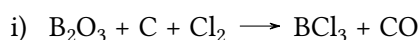
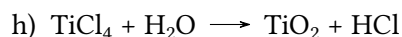
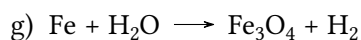
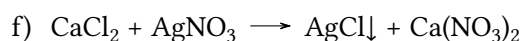
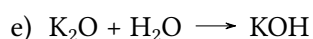
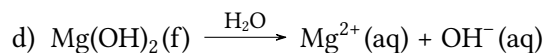
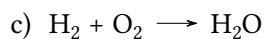
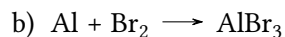
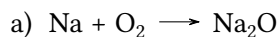


# Chemie Querbeet – Klasse 10/11

## Übungen

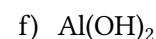
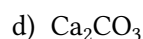
### 1. Reaktionsgleichungen

Vervollständigen Sie die folgenden Reaktionsgleichungen.



### 2. Summenformeln

Korrigieren Sie folgende Summenformeln. Benennen Sie die Substanz.



### 3. Methanol-Metabolismus

Der Körper baut Methanol ab, indem er es oxidiert. Dabei entsteht zunächst giftiges Formaldehyd (= Methanal) und in einem weiteren Schritt die hochgiftige Ameisensäure.

- Geben Sie die Strukturformeln von Methanol, Formaldehyd und Ameisensäure an. Wie lautet der systematische Name der Ameisensäure?
- Geben Sie eine Reaktionsgleichung für die Dehydrierung (= Entzug von Wasserstoff) von Methanol zu Methanal an.
- Geben Sie eine Reaktionsgleichung für die Oxidation von Methanol zu Ameisensäure an.



- Ca. 50 g<sup>1</sup> Ameisensäure sind tödlich. Wieviel Gramm Methanol muss man dafür zu sich nehmen?
- 1 mL Methanol wiegt 0.79 g. Wieviel mL Methanol sind tödlich? Ein Viertel dieser Menge kann bereits zur Erblindung führen.

<sup>1</sup>Wert bezieht sich auf einen 70 kg schweren Menschen. Die LD<sub>50</sub> beträgt 730 mg/kg, getestet an Ratten.

#### 4. Ester I

Eines der Aromen der Ananas ist Butansäureethylester.

- a) Aus welchen beiden Stoffen könnte man diesen Ester im Labor herstellen?      b) Geben Sie die Strukturformeln der Ausgangsstoffe und des Esters an.

#### 5. Ester II

Als Rumaroma wird Methansäureethylester verwendet.

- a) Geben Sie die Reaktionsgleichung für die Herstellung des Esters an.  
b) Wieviel Gramm Ethanol benötigt man zur Herstellung von 500 g dieses Esters? Wieviel g Methansäure werden gebraucht?

#### 6. Wasserstoffdarstellung

Wenn man im Labor kleine Mengen Wasserstoff benötigt, setzt man ein Metall mit Säure um und fängt das entstehende Gas auf.

- a) Geben Sie eine Reaktionsgleichung für die Reaktion von Schwefelsäure mit Zink an.  
b) Wenn man 100 g konzentrierte (= 98 %-ige) Schwefelsäure mit einem Überschuß Zink versetzt, wird die Schwefelsäure nahezu vollständig reagieren. Wieviel Liter Wasserstoff entstehen dabei?

Hinweis: 1 mol entspricht 22.4 L (bei 0 °C und 1 atm).

#### 7. Neutralisation

Die Reaktion einer Säure mit einer Lauge nennt man Neutralisation.

- a) Geben Sie die Neutralisationsreaktion von Essigsäure mit Natriumhydroxid an.  
b) Wieviel g Chlorwasserstoff benötigt man zur Neutralisation von 120 g Natriumhydroxid?  
c) In Wasser gelöstes Chlorwasserstoffgas nennt man Salzsäure. Konzentrierte Salzsäure enthält etwa 38 % Chlorwasserstoff. Wieviel mL Salzsäure benötigt man für b, wenn 1 mL Salzsäure etwa 1.2 g wiegt, wenn also die Dichte  $\rho = 1.2 \text{ g/mL}$  beträgt?

#### 8. Verbrennungsreaktion

Stellen Sie die Reaktionsgleichungen für die vollständige Verbrennung folgender Stoffe auf:

- a) Cyclohexan      b) Toluol ( $\text{C}_7\text{H}_8$ )      c) Octan      d) Propan  
e) Thiophen ( $\text{C}_4\text{H}_4\text{S}$ )      f) Pyridin ( $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ )      g) Anilin ( $\text{C}_6\text{H}_7\text{N}$ )      h) Butandisäure

**9. Oxidation von Alkoholen**

Versetzt man gelbes Chromat, das Cr(VI) enthält, mit Alkohol, wird das Chrom zu grünem Cr(III) reduziert. Diese Reaktion verwendete man früher in den „Pusteröhrchen“ der Polizei zur Alkoholkontrolle.



- Was entsteht bei dieser Reaktion aus dem Trinkalkohol (= Ethanol)?
- Wieso würde diese Reaktion mit *tert*-Butanol (= 1,1-Dimethylethanol) nicht funktionieren?
- Was würde aus Isopropanol (= Propan-2-ol) entstehen?

**10. Bindungen I**

Entscheiden Sie, ob bei den folgenden Bindungen eine Elektronenpaarbindung oder eine ionische Bindung vorliegt. Benennen Sie die Stoffe. Sortieren Sie die Stoffe mit Elektronenpaarbindung nach steigender Polarität.

- a) NaCl    b) HCl    c) H<sub>2</sub>O    d) K<sub>2</sub>O    e) CaH<sub>2</sub>    f) BH<sub>3</sub>    g) NH<sub>3</sub>    h) MgBr<sub>2</sub>

**11. Bindungen II**

Welche Arten chemischer Bindung kennen Sie (drei intramolekulare,<sup>2</sup> drei intermolekulare<sup>3</sup>)? Beschreiben Sie sie und geben Sie jeweils ein Beispiel an.

**12. Bindungen III**

Bindungen in der organischen Chemie.

- Erläutern Sie die Begriffe Einfachbindung, Doppelbindung und Dreifachbindung. Ordnen Sie sie den gesättigten und ungesättigten Kohlenwasserstoffen zu.
- Um welche Bindungsart handelt es sich bei den C–C-Einfach- und den C–C-Mehrfachbindungen? Begründen Sie.

**13. Säuren, Basen und Salze I**

Benennen Sie folgende Salze und ordnen Sie ihnen die Säure zu, aus denen sie sich darstellen lassen. Geben Sie die Säure mit Namen und Summenformel an. Geben Sie für drei Salze Ihrer Wahl je drei Darstellungsmethoden mit Reaktionsgleichung an.

- a) Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>    b) CaCO<sub>3</sub>    c) K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>    d) NaNO<sub>3</sub>    e) LiCl    f) Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>    g) CaS    h) KNO<sub>2</sub>

---

<sup>2</sup>innerhalb von Molekülen

<sup>3</sup>zwischen Molekülen

**14. Säuren, Basen und Salze II**

Stellen Sie die Dissoziationsgleichungen für folgende Stoffe auf:

- a) Salzsäure                      b) Schwefelsäure                      c) Natriumhydroxid                      d) Magnesiumsulfat  
e) Kaliumchlorid                      f) Natriumsulfat

**15. Strukturformeln I**

Geben Sie die Strukturformeln folgender Stoffe an:

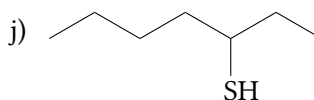
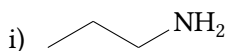
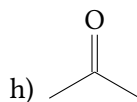
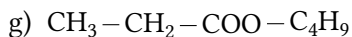
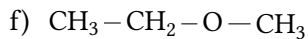
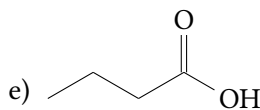
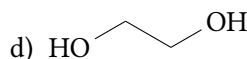
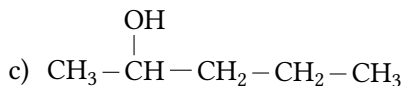
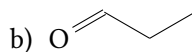
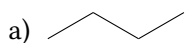
- a) Hexan                      b) 3-Methylpentan                      c) 2-Chlorheptan                      d) 2,3,3-Tribromoctan

**16. Strukturformeln II**

Geben Sie die Strukturformeln aller isomeren Pentanole<sup>4</sup> an. Benennen Sie sie mit ihrem systematischen Namen und teilen Sie die Isomere in primäre, sekundäre und tertiäre Alkohole ein.

**17. Strukturformeln III – Nomenklatur**

Geben Sie die systematischen Namen<sup>5</sup> – gegebenenfalls auch den Trivialnamen – der folgenden Verbindungen an.

**18. Organische Reaktionen**

Entscheiden Sie, welches der folgenden Gemische reagieren kann. Geben Sie gegebenenfalls die Reaktionsgleichung und den Reaktionstyp an:

- a) Butan/Wasserstoff                      b) 2-Buten/Chlor                      c) Butan/Chlor  
d) 1-Buten/Chlorwasserstoff                      e) 2-Butin/Wasserstoff                      f) 1-Butin/1-Butin

<sup>4</sup>Ohne Beachten der R/S-Isomerie.

<sup>5</sup>Ohne Beachten der absoluten Konfiguration (R/S-Nomenklatur)

**19. Siedepunkte und Struktur**

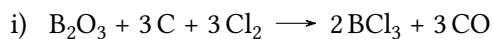
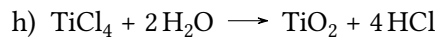
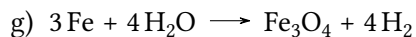
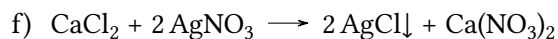
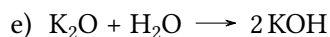
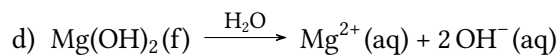
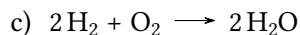
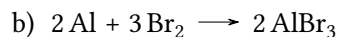
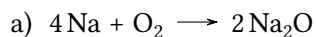
Ordnen Sie folgende Siedepunkte den Verbindungen Ethanal, Ethansäure, Ethanol, Propan und Propansäure zu:

78 °C, 97 °C, -42 °C, 20 °C, 118 °C

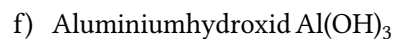
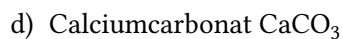
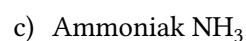
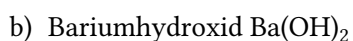
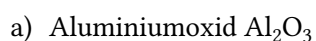
Begründen Sie Ihre Entscheidung.

## Lösungen

### 1. Reaktionsgleichungen

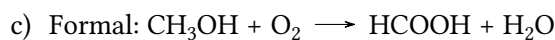
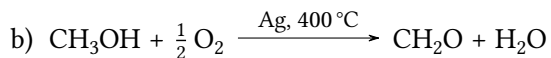
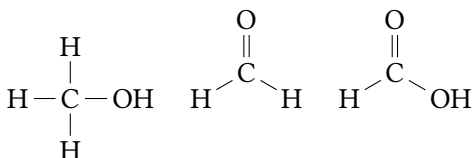


### 2. Summenformeln



### 3. Methanol-Metabolismus

a) Der Reihe nach: Methanol, Formaldehyd (Methanal) und Ameisensäure (Methansäure)



d)

$$n(\text{HCOOH}) = \frac{m}{M} = \frac{50\text{ g}}{46\text{ g/mol}} = 1.09\text{ mol}$$

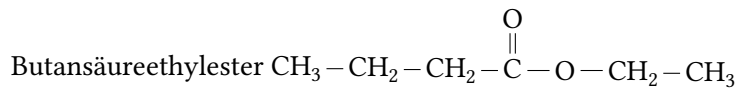
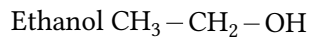
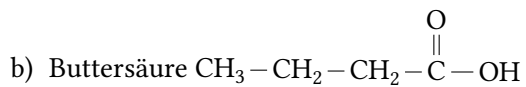
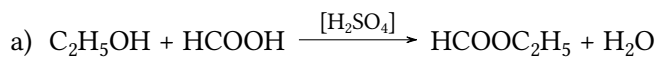
$$m(\text{CH}_3\text{OH}) = n \cdot M = 1.09\text{ mol} \cdot 32\text{ g/mol} = 34.9\text{ g}$$

e)

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{34.9\text{ g}}{0.79\text{ g/cm}^3} = 44.2\text{ mL}$$

**4. Ester I**

a) Buttersäure und Ethanol (konz. Schwefelsäure als Katalysator)

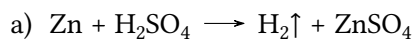
**5. Ester II**

b)

$$n(\text{Ester}) = \frac{m}{M} = \frac{500 \text{ g}}{74.09 \text{ g/mol}} = 6.75 \text{ mol}$$

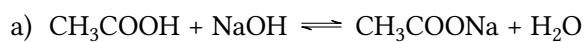
$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = n \cdot M = 6.75 \text{ mol} \cdot 46.08 \text{ g/mol} = 311.0 \text{ g}$$

$$m(\text{HCOOH}) = n \cdot M = 6.75 \text{ mol} \cdot 46.03 \text{ g/mol} = 310.7 \text{ g}$$

**6. Wasserstoffdarstellung**

b)

$$n = \frac{100 \text{ g} \cdot 0.98}{98 \text{ g/mol}} = 1.0 \text{ mol} \quad \Rightarrow \quad V = 22.4 \text{ L}$$

**7. Neutralisation**

b)

$$n(\text{NaOH}) = \frac{m}{M} = \frac{120 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 3.0 \text{ mol}$$

$$m(\text{HCl}) = n \cdot M = 3.0 \text{ mol} \cdot 36.45 \text{ g/mol} = 109.4 \text{ g}$$

c)

$$V = \frac{m}{\rho \cdot 0.38} = \frac{109.4 \text{ g}}{1.2 \text{ g/mL} \cdot 0.38} = 240 \text{ mL}$$

## 8. Verbrennungsreaktion

Verbrennung ist die Reaktion mit Sauerstoff. Dabei entstehen bei vollständiger Verbrennung hauptsächlich  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$ .

- a)  $\text{C}_6\text{H}_{12} + 9 \text{O}_2 \longrightarrow 6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$
- b)  $\text{C}_7\text{H}_8 + 9 \text{O}_2 \longrightarrow 7 \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$
- c)  $2 \text{C}_8\text{H}_{18} + 25 \text{O}_2 \longrightarrow 16 \text{CO}_2 + 18 \text{H}_2\text{O}$
- d)  $\text{C}_3\text{H}_8 + 7 \text{O}_2 \longrightarrow 3 \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$
- e)  $\text{C}_4\text{H}_4\text{S} + 6 \text{O}_2 \longrightarrow 4 \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$
- f)  $4 \text{C}_5\text{H}_5\text{N} + 29 \text{O}_2 \longrightarrow 20 \text{CO}_2 + 10 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{NO}_2$
- g)  $4 \text{C}_6\text{H}_7\text{N} + 35 \text{O}_2 \longrightarrow 24 \text{CO}_2 + 14 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{NO}_2$
- h)  $2 \text{C}_4\text{H}_6\text{O}_4 + 7 \text{O}_2 \longrightarrow 8 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$

## 9. Oxidation von Alkoholen

- a) Im ersten Schritt wird Ethanol zu Acetaldehyd (Ethanal) oxidiert, das schließlich zu Essigsäure (Ethansäure) oxidiert wird.
- b) *tert*-Butanol ( $t\text{BuOH}$ ) hat kein  $\alpha$ -H-Atom und lässt sich daher nicht dehydrieren.
- c) Isopropanol würde zu Aceton (Propanon) oxidiert, das nicht weiter oxidiert werden kann, ohne dass die Struktur zerstört würde.

## 10. Bindungen I

Es gilt als Faustregel: Bindungen mit  $\Delta EN > 1.7$  sind ionisch, sonst sind es Elektronenpaarbindungen. Weitere Faustregel: Metalle reagieren mit Nichtmetallen zu Ionenverbindungen, Nichtmetalle mit Nichtmetallen zu Elektronenpaarbindungen.

- a) NaCl: ionische Bindung  $\Delta EN = 1.8$
- b) HCl: Elektronenpaarbindung  $\Delta EN = 0.6$
- c)  $\text{H}_2\text{O}$ : Elektronenpaarbindung  $\Delta EN = 1.3$
- d)  $\text{K}_2\text{O}$ : ionische Bindung  $\Delta EN = 2.6$
- e)  $\text{CaH}_2$ : ionische Bindung  $\Delta EN = 1.2$  (Faustregel greift nicht, hier gilt: Metall-Nichtmetall  $\Rightarrow$  Salz)
- f)  $\text{BH}_3$ : Elektronenpaarbindung  $\Delta EN = 0.2$
- g)  $\text{NH}_3$ : Elektronenpaarbindung  $\Delta EN = 0.9$
- h)  $\text{MgBr}_2$ : ionische Bindung  $\Delta EN = 1.5$  (Faustregel greift nicht, hier gilt: Metall-Nichtmetall  $\Rightarrow$  Salz)

Moleküle sortiert nach steigender Polarität:  $\text{BH}_3 < \text{HCl} < \text{NH}_3 < \text{H}_2\text{O}$ .



**11. Bindungen II**

- intramolekulare Bindungen
  - Elektronenpaarbindung: gerichtete lokalisierte Bindung zwischen zwei Atomen, Atome bilden Moleküle; Beispiel: HCl.
  - Ionenbindung: ungerichtete Bindung durch elektrostatische Anziehung, Atome im Kristallgitter angeordnet; Beispiel: KBr.
  - metallische Bindung: Metallatome bilden Kugelpackung, Elektronen delokalisiert; Beispiel: Fe.
- intermolekulare Bindungen
  - Van-der-Waals-Bindungen: induzierte Dipole, Anziehung zwischen unpolaren Stoffen; Beispiel: CH<sub>4</sub>.
  - Dipol-Dipol-Wechselwirkungen: permanente Dipole; Beispiel: H<sub>2</sub>S.
  - Wasserstoff-Brücken-Bindungen: der starke Dipol zwischen der O–H- oder N–H-Bindung und einem elektronegativen Atom, in der Regel O; Beispiel: H<sub>2</sub>O.

**12. Bindungen III**

- a) Einfachbindung: eine kovalente Bindung zwischen zwei Atomen; gesättigte Kohlenwasserstoffe (eine  $\sigma$ -Bindung).  
 Doppelbindung: zwei kovalente Bindungen zwischen denselben Atomen; ungesättigte Kohlenwasserstoffe (eine  $\sigma$ -Bindung und eine  $\pi$ -Bindung).  
 Dreifachbindung: drei kovalente Bindungen zwischen denselben Atomen; ungesättigte Kohlenwasserstoffe (eine  $\sigma$ -Bindung und zwei  $\pi$ -Bindungen).
- b) Elektronenpaarbindungen, eine  $\sigma$ -Bindung, zusätzliche Bindungen sind  $\pi$ -Bindungen.

**13. Säuren, Basen und Salze I**

- a) Natriumsulfat, Salz der Schwefelsäure H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.  
 Bildungs-Methode Metall und Säure:  $2 \text{Na} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\uparrow$ .  
 Bildungs-Methode Metallhydroxid und Säure:  $2 \text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{SO}_4$ .  
 Bildungs-Methode Metalloxid und Säure:  $\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ .
- b) Calciumcarbonat, Salz der Kohlensäure H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.  
 Bildungsmethode Metall und Säure:  $\text{Ca} + \text{H}_2\text{CO}_3 \longrightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\uparrow$ .  
 Bildungsmethode Metallhydroxid und Säure:  $\text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2\text{CO}_3 \longrightarrow \text{CaCO}_3 + 2 \text{H}_2\text{O}$ .  
 Bildungsmethode Metalloxid und Säure:  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{CO}_3 \longrightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .
- c) Kaliumphosphat, Salz der Phosphorsäure H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>.  
 Bildungsmethode Metall und Säure:  $6 \text{K} + 2 \text{H}_3\text{PO}_4 \longrightarrow 2 \text{K}_2\text{PO}_4 + 3 \text{H}_2\uparrow$ .  
 Bildungsmethode Metallhydroxid und Säure:  $3 \text{KOH} + \text{H}_3\text{PO}_4 \longrightarrow \text{K}_3\text{PO}_4 + 3 \text{H}_2\text{O}$ .  
 Bildungsmethode Metalloxid und Säure:  $3 \text{K}_2\text{O} + 2 \text{H}_3\text{PO}_4 \longrightarrow 2 \text{K}_3\text{PO}_4 + 3 \text{H}_2\text{O}$ .
- d) Natriumnitrat, Salz der Salpetersäure HNO<sub>3</sub>.  
 Bildungsmethode Metall und Säure:  $2 \text{Na} + 2 \text{HNO}_3 \longrightarrow 2 \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\uparrow$ .  
 Bildungsmethode Metallhydroxid und Säure:  $\text{NaOH} + \text{HNO}_3 \longrightarrow \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .  
 Bildungsmethode Metalloxid und Säure:  $\text{Na}_2\text{O} + 2 \text{HNO}_3 \longrightarrow 2 \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .

e) Lithiumchlorid, Salz der Salzsäure HCl.

Bildungsmethode Metall und Säure:  $2\text{Li} + 2\text{HCl} \longrightarrow 2\text{LiCl} + \text{H}_2\uparrow$ .

Bildungsmethode Metallhydroxid und Säure:  $\text{LiOH} + \text{HCl} \longrightarrow \text{LiCl} + \text{H}_2\text{O}$ .

Bildungsmethode Metalloxid und Säure:  $\text{Li}_2\text{O} + 2\text{HCl} \longrightarrow 2\text{LiCl} + \text{H}_2\text{O}$ .

f) Natriumsulfit, Salz der schwefligen Säure  $\text{H}_2\text{SO}_3$ .

Bildungsmethode Metall und Säure:  $2\text{Na} + \text{H}_2\text{SO}_3 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\uparrow$ .

Bildungsmethode Metallhydroxid und Säure:  $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_3 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ .

Bildungsmethode Metalloxid und Säure:  $\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_3 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .

g) Calciumsulfid, Salz der Schwefelwasserstoffsäure  $\text{H}_2\text{S}$ .

Bildungsmethode Metall und Säure:  $\text{Ca} + \text{H}_2\text{S} \longrightarrow \text{CaS} + \text{H}_2\uparrow$ .

Bildungsmethode Metallhydroxid und Säure:  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{S} \longrightarrow \text{CaS} + 2\text{H}_2\text{O}$ .

Bildungsmethode Metalloxid und Säure:  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{S} \longrightarrow \text{CaS} + \text{H}_2\text{O}$ .

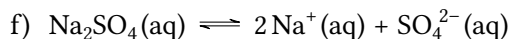
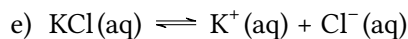
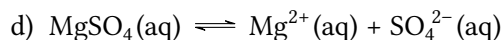
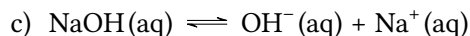
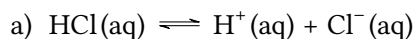
h) Kaliumnitrit, Salz der salpetrigen Säure  $\text{HNO}_2$ .

Bildungsmethode Metall und Säure:  $2\text{K} + 2\text{HNO}_2 \longrightarrow 2\text{KNO}_2 + \text{H}_2\uparrow$ .

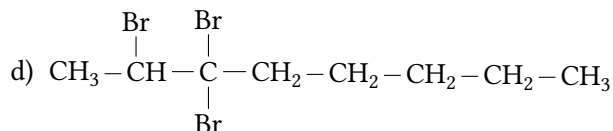
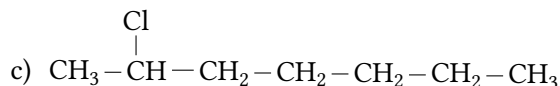
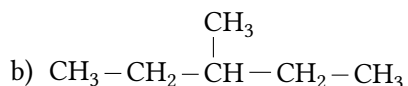
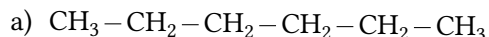
Bildungsmethode Metallhydroxid und Säure:  $\text{KOH} + \text{HNO}_2 \longrightarrow \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

Bildungsmethode Metalloxid und Säure:  $\text{K}_2\text{O} + 2\text{HNO}_2 \longrightarrow 2\text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

#### 14. Säuren, Basen und Salze II

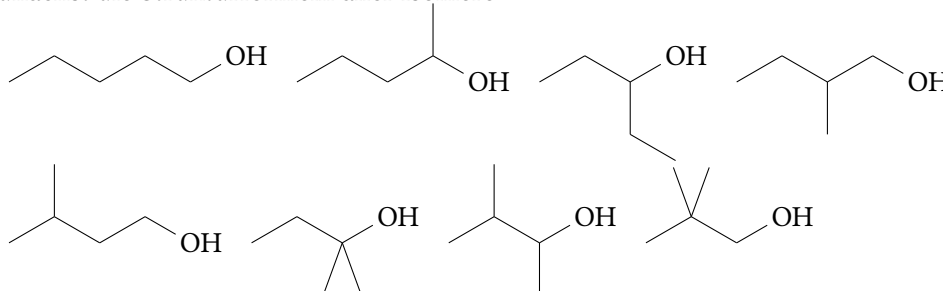


#### 15. Strukturformeln I



**16. Strukturformeln II**

Zunächst die Strukturformeln aller Isomere:



Nun der Reihe nach die Namen und die Klassifizierung in primär, sekundär und tertiär:

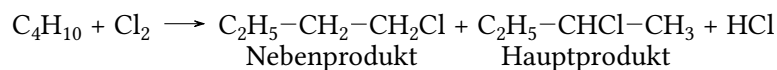
1-Pentanol (primär); 2-Pentanol (sekundär); 3-Pentanol (sekundär); 2-Methyl-1-butanol (primär); 3-Methyl-1-butanol (primär); 2-Methyl-2-butanol (tertiär); 3-Methyl-2-butanol (sekundär); 2,2-Dimethylpropanol (primär);

**17. Strukturformeln III - Nomenklatur**

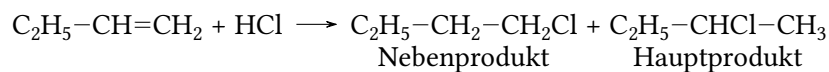
- |                          |                              |                     |
|--------------------------|------------------------------|---------------------|
| a) 2-Methylbutan         | b) Propanal (Propionaldehyd) | c) Pentan-2-ol      |
| d) Ethandiol (Glykol)    | e) Butansäure (Buttersäure)  | f) Ethylmethylether |
| g) Propansäurebutylester | h) Propanon (Aceton)         | i) 1-Aminopropan    |
| j) Heptan-3-thiol        |                              |                     |

**18. Organische Reaktionen**

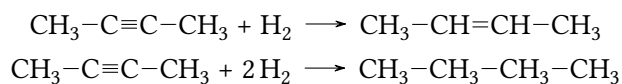
- a) keine Reaktion
- b) Addition:  $\text{CH}_3\text{--CH=CH--CH}_3 + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{CH}_3\text{--CHCl--CHCl--CH}_3$
- c) (radikalische) Substitution:



- d) Addition:



- e) Addition:



### 19. Siedepunkte und Struktur

- $-42\text{ }^{\circ}\text{C}$ : Propan (kurzes unpolares Molekül, nur v.d.W.-Kräfte);
- $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ : Ethanal (Carbonylgruppe ist polar, Dipol-Dipol-Wechselwirkungen);
- $78\text{ }^{\circ}\text{C}$ : Ethanol (Hydroxy-Gruppe kann H-Brücken bilden);
- $97\text{ }^{\circ}\text{C}$ : Ethansäure (Carboxy-Gruppe ist polar, kann H-Brücken bilden, Dimerisierung möglich);
- $118\text{ }^{\circ}\text{C}$ : Propansäure (Carboxy-Gruppe ist polar, kann H-Brücken bilden, Dimerisierung möglich, Molekül größer als Ethansäure);