S I
Salicylsäureethylylester					
Ameisensäurepropylester					
Ameisensäurebutylester					
Essigsäurebutylester					
Essigsäureethylylester		11-36-66-67	2-16-26-33	F, Xi	S I

### Geräte

- Becherglas (600 mL)
- 8 Reagenzgläser
- Reagenzglasständer
- Messpipette (10 mL oder kleiner)
- Tropfpipette
- Dreifuß
- Drahtnetz
- Bunsenbrenner
- 8 Bechergläser (100 mL)
- 8 Filterpapiere
- Spatel

## Aufbau



Abb. 1: Versuchsaufbau.

## Durchführung

In ein Reagenzglas werden jeweils 2 mL der entsprechenden Säure und 2 mL des entsprechenden Alkohols gegeben. Dazu gibt man ca. 4 Tropfen konzentrierte Schwefelsäure. Die Reagenzgläser werden dann in ein heißes Wasserbad gestellt und dort eine halbe Stunde stehen gelassen. Anschließend wird der Inhalt des Reagenzglas in ein Becherglas mit Wasser gefüllt. Die obere ölige Schicht kann dann mithilfe eines Filterpapiers aufgesaugt werden. Danach wird der Geruch bestimmt.

## Beobachtung

Durch Variation der Säuren und des Alkohols sollten verschiedene Fruchttester hergestellt werden. Die Lösungen in den Reagenzgläsern änderten sich weder in der Farbe, noch in der Konsistenz, doch beim Übergießen des entstandenen Esters war eine ölige Schicht auf dem Wasser zu erkennen. Manche Esterphasen schienen dann sogar leicht gelblich zu sein. Bei der Überprüfung der Gerüche fiel auf, dass nicht alle Gerüche mit den erwünschten übereinstimmten. In der folgenden Tabelle sind die Gerüche, die wahrzunehmen sein sollten mit denen, die gerochen wurden und der Zusammensetzung aufgelistet.

Tab. 2: Geruchstest.

Geruch	Säure	Alkohol	Riecht nach
Eisbonbons	Essigsäure	1-Pentanol	Eisbonbons
Wintergrünöl	Salicylsäure	Ethanol	Tannennadeln
Rum	Ameisensäure	1-Propanol	Rum
Pfefferminze	Benzoessäure	Ethanol	Nicht zuzuordnen
Birne	Essigsäure	1-Pentanol	Birne
Birne	Ameisensäure	1-Butanol	Saurer Apfel
Banane	Essigsäure	1-Butanol	Birne, Lösungsmittel
Uhu	Essigsäure	Ethanol	Uhu

Auch wenn nicht alle Gerüche funktioniert haben, so war doch gut zu erkennen, dass aus der nicht gut riechenden Essigsäure Düfte wie Eisbonbons oder Birne entstehen konnten. Der Wandel eines „Stinkstoffes“ in einen „Duftstoff“ war trotz einiger missglückter Versuche gut zu beobachten.

### Entsorgung

Die Abfälle werden neutral in den Behälter für organische Lösungsmittel entsorgt.

### Fachliche Auswertung der Versuchsergebnisse

Ester stellen die wichtigste Gruppe der Carbonsäurederivate dar. Sie nehmen besonders in der Natur eine bedeutsame Rolle ein, da sie größtenteils charakteristische, angenehme Gerüche haben, die in natürlichen oder künstlichen Fruchtaromen vorkommen. Besonders die niedermolekularen Ester kommen als Aromastoffe in Früchten vor. Doch auch im Tierreich haben sie eine wichtige biologische Funktion. Dort treten sie als Pheromone bzw. Pheromonbestandteile auf. In der Industrie beschränkt sich die Verwendung größtenteils auf den Einsatz als Lösungsmittel. Butylbutanoat wird anstelle des umweltschädlichen Trichlorethans, das die Ozonschicht angreift, als Reinigungsflüssigkeit bei der Herstellung von Computerchips und dergleichen eingesetzt. In der Polymerchemie werden höhere, nichtflüchtige Ester als Weichmacher verwendet. So zum Beispiel für flexiblere Rohrleitungen (Gummirohre und Polsterungen).

Bei der Nomenklatur der Ester gibt es zwei Möglichkeiten zur Benennung. Zum einen kann Name der Säure vorangehen. Er wird dann gefolgt vom Alkyl des Alkohols und schließlich der Endung –ester. Weiterhin wird eine andere Benennung benutzt, die die Ester als Alkanoate bezeichnet. Dabei werden sie als „Alkylsalze“ der Carbonsäuren aufgefasst. Folglich kann die Verbindung aus Essigsäure und 1-Pentanol entweder Essigsäurepentylester oder Pentylacetat heißen. Letztendlich handelt es sich um die gleiche Verbindung.

Ester lassen sich aus der Reaktion eines Alkohols mit einer Carbonsäure gewinnen. Sie entstehen aber auch mit Carbonsäureanhydriden und Acylhalogeniden. Die Esterbildung ist eine Gleichgewichtsreaktion, die durch Säure katalysiert wird. Die Säure beschleunigt in diesem Fall die Protonierung des Carbonylsauerstoff-Atoms. Dies gestaltet den nukleophilen Angriff um einiges leichter. Bei dem Mechanismus handelt es sich um eine Additions-Eliminierungsreaktion, da zunächst der Alkohol an die Carbonsäure addiert wird und anschließend Wasser eliminiert wird.

Die in Gleichung (1) aufgeführte allgemeine Reaktionsgleichung, nach der eine Esterbildung erfolgt, ist wie gesagt, eine Gleichgewichtsreaktion. Das Gleichgewicht stellt sich bei hoher  $H^+$ -Ionenkonzentration und erhöhter Temperatur relativ schnell ein. Da die Geschwindigkeit der Esterbildung von der  $H^+$ -Ionenkonzentration abhängig ist, ist die Reaktionsgeschwindigkeit proportional zur  $H^+$ -Ionenkonzentration. Auch für diese Gleichgewichtsreaktion lässt sich das Massenwirkungs-Gesetz aufstellen:

$$K = \frac{[Ester] \cdot [Wasser]}{[Säure] \cdot [Alkohol]} \quad (2)$$

Da das Ziel der Veresterung eine besonders hohe Konzentration an Ester ist, kann für eine quantitative Überführung der Säure in den Ester die Gleichung (2) umgestellt werden.

$$[Ester] = K \cdot \frac{[Säure] \cdot [Alkohol]}{[Wasser]} \quad (3)$$

An Gleichung (3) ist deutlich zu erkennen, dass eine maximale Ausbeute von Ester nur durch die Erhöhung der Alkoholkonzentration und die Erniedrigung der Konzentration an Wasser möglich ist. Da ständig neues Wasser gebildet wird, muss dieses aus dem Gleichgewicht entfernt werden, was durch die zuvor dazugegebene konzentrierte Schwefelsäure erfolgt. Konzentrierte Schwefelsäure kann aufgrund ihres Hydratationsvermögens eine bestimmte Menge an Wasser binden.

Am Beispiel des Essigsäurepentylesters (Eisbonbons) ist nachfolgend der Mechanismus der Veresterung erklärt.

Da die Reaktion säurekatalysiert abläuft, findet zunächst eine Protonierung am doppeltgebundenen Sauerstoffatom der Carboxylgruppe statt. Durch diese Protonierung entsteht ein Carbenium-Ion, das einen guten Angriffspunkt darstellt. Das Carbenium-Ion ist die Folge der mesomeren Stabilisierung der positiven Ladung.

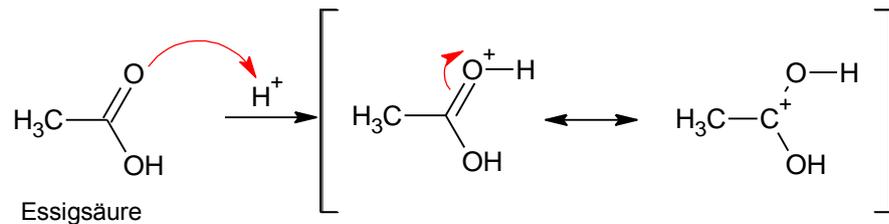


Abb. 2: Protonierung der Carbonsäure.

Anschließend kann der Alkohol (in diesem Fall 1-Pentanol) am positivierten Kohlenstoffatom angreifen. Die positive Ladung wird damit auf das Sauerstoffatom der Hydroxylgruppe übertragen – es wird ein Oxonium-Ion gebildet. Die nachfolgende Tautomerie führt dazu, dass im darauffolgenden Schritt Wasser abgespalten werden kann. Parallel wird eine Doppelbindung zwischen dem Sauerstoffatom der zweiten Hydroxylgruppe und dem daran bindenden Kohlenstoff gebildet. Die Abspaltung eines Protons führt dann wiederum zu einem neutralen Molekül.

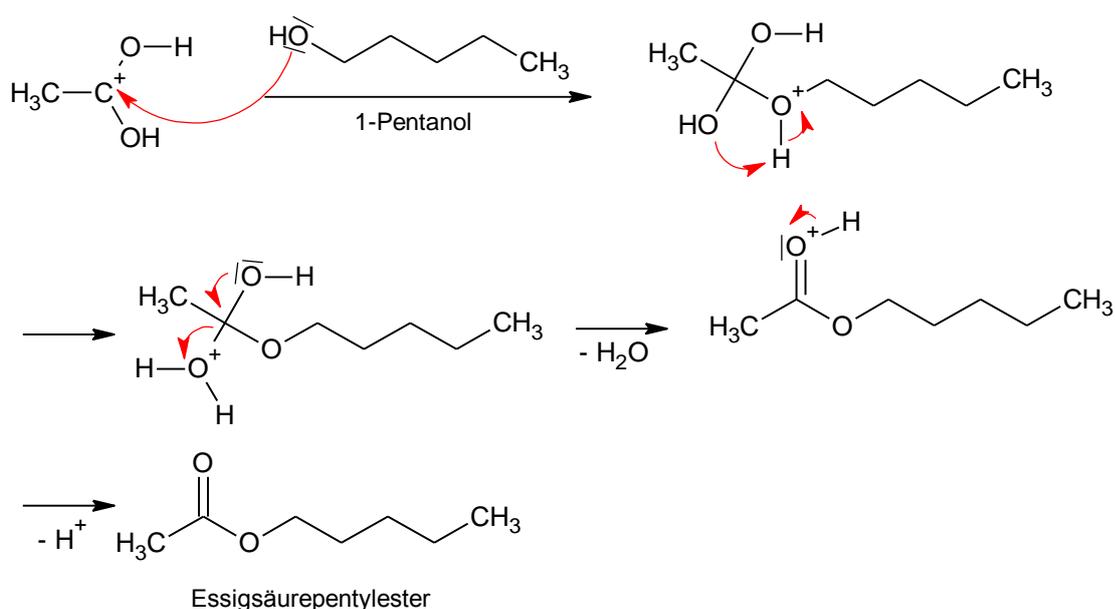


Abb. 3: Bildung des Esters.

Die Umkehrung der Esterbildung ist die Esterhydrolyse, bei der wiederum Carbonsäuren entstehen. Diese Reaktion kann sowohl säure- als auch basenkatalysiert ablaufen. Die saure Hydrolyse ist eine Umkehrung der zuvor beschriebenen Reaktion. Bei der basischen Verseifung greift das Hydroxid-Ion am Kohlenstoffatom der Alkoxy-carbonylgruppe an. Dieser Angriff ist nukleophil. Die Folge dieser Reaktion ist ein Anion, das am Sauerstoffatom eine negative Ladung trägt. Daraufhin wird der Alkohol abgespalten und es entsteht das Salz der Carbonsäure.

## Methodisch-Didaktische Analyse

### **1 Einordnung**

Laut hessischem Lehrplan soll das Thema Ester in der Jahrgangsstufe 11 unter dem Hauptthema Alkansäuren und ihre Derivate durchgenommen werden. Dabei sollen zunächst die homologe Reihe der Carbonsäuren und die dazugehörigen Salze eingeführt werden. Im Anschluss daran soll auf die typischen Reaktionen eingegangen werden. Dazu gehören zum einen die Esterbildung als Reaktionstyp und dessen Mechanismus wie auch die anschließende Verseifung. Beim Thema Ester sollte auch die Bedeutung der Ester in Fruchtesenzen und Lösungsmitteln behandelt werden.

### **2 Aufwand**

Der Aufwand dieses Versuchs ist relativ gering. Da nur zwei Komponenten im Reagenzglas gemischt werden müssen, ist er auch schnell durchzuführen. Es werden weiterhin keine besonderen Materialien gebraucht, sodass auch keine aufwändige Apparatur nötig ist. Für den Einsatz in einer Schulstunde muss der Lehrer nur dafür sorgen, dass die benötigten Alkohole und Carbonsäuren vorhanden sind. Da keine ungewöhnlichen Chemikalien verwendet werden, müssen diese nicht extra gekauft werden. An Chemikalienverschwendung ist bei diesem Versuch als Schülerversuch auch kaum zu denken, da nur sehr geringe Mengen an Edukten eingesetzt werden.

### **3 Durchführung**

Da der Versuch zum einen sehr einfach durchzuführen ist und zum anderen nicht viel Zeit in Anspruch nimmt, eignet er sich ganz gut als Schülerversuch. Die Schüler bekommen dadurch die Möglichkeit, den Wandel vom „Stinkstoff“ zum „Duftstoff“ selbst durchzuführen und mitzerleben. Ein Geruch setzt sich viel besser im Gedächtnis fest, als das pure Theoriewis-

sen. Es unterstützt somit den Lerneffekt positiv und sorgt für ein abwechslungsreiches Lernklima, indem die Schüler aktiv in den Unterricht mit eingebunden werden. Bei einer so großen Vielfalt an Duftstoffen bietet es sich an, unterschiedliche Schülergruppen an verschiedenen Duftstoffen arbeiten zu lassen. So wird zum einen die Praxis gewährleistet und zum anderen kann die dazugehörige Theorie in der gleichen Stunde besprochen werden. Anschließend kann auch ein Fazit erfolgen, inwiefern die Duftstoffherstellung funktioniert hat bzw. nicht funktioniert hat und was letztendlich dabei herausgekommen ist.

## Literatur

- [1] CONATEX-DIDACTIC Lehrmittel GmbH: Organische Chemie: Ester „Chemie riecht gut...“.  
[http://www2.conatex.com/mediapool/versuchsanleitungen/VAD\\_Chemie\\_Ester.pdf](http://www2.conatex.com/mediapool/versuchsanleitungen/VAD_Chemie_Ester.pdf).  
(01.12.2008)
- [2] Soester Liste. Version 2.7.
- [3] Hessischer Lehrplan: Chemie. 2008.
- [4] Vollhardt, K. P. C. und Neil E Schore: Organische Chemie. Übersetzungs-Hrsg: Holger Butenschön. Vierte Auflage. WILEY-VCH. Weinheim **2005**.
- [5] Mortimer, Charles, E. und Ulrich Müller: Das Basiswissen der Chemie. 8., komplett überarbeitete und erweiterte Auflage. Thieme Verlag. Stuttgart **2003**.
- [6] Beyer, Walter: Lehrbuch der Organischen Chemie. 24., überarbeitete Auflage mit 155 Abbildungen und 24 Tabellen. S. Hirzel Verlag. Stuttgart **2004**.