

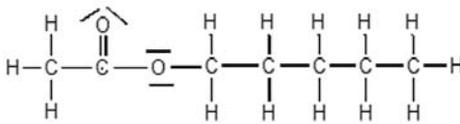
Lösungshinweise zu den Arbeitsblättern:

Arbeitsblatt 1: Aromastoffe

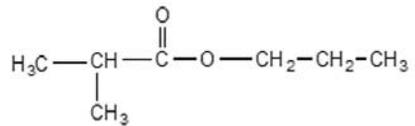
1.1. Naturidentische Aromastoffe werden synthetisch hergestellt, kommen aber – sozusagen als Vorbild – in der Natur vor. Sie sind in ihrem Aufbau (und ihrer Wirkung) mit den entsprechenden natürlich gewonnenen Aromastoffen identisch.

1.2. Am Aroma einer Frucht ist niemals nur ein einziger Aromastoff beteiligt. Erst die Mischung aus bis zu 100 verschiedenen Komponenten – vor allem Ester sowie länger-kettige Alkanale und Alkanone – macht den charakteristischen Geschmack und Geruch einer Fruchtsorte aus.

1.3.

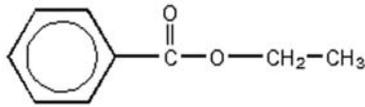


Strukturformel des „Birnenaroma-Esters“

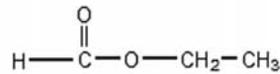


Halbstrukturformel des „Erdbeeraroma-Esters“

1.4.

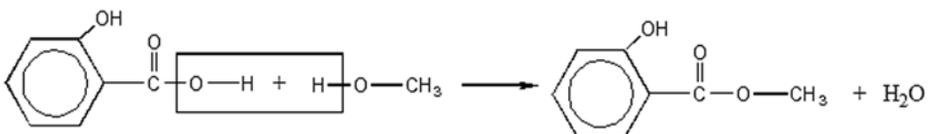


Benzoessäureethylester: Ethylbenzoat



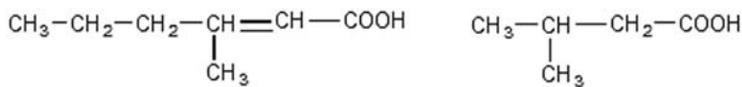
Methansäureethylester: Ethylmethanoat

1.5. Reaktionsschema zur Synthese des „Kaugummiaroma-Esters“:



Arbeitsblatt 2: Fette

2.1. Die Formeln der „Stinkmoleküle“:



2.2. Für beide Carbonsäuren kann als identische Summenformel $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$ angegeben werden. Die Unterschiede der Moleküle liegen in ihrer Struktur: Valeriansäure besitzt ein geradkettiges, Isovaleriansäure ein verzweigtes Kohlenstoffgerüst.

Isomerie (griech. isos: gleich, meros: Teil) bedeutet unterschiedliche Molekülstruktur (und damit unterschiedliche Stoffeigenschaften) bei identischer Summenformel.

2.3. Fette sind Fettsäureester des Glycerin (Propantriol) und werden daher auch als Tri-Acylglyceride bezeichnet. Fettsäuren sind langkettige Carbonsäuren. Propantriol ist der einfachste dreiwertige Alkohol.

Nur selten sind die drei Hydroxylgruppen des Glycerinmoleküls mit der gleichen Carbonsäure verestert. In der Regel treten gemischte Triglyceride auf. Daher gibt es eine Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten. In unserem Beispiel ist das Glycerinmolekül mit einer gesättigten (Stearinsäure, Octadecansäure $\text{C}_{17}\text{H}_{35}-\text{COOH}$), einer einfach ungesättigten (Ölsäure, 9-Octadecensäure, $\text{C}_{17}\text{H}_{33}-\text{COOH}$) und einer doppelt ungesättigten (Linolsäure, 9,12-Octadecadiensäure, $\text{C}_{17}\text{H}_{31}-\text{COOH}$) Fettsäure verestert. Gesättigte Fettsäuren enthalten die maximal mögliche Anzahl gebundener Wasserstoffatome, ungesättigte Fettsäuren hingegen besitzen Doppelbindungen. Sie sind nicht mit Wasserstoff „gesättigt“. Feste Fette (Schweineschmalz, Rindertalg, Kokosfett) haben einen hohen Anteil gesättigter Fettsäuren in ihren Molekülen, flüssige Öle (Olivenöl, Sonnenblumenöl, Leinöl) einen hohen Anteil ungesättigter Fettsäuren.

2.4. Mehrfach ungesättigte Fettsäuren sind für den Menschen unentbehrlich (essenziell), da sie nicht in unserem Stoffwechsel hergestellt werden können. Es fehlen uns die Enzyme, die Doppelbindungen nach dem C9-Atom einfügen können. Daher müssen die essenziellen Fettsäuren in der Nahrung enthalten sein. Bei der Fetthärtung (Umwandlung flüssiger Öle in feste Fette) dürfen die ungesättigten Fettsäuren daher nicht vollständig beseitigt werden.

2.5. Fette sind Triglyceride. Zwischen Fetten und Ölen besteht chemisch prinzipiell kein Unterschied. Fette sind bei Raumtemperatur fest. Öle sind aufgrund ihres höheren Anteil von ungesättigten Fettsäuren bei Raumtemperatur flüssig und viskos. Sie lassen sich durch katalytische Hydrierung („Fetthärtung“) in feste Fette überführen.

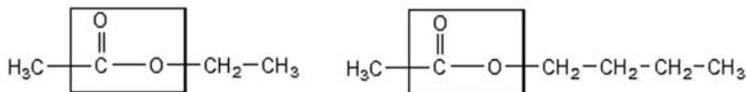
Lipide sind alle hinsichtlich Löslichkeit und Aufbau fettähnlichen Substanzen. Sie besitzen ausgedehnte unpolare Molekülteile und sind daher wasserunlöslich.

2.6. Der Fettverderb kann bakteriell oder oxidativ erfolgen. Ursachen für das Ranzigwerden von Fetten – erkennbar u.a. am unangenehmen Geruch nach Butter-säure – ist einerseits die hydrolytische Spaltung der Esterbindungen durch Bakterien. Für diese mikrobielle Zersetzung der Fette ist ein gewisser Wassergehalt erforderlich. Andererseits kann es durch den Angriff von Luftsauerstoff auf die Doppelbindungen zur Spaltung der Alkylreste in kurzkettigen Carbonsäuren, Alkanone und Alkanale kommen.

2.7. Fettähnliche Stoffe, z.B. Lecithin, sind ein Hauptbestandteil der Zellmembranen. Lipide sind daher unverzichtbare Baustoffe und Strukturbestandteile jeder Zelle.

Arbeitsblatt 3: Lösungsmittel

3.1. Formeln der „Lösungsmittel-Ester“

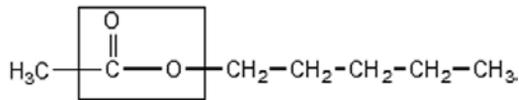


3.2. Bei wiederholter Inhalation sind schwerste Nervenkrankheiten zu befürchten. Lösungsmitteldämpfe wirken auf das zentrale Nervensystem. Akut stellen sich nach anfänglicher Übelkeit und starken Kopfschmerzen Rauschzustände ein. Panik- und Angstattacken sind möglich. Bei Bewusstlosigkeit droht der Erstickungstod. Alle Schnüffelstoffe sind giftig. Beim Einatmen über längere Zeiträume sind daher irreversible Nerven- und Leberschädigungen zu befürchten. Die Leber ist die „Entgiftungszentrale“ unseres Körpers.

3.3. Essigsäureethylester, Ethansäureethylester, Ethylethanoat, Ethylacetat

3.4. Essigsäurepentylester, Ethansäurepentylester, Pentylethanoat, Pentylacetat

3.5. Formel des „Fleckenteufels“:



3.6. Estermoleküle können untereinander (im Gegensatz zu Carbonsäure- oder Alkanolmolekülen) keine Wasserstoffbrückenbindungen ausbilden, da sie kein positiv polarisiertes Wasserstoffatom besitzen. In der Carboxylgruppe der Carbonsäuren und der Hydroxylgruppe der Alkanole ist das Wasserstoffatom durch den Elektronenzug des elektronegativeren Bindungspartners positiv polarisiert; die Moleküle der Alkohole und organischen Säuren bilden untereinander Wasserstoffbrückenbindungen aus, Estermoleküle nicht. Der Siedepunkt der kurzkettigen Ester ist daher recht niedrig. Die Substanzen sind leicht flüchtig.

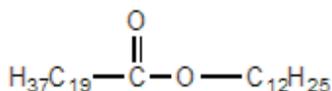
Estermoleküle können aber mit Wassermolekülen Wasserstoffbrückenbindungen eingehen, wobei sie nur als Akzeptoren, aber nicht als Donatoren des Wasserstoffs dienen können. Die Sauerstoffatome in der Estergruppe besitzen die notwendigen freien Elektronenpaare. Kurzkettige Ester sind daher schwach polare Lösungsmittel. Sie sind besser wasserlöslich als Kohlenwasserstoffe, aber schlechter wasserlöslich als Alkanole.

Arbeitsblatt 4: Wachse

4.1. 1-Dodecanol; $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{10}-\text{CH}_2\text{OH}$

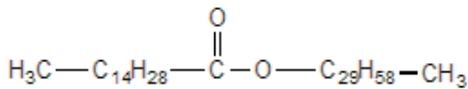
4.2. Eicosensäure ist eine einfach ungesättigte Fettsäure.

4.3. Halbstrukturformel für ein Jojobawachsmolekül:



4.4. Die Moleküle des Bienenwachses bestehen (hauptsächlich) aus Estern der beiden Carbonsäuren $C_{25}H_{51}-COOH$ (Hexaeicosansäure) und $C_{27}H_{55}-COOH$ (Octaeicosansäure) mit den langkettigen Alkanolen $C_{30}H_{61}-OH$ (1-Triacontanol) und $C_{32}H_{65}-OH$.

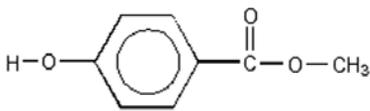
4.5. Halbstrukturformel für das Bienenwachsmolekül:



4.6. Natürlich vorkommende Wachse sind in der Regel keine Reinstoffe. Sie stellen Gemische aus verschiedenen Fettsäureester dar. Anstelle eines exakt definierten Schmelzpunktes – wie er nur für Reinstoffe angegeben werden kann – besitzen sie daher ein Erweichungsintervall, einen breiteren Schmelzbereich.

Arbeitsblatt 5: Konservierungsmittel

5.1. Strukturformel für den 4-Hydroxybenzoesäuremethylester:



5.2. PHB-Ester lösen überdurchschnittlich häufig Allergien aus.

5.3. Als Grundregel für das Lösungsverhalten von Stoffen gilt: „Similia similibus solvuntur“. („Gleiches löst Gleiches“ oder „Ähnliches löst sich in Ähnlichem!“)

Wasser als polare Substanz löst andere polare (hydrophile) Stoffe. Fette und Kohlenwasserstoffe (Benzin) als unpolare Substanzen sind geeignete Lösungsmittel für unpolare (lipophile, hydrophobe) Stoffe (griech lipos: Fett; hydor: Wasser; philos: Freund; phobos: Furcht). PHB-Ester besitzen am aromatischen Ring eine polare Hydroxylgruppe sowie die mäßig polare Estergruppe. Der Alkylrest (Methyl- CH_3 -, Ethyl- C_2H_5 -, Propyl- C_3H_7 -, Butyl- C_4H_9 -) als Kohlenwasserstoffgruppierung ist völlig unpolar.

Mit steigender Länge des Alkylrestes nimmt der unpolare Molekülteil daher zu. Er bestimmt damit das Lösungsverhalten. Mit wachsendem Alkylrest sinkt deshalb die Hydrophile (Wasserlöslichkeit) der Ester und die Lipophilie (Fettlöslichkeit) nimmt zu.

5.4. Konservierungsstoffe sind Zusätze zu (leicht verderblichen) Lebensmitteln, die das Wachstum von Mikroorganismen (Schimmelpilzen, Fäulnisbakterien) verzögern oder verhindern und die Lebensmittel dadurch länger genießbar machen.

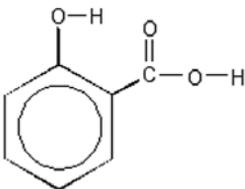
5.5. Die konservierende Wirkung von PHB-Estern beruht auf der Zerstörung der Zellmembran von Mikroorganismen sowie der Denaturierung von Eiweißen in deren Zellkernen. PHB-Ester sind wirksam gegen Hefen und Pilze, aber auch gegen Bakterien.

5.6. Carbonsäuren als Konservierungs- und Säuerungsmittel:

E 200 Sorbinsäure	(2,4-Hexadiensäure)	$\text{CH}_3\text{-CH=CH-CH=CH-COOH}$
E 210 Benzoessäure	(Benzolcarbonsäure)	$\text{C}_6\text{H}_5\text{-COOH}$
E 236 Ameisensäure	(Methansäure)	H-COOH
E 260 Essigsäure	(Ethansäure)	$\text{CH}_3\text{-COOH}$
E 270 Milchsäure	(2-Hydroxypropansäure)	$\text{CH}_3\text{-CH(OH)-COOH}$
E 280 Propionsäure	(Propansäure)	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}$
E 298 Apfelsäure	2-Hydroxybutandisäure	$\text{HOOC-CH}_2\text{-CH(OH)-COOH}$
E 330 Citronensäure		$\text{HOOC-CH}_2\text{-C(OH)(COOH)-CH}_2\text{-COOH}$
E 334 Weinsäure	2,3-Dihydroxybutandisäure	$\text{HOOC-CH(OH)-CH(OH)-COOH}$
E 355 Adipinsäure	(Hexandisäure)	$\text{HOOC-(CH}_2\text{)}_4\text{-COOH}$
E 363 Bernsteinsäure	(Butandisäure)	$\text{HOOC-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$

Arbeitsblatt 6: Arzneimittel

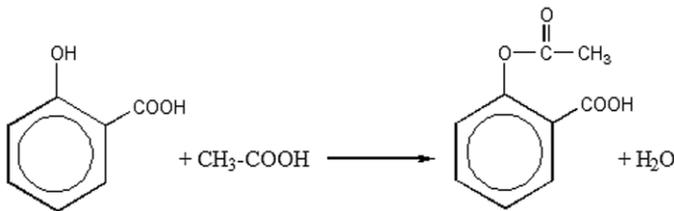
6.1. Strukturformel der Salicylsäure:



Summenformel: $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$

6.2. Salicylsäure schmeckt extrem bitter. Sie reizt zum Erbrechen und wirkt ätzend auf die Magen- und Darmschleimhäute, so dass es zu Blutungen und zur Bildung von Magengeschwüren kommen kann.

6.3. Reaktionsschema Aspirinsynthese:



6.4. Das Salicylsäuremolekül reagiert nicht als Säurekomponente mit seiner Carboxylgruppe, sondern als Alkanolkomponente mit seiner Hydroxylgruppe.

6.5. Aspirin® wirkt

- schmerzstillend,
- fiebersenkend und
- entzündungshemmend.

6.6. Aspirin® fördert die Durchblutung des Herzmuskels (über die Herzkranzgefäße) und beugt so Herzerkrankungen vor.

Aspirin® verhindert Thrombosen (Gefäßverschlüsse durch die Bildung von Blutpfropfen infolge von unerwünschter Blutgerinnung)

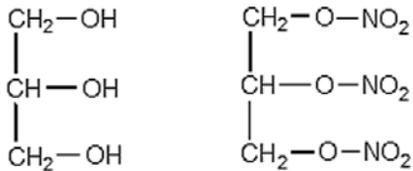
6.7. Aspirin® setzt die Gerinnungsfähigkeit des Blutes herab, es hat „blutverdünnende“ Wirkung. Bei Missbrauch besteht evtl. die Gefahr von Magenschmerzen oder Magenblutungen.

- Blutungen nach Verletzungen oder Operationen kommen weniger schnell zum Stillstand.

Arbeitsblatt 7: Explosivstoffe

7.1. Salpetersäure:	HNO_3	HO-NO_2
Schwefelsäure:	H_2SO_4	$(\text{HO})_2\text{-SO}_2$
Phosphorsäure:	H_3PO_4	$(\text{HO})_3\text{-PO}$

7.2.

Glycerin
(Propantriol)

Nitroglycerin

7.3. Reaktionsgleichung zur Synthese von Nitroglycerin:



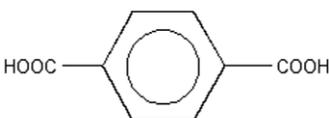
7.4. Der für die Redoxreaktion benötigte Sauerstoff ist in gebundener Form bereits im Nitroglycerinmolekül enthalten.

7.5. Als Explosionsgase können entstehen: Kohlenstoffdioxid, Kohlenstoffmonoxid, Stickstoff, Stickoxide und Wasserdampf

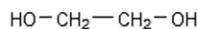
7.6. ALFRED NOBEL saugte das flüssige Nitroglycerin in porösem Kieselgur auf. Kieselgur (Diatomeenerde) ist eine weißliche, pulverförmige Substanz, die aus den Kieseläureschalen fossiler Kieselalgen besteht. Dadurch entstand ein fester, stoßempfindlicher, leicht zu transportierender und sicherer Sprengstoff, dem ALFRED NOBEL den Namen Dynamit gab.

Antworten Arbeitsblatt 8: Kunststoffe

8.1. Ausgangsstoffe der PET-Synthese (Monomere)

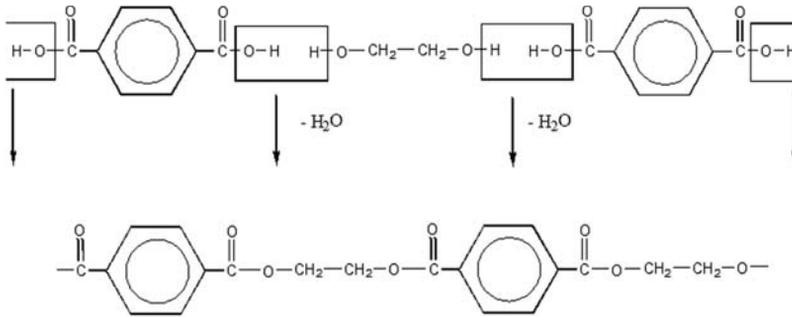


1,4-Benzoldicarbonsäure



1,2 Ethandiol

8.2. PET durch Polykondensation



8.3. Der Begriff „Makromoleküle“ für „Riesenmoleküle“ mit mehr als 1.000 Atomen wurde von HERMANN STAUDINGER (Nobelpreis 1953), dem „Vater der makromolekularen Chemie“, geprägt. Makromoleküle werden auch als Polymere bezeichnet (griech. polys: viele; meros: Teil). Die Bausteine, durch deren Verknüpfung sie entstehen, heißen entsprechend Monomere.

Kunststoffe sind synthetisch erzeugte makromolekulare Verbindungen. Unter den Biomolekülen besitzen Proteine, Nukleinsäuren und Polysaccharide (Cellulose, Amylose) langkettige Riesenmoleküle.

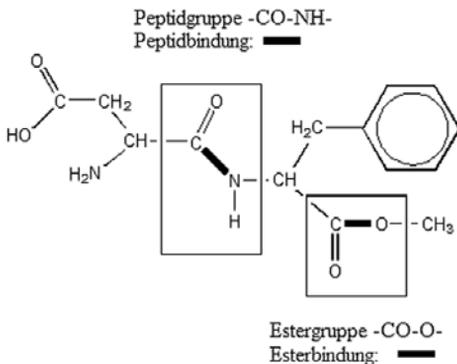
8.4. Thermoplaste sind Kunststoffe, die beim Erwärmen weich werden und sich dann ohne chemische Veränderung „schmelzen“ und als Werkstoffe plastisch verformen und verarbeiten lassen. Thermoplasten sind aus linearen Makromolekülen aufgebaut. Duroplasten hingegen sind harte und spröde Kunststoffe, die bei höheren Temperaturen zersetzt werden ohne zuvor zu erweichen. Sie sind aus engmaschig vernetzten Polymeren aufgebaut.

8.5. PET-Flaschen weisen eine hohe Schlagzähigkeit, Bruchfestigkeit und Formbeständigkeit auf – sie sind „unkaputtbar“. Für die Herstellung von Getränkeflaschen eignet sich PET außerdem besonders gut, da es farblos und sehr gut lichtdurchlässig ist. Zudem ist PET „lebensmittelunbedenklich“.

Als Textilfaser ist PET knitterfrei, reißfest und witterungsbeständig. PET nimmt nur sehr wenig Wasser auf. Damit sind PET-Fasern prädestiniert als Stoff für Sportkleidung, die schnell trocknen muss.

Arbeitsblatt 9: Süßungsmittel

9.1. Strukturformel Aspartam:



9.2.

Methanol CH_3OH
 Phenylalanin $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_2\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$
 Asparaginsäure $\text{HOOC-CH}_2\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$

9.3. Die Synthese ist eine Kondensationsreaktion, der Abbau erfolgt durch Hydrolyse.

9.4. Aspartam ist nicht hitzebeständig, denn Peptide denaturieren bei Hitzeeinwirkung. Die Aspartammoleküle werden beim Kochen oder Backen thermisch zersetzt.

9.5. Aspartam sollte nicht von Kindern aufgenommen werden, die an der Stoffwechselkrankheit Phenylketonurie (PKU) leiden, da diese Phenylalanin nicht abbauen können. Aufgrund eines Gendefekts reichert sich bei PKU-Kranken diese Aminosäure im Blut an und wird zu Phenylbrenztraubensäure umgewandelt. Diese Substanz schädigt das Gehirn. Unbehandelt führt PKU deshalb zu hochgradigem Schwachsinn. Kinder mit PKU müssen bis zum 15. Lebensjahr eine genau dosierte, phenylalaninarme Kost zu sich nehmen.

9.6. Die Aufnahme von 5-10 ml Methanol führt zum Erblinden (Schädigung der Sehnerven) und zu Gehirnschädigungen. 20-50 ml Methanol sind tödlich. Die Giftwirkung tritt erst nach 15-20 Stunden auf.

9.7. „Die beim Abbau (von Aspartam) entstehenden geringen Mengen an Methanol sind unbedenklich, damit kommt der Körper problemlos klar.“

Selbst beim Verzehr von Fruchtsäften entstehen im Stoffwechsel geringe Mengen Methanol. (Quelle: www.uni-berlin.de/www/software/hoax/aspartam.shtml)

9.8. Es ist heftig umstritten, wie giftig Aspartam ist. Die Liste möglicher Nebenwirkungen ist sehr lang. In manchen Quellen wird Aspartam für eine Vielzahl von Krankheiten (Hirntumore, Multiple Sklerose, Allergien) verantwortlich gemacht.

Literatur:

Themenbereich „Chemie im Alltag“ (Vom Leben auf Molekülbasis)

- Joe Schwarcz; Warum krümeln Kekse?; rororo science Nr. 61579
- Joe Schwarcz; Der Geist aus der Flasche; rororo science Nr. 61441
- Joe Schwarcz; Meerjungfrauen, Schwarzlicht und andere optische Aufheller; rororo science Nr. 61420

Themenbereich „Organische Stoffklassen“

- Gerald Kiefer; Organische Stoffklassen, Natur-, Kunst- und Farbstoffe; Kompakt-Wissen Abitur Chemie; Stark-Verlag Nr. 947309
- Gerald Kiefer u. Peter Schmider; Stoffklassen organischer Verbindungen; Abitur-Wissen Chemie; Stark-Verlag Nr. 947304