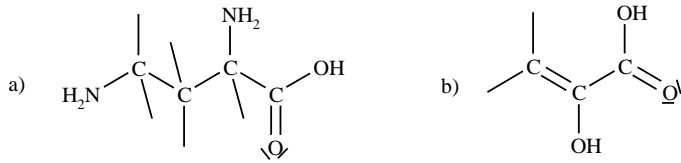


2.7. Fragen zu Carbonsäuren und Estern

Benennung

Wie heißen die folgenden Verbindungen?



Lösung

a) R-2,4-Diaminobutansäure (D-Form) b) 2-Hydroxypropensäure

Struktur und Benennung

Erkläre den Begriff der homologen Reihe anhand der Alkansäuren.

Gib die Namen und Strukturformeln von 5 Carbonsäuren aus dem Citratzyklus an.

Gib die Namen und Strukturformeln von 2 Carbonsäuren aus der Glykolyse sowie 3 Fettsäuren an.

Gib die Strukturformeln sowie den systematischen Namen und den Trivialnamen von zwei ungesättigten Fettsäuren an.

Gib die Strukturformeln sowie den systematischen Namen und den Trivialnamen von zwei gesättigten Fettsäuren an.

Struktur und Benennung

Gib die Strukturformeln und die Namen von

- 5 Fettsäuren
 - 2 Monocarbonsäuren aus dem anaeroben Glucoseabbau
 - 5 Dicarbonsäuren aus dem Citratzyklus
- an

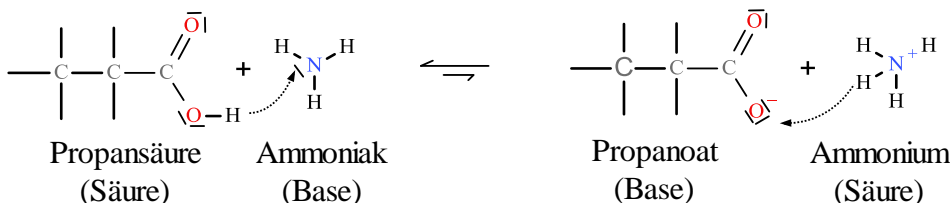
Struktur und Benennung mit zwischenmolekularen Kräften

- Zeichne die vereinfachten Strukturformeln von Ameisensäure und Palmitinsäure. (2)
- Markiere jeweils den polaren und den unpolaren Anteil des Moleküls. (2)
- Gib für die beiden Carbonsäuren jeweils ein passendes Lösungsmittel an. (2)

Neutralisation (8)

Beschreibe die Neutralisation von Propansäure durch Ammoniak mit Strukturformeln. Benenne alle Edukte und Produkte, kennzeichne die Protonenübertragung und gib die jeweilige Säure und die Base sowohl für die Hinreaktion als auch für die Rückreaktion an.

Lösung



Typische Reaktionen (6)

Beschreiben Sie zwei wichtige Reaktionen von Carbonsäuren mit Strukturformeln und Namen an einem selbst gewählten Beispiel. Geben Sie auch jeweils den Reaktionstyp an.

Lösung

Säure-Base-Reaktion, z.B. Methansäure + Wasser \rightarrow Methanoat + Hydroxonium

Veresterung/Kondensation, z.B. Methansäure + Methanol \rightarrow Methansäure - Methyl-Ester

Typische Reaktionen

Gib für die folgenden Stoffklassen für jede typische Reaktion ein Beispiel an. Formuliere je eine Reaktionsgleichung mit den Strukturformeln und Namen aller Edukte und Produkte:

- Alkane (2x)
- Alkene (4x)
- Halogenalkane (4x)
- Aminoalkane (1x)
- Alkohole (5x)
- Ether (1x)
- Carbonylverbindungen (5x)

h) Carbonsäuren (2x)

Herstellung

Beschreibe die Entstehung von Essigsäure durch Essiggärung mit einer Reaktionsgleichung und benenne den Reaktionstyp sowie den Ausgangsstoff.

Säure-Base-Reaktion der Carbonsäuren (3)

Beschreibe die Reaktion von Kalilauge mit Phosphorsäure mit einer Reaktionsgleichung. Gib außerdem die Namen aller beteiligten Stoffe an.

Säure-Base-Reaktion der Carbonsäuren (3)

Für die Neutralisation von 50 ml einer Lösung von Methansäure in Wasser wurden 30 ml Natronlauge mit einer Konzentration von 0,1 Mol/Liter verbraucht.

- Formuliere diesen Vorgang mit einer Reaktionsgleichung und benenne alle Teilchen. (2)
- Wieviel Mol Ameisensäure waren in der Lösung enthalten? (1)
- Gib die Konzentration der Lösung in Mol/Liter an. (1)
- Wieviel g Ameisensäure waren in der Lösung enthalten? (1)
- Gib die Konzentration der Lösung in g/Liter an. (1)
- Gib die Konzentration der Lösung in Massenprozent (d.h. g Säure/100 g Lösungsmittel) an. (1)

Säure-Base-Reaktion der Carbonsäuren (3)

Für die Neutralisation von 50 ml einer Lösung von Essigsäure in Wasser wurden 15 ml Natronlauge mit einer Konzentration von 0,1 Mol/Liter verbraucht.

- Formuliere diesen Vorgang mit einer Reaktionsgleichung und benenne alle Teilchen. (2)
- Wieviel Mol Essigsäure waren in der Lösung enthalten? (1)
- Gib die Konzentration der Lösung in Mol/Liter an. (1)
- Wieviel g Essigsäure waren in der Lösung enthalten? (1)
- Gib die Konzentration der Lösung in g/Liter an. (1)
- Gib die Konzentration der Lösung in Massenprozent (d.h. g Säure/100 g Lösungsmittel) an. (1)

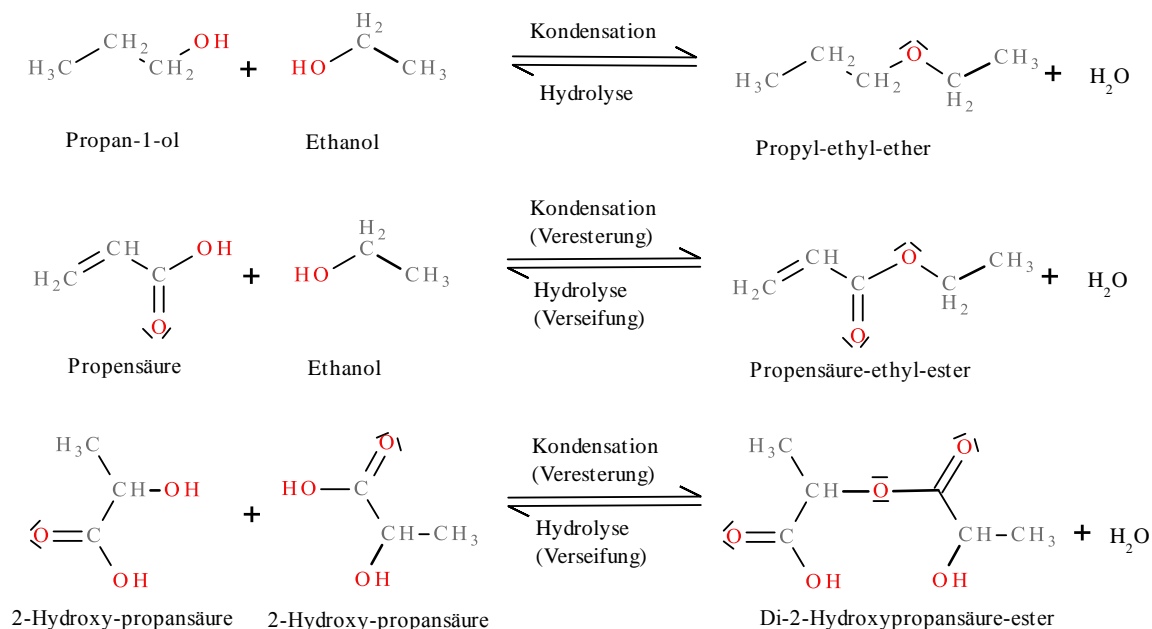
Aufgabe 5 (9)

Beschreibe die Kondensation von

- Propanol und Ethanol
- Propensäure und Ethanol
- 2 Molekülen 2-Hydroxypropansäure

durch jeweils ein Reaktionsgleichung mit Strukturformeln und vergleiche die Produkte hinsichtlich ihrer Siedepunkte.

Lösungen:



Veresterung (2)

Beschreibe die Reaktion von Ethansäure mit Propanol durch eine Reaktionsgleichung mit Strukturformeln und benenne die Produkte.

Veresterung (2)

Beschreibe die Reaktion von Propansäure mit Ethanol durch eine Reaktionsgleichung mit Strukturformeln und benenne die Produkte.

Veresterung

- Stelle die Reaktionsgleichung mit Strukturformeln für die Bildung von Propansäure-butyl-ester auf.
- Gib je ein geeignetes Lösungsmittel für Butanol und Propansäure-butyl-ester an und begründe Deine Wahl.

Veresterung

- Beschreibe die Reaktion von Essigsäure und Butanol unter Einfluß von Schwefelsäure mit einer Reaktionsgleichung und benenne den Reaktionstyp sowie die Reaktionsprodukte.
- Begründe anhand der Strukturformel, warum sich der gebildete Ester nicht mehr in Wasser löst.
- Warum wird die Reaktion durch Zugabe von Schwefelsäure beschleunigt?
- Wodurch kann man die Ausgangsstoffe Säure und Alkohol aus dem gebildeten Ester zurückgewinnen?

Veresterung

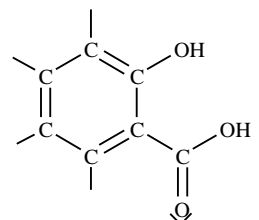
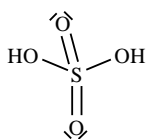
- Gib die Reaktionsgleichung mit Strukturformeln für die Veresterung von Buttersäure mit Ethanol an. (4)
- Wie heißt der dabei gebildete Ester? (1)
- Gib ein passendes Lösungsmittel für diesen Ester an. (1)
- Warum lösen sich Ester nicht mehr in Wasser? (1)
- Warum wird die Reaktion durch Zugabe von Schwefelsäure beschleunigt? (3)
- Wodurch kann man die Ausgangsstoffe Säure und Alkohol aus dem gebildeten Ester zurückgewinnen? (1)

Veresterung

- Gib die Reaktionsgleichung mit Strukturformeln für die Veresterung von Essigsäure mit Butanol an. (4)
- Wie heißt der dabei gebildete Ester? (1)
- Gib ein passendes Lösungsmittel für diesen Ester an. (1)
- Warum lösen sich Ester nicht mehr in Wasser? (1)
- Warum wird die Reaktion durch Zugabe von Schwefelsäure beschleunigt? (3)
- Wodurch kann man die Ausgangsstoffe Säure und Alkohol aus dem gebildeten Ester zurückgewinnen? (1)

Veresterung

Beschreibe mit Strukturformeln drei mögliche Produkte, wenn Salicylsäure (2-Hydroxybenzoesäure, siehe rechts) mit Schwefelsäure (siehe links) erwärmt wird. Gib auch jeweils die Reaktionstypen für Hin und Rückreaktion an.



Mechanismus der Veresterung

Bei einem synthetisch hergestellten Rum-Aroma handelt es sich um einen Ester aus Methansäure und Ethanol.

- Formuliere die Reaktionsgleichung zu obiger Synthese und erkläre, warum der Ester im Vergleich zu den Ausgangsstoffen leichter flüchtig ist. (3)
- Die Veresterung wird unter Säurekatalyse durchgeführt. Begründe mit Hilfe von Strukturformeln, warum diese Reaktion bei Zugabe von Hydroxid-Ionen nicht ablaufen würde. (3)

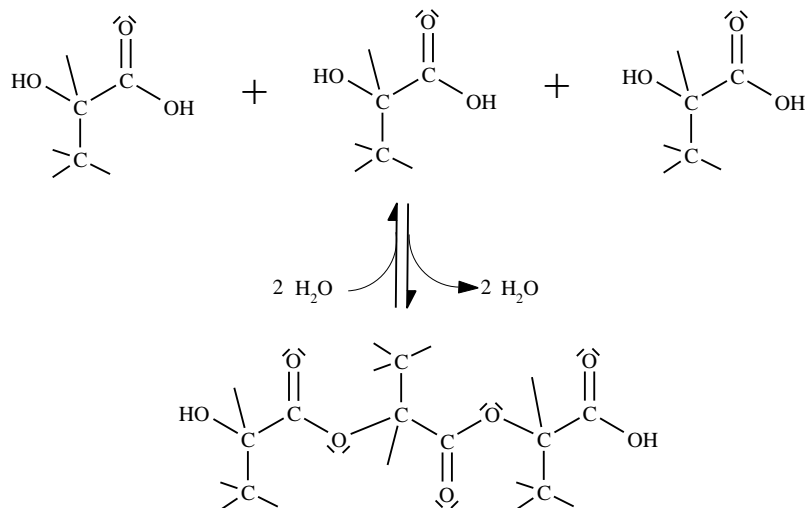
Lösung

- Reaktionsgleichung; Hydrophile funktionelle Gruppen (Carboxyl- und Hydroxylgruppe) werden zur Estergruppe. Keine H-Brücken mehr möglich, lipophiles Molekül, geringe zwischenmolekulare Kräfte \Rightarrow niedrigerer Sdp.
- Stark basische OH^- -Ionen würden Methansäure in das Methanoat-Ion (Strukturformel) überführen, mesomeriestabilisiert, reaktionsträge, nucleophiler Angriff erschwert.

Veresterung

Seit neuestem können Polyester aus Milchsäure (2-Hydroxypropansäure) vollständig biotechnologisch hergestellt werden, d.h., die gentechnisch veränderten *escherischia coli*-Darmbakterien vergären nicht nur die gelieferten Kohlenhydrate zu Milchsäure (vgl. Muskelkater), sondern verestern diese anschließend gleich zu langen Ketten, aus denen sich direkt z.B. biologisch abbaubare Joghurtbecher oder Alditüten herstellen lassen. Beschreibe mit Strukturformeln, wie drei Milchsäuremoleküle zu einer Kette verestert werden können.

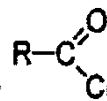
Lösung



Mechanismus der Veresterung

Eine Methode der Veresterung besteht in der Umsetzung einer Alkansäure mit einem Alkohol. Anstelle von Alkansäuren sind als Ausgangsstoffe bei der Esterbildung jedoch Säurechloride geeigneter.

- a) Formuliere Sie die Reaktionsgleichung für die Herstellung von Ethansäurebutylester aus dem entsprechenden Säurechlorid. (2)
- b) Bei der Verwendung von Säurechloriden ist kein Katalysatorzusatz notwendig und die Esterausbeute ist höher. Begründe beide Sachverhalte anhand des Reaktionsmechanismus. (3)

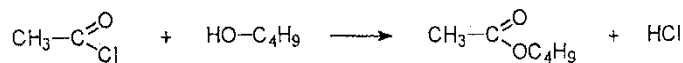


Alkohol.
sehr viel

dem

Lösung

a)



- b) Kein Katalysator notwendig, da durch den -I-Effekt von Chlor der nucleophile Angriff des Alkohols erleichtert wird. Höhere Esterausbeute, da HCl als gasförmiges Produkt entweicht; deshalb keine Gleichgewichtseinstellung möglich.

Ester und Säuren im Vergleich

Ethansäureethylester und Butansäure sind Isomere. Nachfolgend werden einige Experimentalbefunde beschrieben, die man von den beiden Substanzen erhält:

Stoff A

- siedet bei + 161 °C,
- reagiert bei Raumtemperatur mit dem Metall Magnesium unter Wasserstoffentwicklung,
- ist gut wasserlöslich
- reagiert schon bei Raumtemperatur sofort mit Natronlauge.

Stoff B

- siedet bei + 80 °C,
- reagiert nicht mit Magnesium,
- löst sich kaum in Wasser,
- reagiert bei Raumtemperatur nicht erkennbar mit Natronlauge. Wird aber mit der Lauge gekocht, läßt sich aus dem Reaktionsgemisch eine relativ leicht flüchtige Substanz mit dem Siedepunkt + 78 °C abdestillieren.

- a) Erkläre den Begriff Isomerie, und ordne der Butansäure das Symbol A oder B zu. Belege Deine Zuordnung mit drei Argumenten. (3)
- b) Formuliere für die beiden Reaktionen mit Natronlauge die Reaktionsgleichungen, und benenne alle Stoffe. (4)
- c) Zeige mit Oxidationszahlen, daß bei der Reaktion mit Magnesium unter Wasserstoffentwicklung eine Redoxreaktion vorliegt. (2)
- d) Beschreibe, wie man Wasserstoff als Reaktionsprodukt experimentell nachweist, und formuliere dafür die Reaktionsgleichung. (2)
- e) Gib einen geeigneten Nachweis für das abdestillierte Reaktionsprodukt an, das beim Kochen der Verbindung B mit Natronlauge entsteht. Formuliere eine Reaktionsgleichung mit Strukturformeln und benenne alle Stoffe. (4)

Lösung

- a) Isomere sind Stoffe mit gleicher Summenformel aber unterschiedlicher Strukturformel
 Stoff A = Butansäure
 - starke zwischenmolekulare Kräfte (Wasserstoffbrücken) => hoher Siedepunkt.
 - Carbonsäuren reagieren mit unedlen Metallen unter Wasserstoffentwicklung =>Salzbildung.
 - rel. kurzkettige Carbonsäure, stark polarer Stoff, intermolekulare Wasserstoffbrücken mit Wasser;
 - Carbonsäuren werden wie alle Säuren durch Natronlauge neutralisiert.
- b) Neutralisation der Butansäure zu Na-Butanoat und Wasser:

$$\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH} + \text{NaOH} \rightleftharpoons \text{C}_3\text{H}_7\text{COO}^- + \text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O}$$
 Verseifung des Esters zu Ethansäure und Ethanol mit anschließender Neutralisation der Säure zu Na-Ethanoat:

$$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{NaOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{Na}^+ + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$$
- c)
$$2 \text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}^{+1} + \text{Mg}^{\pm 0} \rightleftharpoons 2 \text{C}_3\text{H}_7\text{COO}^- + \text{Mg}^{2+} + \text{H}^{\pm 0}_2$$
- d) Knallgasprobe:
$$2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}$$
- e) Zugabe von Na führt zu Wasserstoffentwicklung: Ethanol $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{Na} \rightleftharpoons \text{Na-Ethanolat } \text{C}_2\text{H}_5\text{O}^- + \text{Na}^+ + \text{H}_2$.

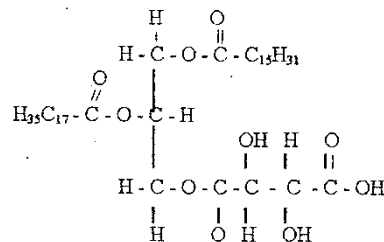
Säure-Base-Reaktionen, Veresterung und Hydrolyse

- a) Buttersäure (Butansäure), Milchsäure (2-Hydroxypropansäure) und Weinsäure (L-2,3-Dihydroxybutandisäure) können in Lebensmitteln vorkommen. Ordne jeder der genannten Säuren einen der folgenden pKs-Werte begründet zu und definiere an einer der drei Säuren die Begriffe Ks- und pKs-Wert: 2,95; 3,86; 4,88. (5)
- b) Durch Veresterung von Säuren mit Diglyceriden (Difettsäureglycerinestern), gewonnen aus Speisefetten, entstehen Lebensmittelzusatzstoffe, welche als Emulgatoren u.a. Speiseeis, Mayonnaisen und Soßen zugesetzt werden. Zeichne die Strukturformel eines auf diese Weise hergestellten weinsäurehaltigen Emulgators (Fettsäurereste bitte als Summenformeln angeben). (2)
- c) Vergleiche die Geschwindigkeit der Esterreaktion von Ethansäure, Milchsäure und Weinsäure mit jeweils dem gleichen Diglycerid und begründe die Unterschiede. (3)
- d) Bei der Hydrolyse des weinsäurehaltigen Emulgators im Magen und Dünndarm wird Weinsäure freigesetzt. Wieviel mg des Esters aus b) darf eine 70 kg schwere Person zu sich nehmen, wenn die duldbare tägliche Aufnahme von 30 mg Weinsäure pro kg Körpergewicht nicht überschritten werden soll? (3)
- e) Gib die Reaktionsgleichung zur Spaltung des Emulgators im Dünndarm mit Strukturformeln wieder. (2)

Lösung

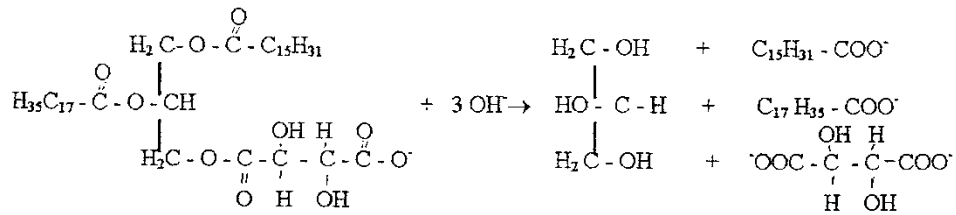
- a) pKs: Ethansäure: 4,75; Weinsäure: 2,95; Milchsäure: 3,56 Durch das Vorhandensein von -I- Substituenten (elektronenziehenden Substituenten) erhöht sich die Säurestärke.

$$K_s = \frac{\text{Produkt der Hydroxonium- und Butanoat-Ionen-Konzentrationen}}{\text{Konzentration der Butansäure in wässriger Lösung}} = -\lg K_s$$
- b) Strukturformel z.B. Palmitinsäure-Stearinsäure-Weinsäure-Glycerin-Ester:



- c) höchste Reaktionsgeschwindigkeit bei Weinsäure, geringste bei Ethansäure.
 Begründung: Weinsäure weist aufgrund der beiden Hydroxylgruppen und der zweiten Carboxylgruppe den größten -I-Effekt auf, bei Milchsäure wirkt nur eine Hydroxylgruppe induzierend. Der -I-Effekt verstärkt die positive Teilladung am Carboxyl-Kohlenstoff, dies erleichtert den nucleophilen Angriff des negativ polarisierten Sauerstoffatoms der Hydroxylgruppe am Diglycerid.
- d) Palmitinsäure-Stearinsäure-Weinsäure-Glycerin-Ester + H₂O →
 Palmitinsäure-Stearinsäure-Glycerin-Ester + Weinsäure.
- e) Aus 1 mol = 728g Emulgator wird 1 mol = 150 g Weinsäure freigesetzt:
 728g Emulgator ≅ 150g Weinsäure
 Erlaubt sind 30mg/kg·70 kg = 2,1 g Weinsäure:
 x g Emulgator ≅ 2,1g Weinsäure
 ⇒ x = 2,1g·728g/150 g = 10,2 g
- f)

3.3.2 z.B.:



Mechanismus der Verseifung mit Säuren und Basen

Mit Hexansäureethylester wird wie folgt verfahren:

A: 200 g dieses Esters werden in einem Rundkolben mit aufgesetztem Rückflußkühler und einem Überschuß an konz. NaOH so lange gekocht, bis sich die Konzentrationen der auftretenden Stoffe nicht mehr ändern. Das Natriumhydroxid ist mit dem Sauerstoffisotop 180 markiert.

B: Nach Auftrennung und Reinigung werden die Reaktionsprodukte in wässriger Lösung einzeln auf ihren pH untersucht.

- Formuliere den Mechanismus der Reaktion A.
- Kennzeichne die isotopen-markierte Stelle in den Reaktionsprodukten.
- Welche Informationen über den Reaktionsmechanismus erhält man aufgrund der Isotopenmarkierung?
- Entscheide und begründe, ob die Produkte im Versuchteil B gegenüber Wasser sauer, alkalisch oder neutral reagieren.
- Berechne, welche Mengen (in Gramm) der jeweiligen Reaktionsprodukte aus Versuch A zu erwarten sind.
- In einem neuen Versuch C wird die gleiche Menge Hexansäureethylester, diesmal aber mit verdünnter Schwefelsäure, gekocht. In welchem der Versuche, A oder C, erhält man die höhere Produktausbeute? Begründung?