

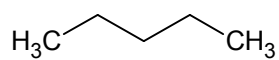
Wiederholungsfragen zur organischen Chemie

- Schreiben Sie die Strukturformeln von Pentan, 2-Penten und 2-Pentin auf.
 - Notieren Sie jeweils die Reaktionsgleichungen für die vollständige Verbrennung dieser Verbindungen.
 - Wie lässt sich der ungesättigte Charakter der entsprechenden Verbindungen nachweisen? Formulieren Sie in Stichworten die praktische Vorgehensweise, notieren Sie die Reaktionsgleichung und ordnen Sie der Reaktion einen Reaktionstyp zu.
- Bei der Verbrennungsanalyse von 0,133 g einer Verbindung, die außer Kohlenstoff und Wasserstoff noch Stickstoff enthält, ermittelte man 0,195 g CO₂ und 0,160 g H₂O. Berechnen Sie die Verhältnisformel.
- Bei der Elementaranalyse eines Alkohols wurden 0,156 g eingewogen. Die Verbrennung lieferte 0,294 g CO₂ und 0,188 g H₂O.
 - Berechnen Sie die Summenformel des Alkohols.
 - Formulieren Sie die Verbrennungsreaktion des Alkohols.
- Toluen (früher Toluol genannt) wird zu Benzoesäure oxidiert.
 - Notieren sie die Strukturformeln von Ausgangsstoff und Endprodukt.
 - Welche Masse Benzoesäure entsteht bei der Oxidation von 60 g technischem Toluol mit einem Massenanteil an Verunreinigungen von $w(\text{Verunreinigung}) = 1,5\%$, wenn die Ausbeute der Reaktion bei 90% liegt?
- Erklären Sie anhand von Reaktionsgleichungen wie folgende Stoffgruppen synthetisiert werden können:
 - Alkanale
 - Alkanole
 - Alkanone
- Erklären Sie folgende Begriffe anhand eines Beispiels (mit Reaktionsgleichung)
 - Dehydrierung
 - nucleophile Substitution
 - Hydratisierung
 - Addition
 - Dehydratisierung
 - elektrophile Substitution
- Erklären Sie, welche Eigenschaften ein (gutes) Nucleophil besitzen muss.
- Wie viel Doppelbindungen enthält eine ungesättigte organische Verbindung mit der Molaren Masse $M = 74 \text{ g/mol}$, wenn bei der katalytischen Hydrierung für 0,571 g der Substanz 342 mL Wasserstoff mit der Temperatur $\theta = 25 \text{ °C}$ und dem Druck $p = 1013 \text{ hPa}$ verbraucht werden? $V_m(\text{H}_2) = 22,4 \text{ L/mol}$?
- Notieren Sie Strukturformeln und systematische Namen organischer Verbindungen mit 5 C-Atomen aus folgenden Stoffklassen: Sekundäre Alkanole, Alkanone, Polyene, Alkansäure, Dialkansäuren.
- Methanol wird durch katalytische Hydrierung von Kohlenstoffmonooxid gewonnen.
 - Formulieren Sie die Reaktionsgleichung in Strukturformeln.
 - Bei der Reaktion werden 10 g Kohlenstoffmonooxid und ein Überschuss an Wasserstoffgas umgesetzt. Formulieren sie die Masse des theoretisch entstehenden Methanols $m(\text{CH}_3\text{OH})$.
 - Welches hypothetische Zwischenprodukt ist zu erwarten, wenn man $n(\text{CO})$ zu $n(\text{H}_2)$ im Stoffmengenverhältnis 1:1 umsetzen würde? Formulieren Sie die Reaktionsgleichung und geben Sie den systematischen Namen an. Schlagen Sie eine Nachweismöglichkeit vor.
- Notieren Sie zwei Nachweismethoden für Alkanale (incl. Reaktionsgleichungen).
- Obwohl sie alle aus 2 C-Atomen aufgebaut sind, ist Ethan gasförmig, Ethanol flüssig und Ethansäure ein Feststoff (Smp. 16 °C). Erklären Sie die Unterschied ein den Aggregatzustände.

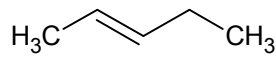
Lösungen (ohne Gewähr)

Aufgabe 1 (Schwierigkeitsgrad: einfach)

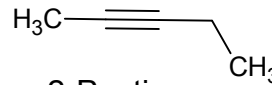
a) Achtung : hier sind nur die Halbstrukturformeln in Kurzschreibweise wiedergegeben, keine Strukturformeln.



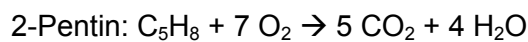
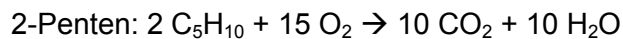
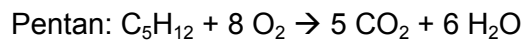
Pentan



2-Penten



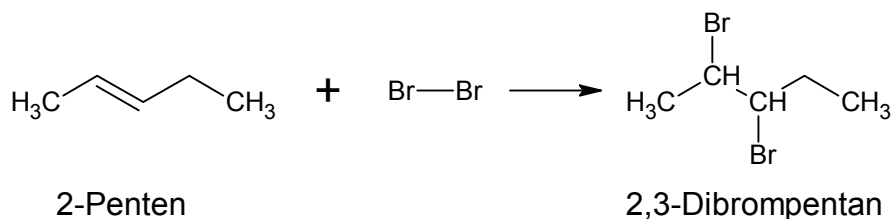
2-Pentin



b) Addition von Halogenen an Doppelbindungen.

Gibt man z.B. Brom-Lösung zu Penten oder Pentin, findet innerhalb weniger Sekunden eine Entfärbung statt, mit Pentan verläuft die Entfärbung wesentlich langsamer und nur in Anwesenheit von Licht.

Es handelt sich um eine (elektrophile) Addition:



Beispiel 2-Penten:

Aufgabe 2 (Schwierigkeitsgrad: mittelschwer und zeitaufwendig, aber lehrreich)

Lösungsstrategie

- Wir gehen von der Verhältnisformel $C_xH_yN_z$ aus. Zuerst stellen wir eine allgemein gültige Reaktionsgleichung für die Verbrennung auf.
- Dann rechnen wir aus welche Stoffmenge H_2O und CO_2 entstanden sind. Wie können weiterhin ausrechnen welche Massen $m(C)$ und $m(N)$ in der Reaktionsgleichung vorhanden sind.
- Anhand der Koeffizientenverhältnisses der Reaktionsgleichung können wir y und x der Verhältnisformel berechnen.
- Um z zu berechnen, müsse wir zuerst ausrechnen welche Masse in der Verbindung auf Stickstoff entfällt $m(N)$. Dies ist einfach, da wir die Masse der Verbindung kennen, und $m(C)$ und $m(H)$ von uns berechnet wurden (siehe 2.)
- z berechnen sich aus $m(N)$ und $M(N)$.

Zu 1: $C_xH_yN_z + \left(x + \frac{y}{2}\right) O_2 \rightarrow x CO_2 + \frac{y}{2} H_2O + \frac{z}{2} N_2$. \Rightarrow Die Stoffmenge an CO_2 entspricht x , die doppelte Stoffmenge an H_2O entspricht y .

Wir gehen davon aus, dass bei dieser Verbrennung nur N_2 anfällt. In der Realität fallen jedoch häufig auch Stickoxide an.

Zu 2: Ermittlung der entstandenen Stoffmengen und der darin enthaltenen Massen H und C

$$n(H_2O) = \frac{m(H_2O)}{M(H_2O)} \Rightarrow n(H_2O) = \frac{0,160 \text{ g}}{18,015 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,008881 \text{ mol}$$

Darin enthaltene Masse $m(H)$

$$m(H) = n(H_2O) \cdot 2 \cdot M(H) = 0,008881 \text{ mol} \cdot 2 \cdot 1,0079 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 0,0179 \text{ g}$$

$$n(CO_1) = \frac{m(CO_2)}{M(CO_2)} \Rightarrow n(CO_2) = \frac{0,195 \text{ g}}{44,010 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,004431 \text{ mol}$$

Darin enthaltene Masse $m(C)$

$$m(C) = n(CO_2) \cdot M(C) = 0,004431 \text{ mol} \cdot 12,0110 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 0,0532 \text{ g}$$

Zu 3:

y entspricht der doppelten Stoffmenge des entstandenen H_2O : $y = 2 \cdot 0,008881 \text{ mol} = 0,017762$

x entspricht der Stoffmenge des entstandenen CO_2 . $x = 0,004431$

Zu 4: Rückschluss auf die enthaltene Masse $m(N)$

Die Masse der Verbindung setzt sich zusammen aus:

$$\begin{aligned} m(C_xH_yN_z) &= m(C) + m(H) + m(N) \Rightarrow \\ m(N) &= m(C_xH_yN_z) - m(C) - m(H) = \\ &= 0,133 \text{ g} - 0,0532 \text{ g} - 0,0179 \text{ g} \\ &= 0,0619 \end{aligned}$$

$$\text{Zu 5: } z = \frac{m(N)}{M(N)} = \frac{0,0619 \text{ g}}{14,0067 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,004419$$

Zu 6:

Die Verbindung hat die Verhältnisformel: $C_{0,004431}H_{0,008862}N_{0,004419}$

Durch Teilung durch den kleinsten gemeinsamen Nenner (0,004419) erhält man:

$C_{1,002}H_{2,005}N_{1,000}$ oder gerundet: CH_2N .

Es könnte sich z.B. um die Verbindung Formazin (CH_2N)₂ handeln: $H_2C=N-N=CH_2$.

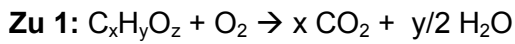
Aufgabe 3

Lösungsstrategie zum Berechnen von x, y und z in $C_xH_yO_z$

1. Aufstellen der Reaktionsgleichung
2. Berechnung der Massen $m(C)$, $m(H)$, und $m(O)$

3. Berechnung der Stoffmengen $n(C)$, $n(H)$ und $n(O)$

4. Ermittlung der Verhältnisformel



Zu 2:

$$m(C) = \frac{M(C)}{M(CO_2)} \cdot m(CO_2) = \frac{12,011 \frac{g}{mol}}{44,010 \frac{g}{mol}} \cdot 0,294g = 0,0802g$$

$$m(H) = \frac{M(H)}{M(H_2O)} \cdot m(H_2O) = \frac{2,0156 \frac{g}{mol}}{18,0153 \frac{g}{mol}} \cdot 0,188g = 0,0210g$$

$$m(O) = m(C_xH_yO_z) - m(H) - m(C) = 0,156g - 0,0210g - 0,0802g = 0,0548g$$

Zu 3:

$$n(C) = \frac{m(C)}{M(C)} = \frac{0,0802g}{12,011 \frac{g}{mol}} = 0,00668mol$$

$$n(H) = \frac{m(H)}{M(H)} = \frac{0,0210g}{1,0079 \frac{g}{mol}} = 0,0208mol$$

$$n(O) = \frac{m(O)}{M(O)} = \frac{0,0548g}{15,994 \frac{g}{mol}} = 0,00343mol$$

Zu 4:

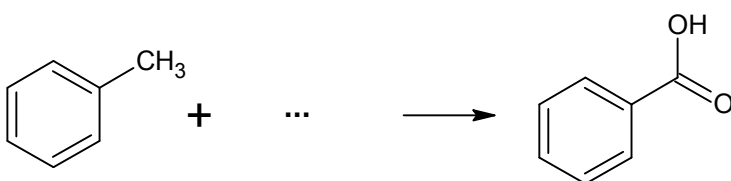


Teilen durch kleinste Zahl (0,00343)



Aufgabe 4

a)



b)

$$w(\text{Toluen}) = 1 - 0,015 = 0,985$$

$$m(\text{Toluen}_{\text{rein}}) = 0,985 \times m(\text{Toluen}_{\text{unrein}}) = 59,1\text{g}$$

$$n(\text{Toluen}) = \frac{m(\text{Toluen}_{\text{rein}})}{M(\text{Toluen})} = \frac{59,1\text{g}}{92,14 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,641\text{mol}$$

$$n(\text{Benzoessäure}) = n(\text{Toluen}) \text{ (folgt aus 1:1-Koeffizientenverhältnis der Rkt.gleichung)}$$

90%iger Umsatz

$$n(\text{Benzoessäure}) = 0,9 \cdot 0,641 \text{ mol} = 0,5769 \text{ mol}$$

$$m(\text{Benzoessäure}) = n(\text{Benzoessäure}) \cdot M(\text{Benzoessäure}) = 0,5769 \text{ mol} \cdot 122,12 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 70,45\text{g}$$

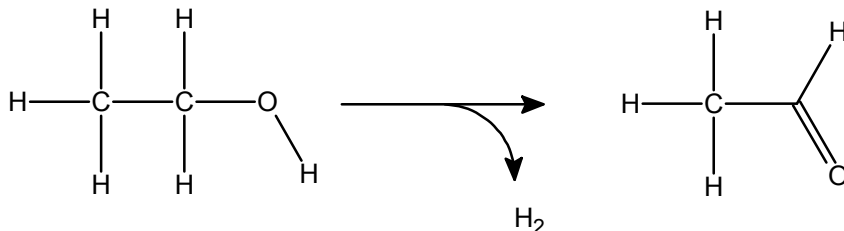
Aufgabe Nr. 5

Alkanale sind Oxidationsprodukte primärer Alkohole. Sie können als solche auch synthetisiert werden,.

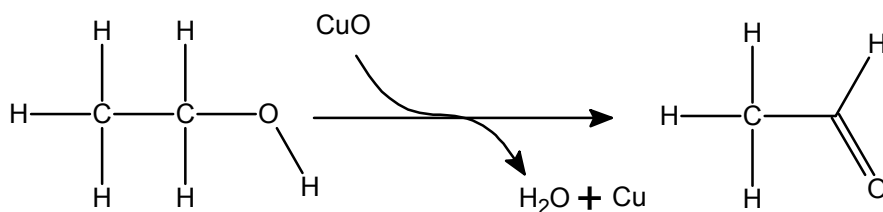
Die Reaktion erfolgt mit milden Oxidationsmitteln (z.B. Kupferoxid). Schon der alte Name **Aldehyde**,

zeigt, dass **Alkohol** dabei **dehydriert** wird, dass dem Alkohol *formal* Wasserstoff H_2 wird entzogen.

Beispiel:



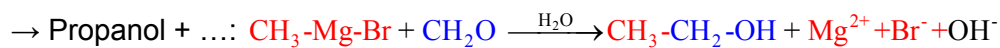
Der Wasserstoff muss dabei jedoch nicht molekular anfallen, sondern kann z.B. an ein Sauerstoffatom des Oxidationsmittels gebunden werden. Letzteres geht dabei in seine reduzierte Form über.



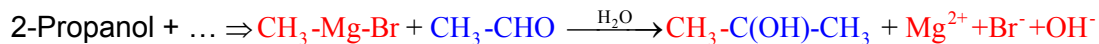
Alkanole lassen sich auf verschiedene Weise synthetisieren.

- Ethanol wird etwa durch Gärungsprozesse aus Melasse etc. hergestellt. Es lässt sich auch durch katalytische Hydratisierung von Ethen gewinnen: $\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2 \xrightarrow{\text{(Kat.)}} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{OH}$. Methanol wird beispielsweise durch katalytische Hydrierung von CO gewonnen: $2 \text{H}_2 + \text{CO} \xrightarrow{\text{(Kat.)}} \text{H}_3\text{C}-\text{OH}$
- Weiterhin können Alkohole durch nucleophile Substitution aus Bromalkanen etc. gewonnen werden. z.B. $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{Br} + \text{OH}^- \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH} + \text{Br}^-$
- Alkanole sind sehr selektiv durch GRIGNARD-Reaktion darstellbar:

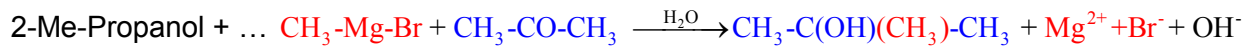
Primäre Alkanole: GRIGNARD-Reagenz + Methanal. z.B.: Methylmagnesiumbromid + Methanal



sekundäre Alkanole: GRIGNARD-Reagenz + Alkanale. z.B. Methylmagnesiumbromid + Ethanal \rightarrow



tertiäre Alkanole: GRIGNARD-Reagenz + Alkanone: z.B. Methylmagnesiumbromid + Propanon \rightarrow



Alkanone sind Oxidationsprodukte sekundärer Alkoholen. Sie können analog den Alkanalen, mit milden Oxidationsmitteln (z.B. Chromsäure) synthetisiert werden.

Aufgabe 6

Dehydrierung: Entzug von Wasserstoff H_2 aus einer Verbindung. Beispiele: Von Alkanen zu Alkenen z.B. $\text{H}_3\text{C-CH}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{C=CH}_2 + \text{H}_2$, von Alkoholen zu Aldehyden (Rkt.-Gleichung siehe Aufgabe Nr. 5), von Cycloalkanen zu Aromaten z.B. $\text{C}_6\text{H}_{12} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6 + 3 \text{H}_2$ etc.

nucleophile Substitution: Unterklasse der Substitutionsreaktionen, bei denen ein Substituent durch einen anderen ausgetauscht wird. der Reaktionsmechanismus verläuft dabei über einen nucleophilen Angriff eines Teilchens (Nucleophil) an ein anderes Teilchen.

Hydratisierung: Formale Anlagerung (Addition) von H_2O an ein Molekül. Dabei kann ein OH^- und H^+ angelagert werden (also H_2O). Beispiel: katalytische Hydratisierung von Alkenen: $\text{H}_2\text{C=CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{C-CH}_2\text{OH}$

Addition: Anlagerung eines Moleküls an ein an anderes und Aufspaltung einer Doppelbindung. Die Hydrochlorierung bezeichnet etwa die Addition von HCl , Bromierung die Addition von Br_2 , Hydratisierung die Addition von H_2O , Hydrierung die Addition von H_2 etc.

z.B. Bromierung von Ethen: $\text{H}_2\text{C=CH}_2 + \text{Br-Br} \rightarrow \text{BrH}_2\text{C-CH}_2\text{Br}$

Dehydratisierung: Entzug von H_2O aus einer Verbindung. Beispiel: Säurekatalysierte Dehydratisierung von Alkoholen zu Alkenen (Rkt.-Gleichung: Umkehrreaktion zur Hydratisierung, *siehe dort*).

elektrophile Substitution: Substitutionsreaktion, bei dem ein Elektrophil an einen Ort mit hohem Ladungsüberschuss angreift. Beispiel: Substitution am aromatischen Ring:

$\text{C}_6\text{H}_6 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{Br} + \text{HBr}$. Ein $-\text{H}$ des Rings wurde durch ein $-\text{Br}$ substituiert. Der energetisch günstige, weil energiearme, aromatische Charakter bleibt erhalten! Bei einer Addition an die

Doppelbindung, würde kein Aromat resultieren! Auch die Einführung weiterer Gruppen in den aromatischen Ring verläuft meist als elektrophile Substitution, so dass der aromatische Charakter erhalten bleibt.

Aufgabe 7

Ein Nucleophil ist ein Teilchen, dass an einem Ort mit Elektronenmangel, z.B. positiv polarisiertes C-Atom angreift. Es ist eine LEWIS-Base, da sie bei diesem Angriff ein Elektronenpaar für die Ausbildung der Atombindung zur Verfügung stellt. Nucleophile sind im allgemeinen gute LEWIS-Basen, stellen also gerne ein e^- -Paar zur Verfügung.

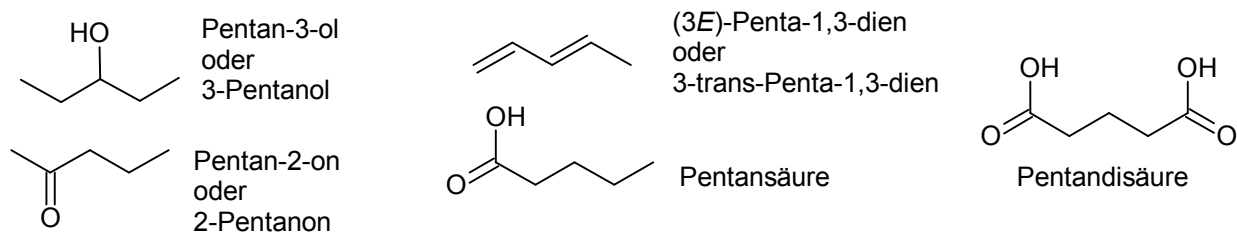
Aufgabe Nr. 8

Mit Hilfe des molaren Volumens V_m folgt: $n(H_2) = 0,0153 \text{ mol}$

Mit Hilfe von $n = m/M$ folgt: $n(\text{Verbindung}) = 0,00772 \text{ mol}$

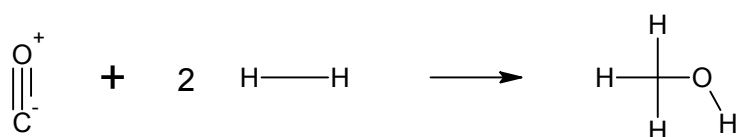
Auf 1 organisches Molekül entfallen rechnerisch $n(H_2)/n(\text{Verbindung}) = 2,0$ H_2 -Moleküle. Die Verbindung enthält damit zwei Dobis, da pro Dobi ein H_2 -Molekül addiert wird.

Aufgabe 9



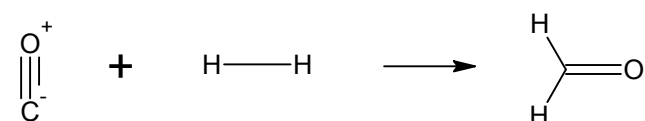
Aufgabe 10

a)



b) $m(\text{MeOH}) = 11,44 \text{ g}$

c) Formaldehyd (Methanal):



Nachweismöglichkeiten: z.B. TOLLENS-Probe oder FEHLING-Probe

Aufgabe 11

a) FEHLING-Probe: *siehe Unterlagen*

b) TOLLENS-Probe: *siehe Unterlagen*

Aufgabe 12

Ethan: unpolares Molekül, wegen der geringen räumlichen Ausdehnung fallen die v.d.W.-Kräfte gering aus. \Rightarrow tiefer Sdp.

Ethanol: Maßgeblich für den flüssigen Aggregatzustand bei Raumtemperatur sind die H-Brücken, die ausgebildet werden können.

Ethansäure: starke H-Brücke, 1 Moleküle kann an 2 H-Brücken partizipieren. Sie liegen im festen, im flüssigen und teilweise sogar im gasförmigen Zustand als Doppelmoleküle vor:

