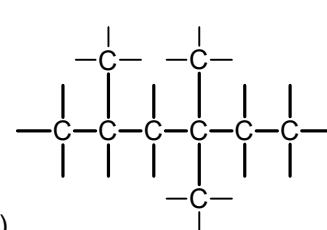
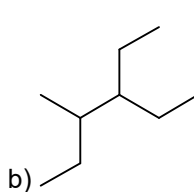
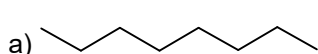


1. Alkane und ihre Reaktionen, Halogenkohlenalkane, Verbrennung von KW, Isomerie bei KW

wichtige Fachbegriffe: homologe Reihe, radikalische Substitution, van-der-Waals-Kräfte, Nomenklatur der Alkane und Halogenalkane, Strukturformel, Halbstrukturformel, Skelettformel

- 1.1** Zeichnen und benennen Sie 5 Konstitutionsisomere mit der Formel C_7H_{16} . Von mehrfach verzweigten Verbindungen können Sie der Übersicht halber Halbstrukturformeln oder Skelettformeln angeben.
- 1.2** Fluor (F_2) hat einen Siedepunkt von $-188\text{ }^\circ\text{C}$, Brom (Br_2) hingegen einen Siedepunkt $+59\text{ }^\circ\text{C}$. Erklären Sie diesen Unterschied ausführlich.
- 1.3** Ordnen Sie folgende Moleküle nach steigenden Siedepunkten: 2-Methylpentan, n-Hexan, 2,3-Dimethylbutan. Begründen Sie die Zuordnung.
- 1.4** 20 Gramm Methan sollen vollständig in Tetrachlorkohlenstoff überführt werden. Geben Sie die Reaktionsgleichung an und berechnen Sie die benötigte Masse Cl_2 und die entstehende Masse CCl_4 (unter der Annahme dass 100%iger Stoffumsatz erfolgt und keine Konkurrenzreaktionen auftreten).
- 1.5** Bei der Chlorierung von Ethan entsteht Chlorethan. Formulieren Sie einen Mechanismus für diesen Prozess. Nennen Sie 3 mögliche Nebenprodukte.
- 1.6** Obwohl Dichlormethan im Gegensatz zum völlig unpolaren Methan zumindest eine geringe *Polarität* besitzt, so ist es doch *hydrophob* und mischt sich nicht mit H_2O . Erklären Sie diese Eigenschaften.
- 1.7** Brom löst sich sehr gut in Hexan, jedoch nur mäßig in Wasser. Erklären Sie!
- 1.8** Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen (in Summenformeln) für die vollständige Verbrennung von
- a) Methan b) Propan c) Cyclohexan d) Ethin (C_2H_2)
- 1.9** Formulieren Sie die Strukturformeln und die Namen von mindestens 10 Konstitutionsisomeren, die zu den Chlorfluorheptanen ($C_7H_{14}ClF$) gehören. Hinweis: Die Substituenten werden im Namen streng alphabetisch sortiert (unabhängig davon ob es sich Alkylsubstituenten (z.B. Methyl-Rest) oder Halogen-Substituenten handelt (z.B. Chlor)
- 1.10** Geben Sie den systematischen Namen bzw. die Strukturformel an.



d) C_6H_{14} -Isomer mit quartärem C-Atom (Name + Strukturformel)

e) 4,6-Diethyl-2-methylnonan

- 1.11** Aus Methan soll mit einem geeigneten Reagenz 1000 g Dichlormethan hergestellt werden:

- a) Geben Sie die Reaktionsgleichung an und berechnen Sie die Massen an Ausgangsstoffe für die Synthese von 1 kg Dichlormethan (Annahme: 100%iger Stoffumsatz, keine Nebenreaktionen).
- b) Erläutern Sie ausführlich den Mechanismus mit Reaktionsgleichungen zur Bildung des Dichlormethans und dazugehörigem Text. Hinweis: Konkurrenzreaktionen und Abbruchreaktionen können an nur einem Beispiel aufgezeigt werden.
- 1.12** Formulieren Sie die allgemeine Reaktionsgleichung für die vollständige Verbrennung von Alkanen (C_nH_{2n+2}) mit Sauerstoff.

1.13 Alkane

- a) Skizzieren Sie den Verlauf der Siedepunkte der *n*-Alkane mit steigender Kettenlänge bis ca. C₂₀-Alkan (Eicosan). x-Achse: C-Kettenlänge y-Achse: Temperatur. Geben Sie auf der y-Achse 2 Richtwerte (ungefähre Angaben/Größenordnung) zur Temperatur an. Begründen Sie ausführlich den Verlauf der Kurve.
- b) Füllt man bei 0 °C 100 mL eines gasförmigen Alkans in eine Glaskugel, so nimmt deren Masse um 0,197 g zu. Um welches Alkan handelt es sich? Hinweis: Bei den gegebenen Bedingungen nimmt 1 mol eines beliebigen Gases 22,4 L ein.

1.14. Einige Kohlenwasserstoffe besitzen die Formel C₆H₆.

- a) Geben Sie 4 Verbindungen an, die diese Summenformel besitzen.
- b) Geben Sie eine für alle Vertreter (mit C₆H₆ gültige Reaktionsgleichung für die vollständige Verbrennung an.
- c) Welche Stoffe entstehen zusätzlich zu b bei der unvollständigen Verbrennung?

1.15 a) Wie viel Gramm Propen (C₃H₆) müssten verbrannt werden, um 1000 g CO₂ zu bilden? Annahme: Vollständige Verbrennung

b) In welchem Volumen an Luft (Volumenanteil an O₂: ca. 20%) ist das erforderliche Sauerstoffvolumen enthalten? Hinweis: Gehen Sie von einem molaren Volumen von 22,4 L/mol aus, d.h. ein mol eines beliebigen Gases nehmen bei den gegebenen Bedingungen 22,4 L ein,

1.16 Hexachlorethan (C₂Cl₆) kann aus Ethan und Chlor hergestellt werden.

- a) Geben Sie die Bruttoreaktionsgleichung in Strukturformeln an und benennen Sie den Reaktionsmechanismus.
- b) Um eine hohe Ausbeute am gewünschten Produkt zu erhalten, muss die Reaktion in der Praxis mit einem großen Überschuss an Chlor durchgeführt werden. Begründen Sie diese Notwendigkeit.
- c) Welche Masse an Hexachlorethan kann maximal entstehen, wenn man 50 g Ethan umsetzt? Berechnen Sie auch, welches Volumen Chlor dabei abreagiert. Hinweis: Das molare Volumen des Chlors beträgt bei den gegebenen Bedingungen V_m = 22,4 L/mol.

1.17 2-Methylpropan wird mit Brom einfach bromiert.

- a) Geben Sie die Strukturformel aller möglichen (einfach bromierten) Produkte an.
- b) Geben Sie mit Reaktionsgleichungen und kurzer stichwortartiger Beschreibung den Reaktionsmechanismus zur Bildung eines Produkts an (OHNE ABBRUCHREAKTIONEN).

2. Aufgaben zu Alkenen und Alkinen

2.1 Ethen wird chloriert.

- a) Formulieren Sie das Reaktionsprodukt (Name + Strukturformel).
- b) [Wenn im U behandelt:] Erklären Sie den Reaktionsmechanismus mit Reaktionsgleichungen und dazugehörigem Text.
- c) Auch Ethan kann chloriert werden. Wie heißt hier das Reaktionsprodukt?

2.2 Formulieren Sie die Bruttoreaktionsgleichungen in Strukturformeln folgender Additionsreaktionen.

- | | |
|--|---|
| a) Bromierung (Rkt. mit Brom) von Propen | b) Hydrierung (Rkt. mit H ₂) von Propen |
| c) Hydratisierung (Rkt. mit H ₂ O) von Propen | d) Hydrofluorierung (Rkt. mit HF) von Ethen |

2.3 Es sollen folgende Stoffe aus Alkenen hergestellt werden. Geben Sie eine denkbare Synthese-Reaktionsgleichung an. a) 3,4-Dibrom-Hexan b) Ethan c) Cyclohexan d) 2-Bromheptan

2.4 An Propen wird Chlorwasserstoff addiert (ein Beispiel einer **Hydrohalogenierung**). Notieren Sie die Bruttoreaktionsgleichung und eines der Hauptreaktionsprodukt.

2.5 Notieren Sie die Reaktionsgleichung und die Hauptreaktionsprodukte für die Hydrobromierung eines Alkins ($R_1-C\equiv C-R_2$).

2.6 a) 2-Brom-2-Methylbutan kann Wasserstoff eliminieren. Welche Reaktionsprodukte können entstehen?

b) 2-Brom-2-Methylbutan kann Bromwasserstoff eliminieren. Welche Reaktionsprodukte können entstehen?

2.7 Geben Sie die Bruttoreaktionsgleichungen an.

1. Vollständige Hydrierung von 1-Chlorbuta-1,3-dien

2. Hydratisierung von (2Z)-But-2-en

3. Hydrobromierung folgender Verbindungen

I) Hex-1-en

II) 1-Methyl-cyclohexen

III) 2-Methyl-but-2-en

2.8. Notieren Sie eine allgemeine Verbrennungsreaktionsgleichung für die Verbrennung von Alkinen. Welches Volumen Sauerstoff wird bei der Verbrennung von 1 kg Ethin verbraucht (Hinweis: 1 mol Sauerstoff nimmt bei den gegebenen Bedingungen ein Volumen von 24,6 L ein).

3. Weitere Aufgaben – häufigen themenübergreifend (zumeist aus Klassenarbeiten)

3.1 Alkane

a) Zeichnen Sie die ausführliche Strukturformel aller Alkane mit der Molekülmasse 72 u (72 g/mol) und benennen Sie diese.

b) Sortieren Sie die Verbindungen aus a) begründet nach steigendem Siedepunkt.

c) Welches Masse an H_2O fällt an, wenn bei der Verbrennung eines Gemisches der Verbindungen aus a) 100 Gramm CO_2 entstehen?

3.2 Chloroform ($CHCl_3$) wurde früher als Narkotikum benutzt.

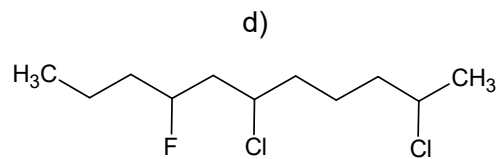
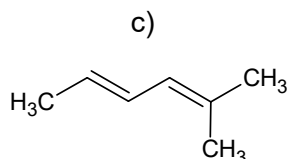
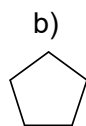
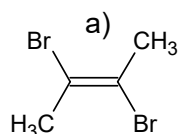
a) Schlagen Sie einen Syntheseweg aus einem Kohlenwasserstoff vor, indem Sie die Gesamtreaktionsgleichung und den Namen des Reaktionstyps angeben.

b) Beurteilen Sie, ob es sich um eine Redox-Reaktion handelt, indem Sie überprüfen, ob sich die Oxidationszahlen ändern. Geben Sie hierfür auch alle Oxidationszahlen der organischen Stoffe an.

c) Im Reaktionsprodukt finden sich Spuren einer Verbindung mit der Summenformel $C_2H_3Cl_3$. Erklären Sie kurz das Vorkommen im Reaktionsprodukt.

d) Die in Spuren vorhandene Verbindung $C_2H_3Cl_3$ kann auch durch aus Ethin in einem mehrstufigem Prozess hergestellt werden. Formulieren Sie die dazugehörige Reaktionsgleichung in Strukturformeln und benennen Sie die auftretenden Zwischenprodukte.

3.3 Benennen Sie folgende Verbindungen



3.4 Die Iodzahl einer Verbindung gibt die Masse an Iod (I_2) an, die 100 Gramm der Verbindung maximal addieren können.

a) Berechnen Sie die Iodzahl der Verbindung 3.3c)

- b) Bei der experimentellen Bestimmung, wird als Lösungsmittel für das Iod besser *n*-Hexan als H₂O genutzt. Begründen Sie auf molekularer Ebene!
- c) Die Verbindung 3.3b) kann eine Eliminierung eingehen. Definieren Sie kurz diesen Begriff und geben Sie die Skelettformel und den Namen des Reaktionsprodukts an.

Lösungshinweise: www.laborberufe.de (Nummerierung und Aufgabenstellung abgleichen!)

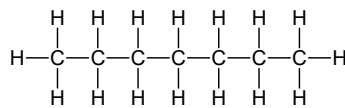
Lösungen und Lösungshinweise – ohne Gewähr

Grundlagen zur Nomenklatur: <https://www.youtube.com/watch?v=wyB0zii57dw>

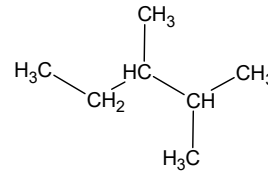
1.1

Achtung: Das von mir verwendete Programm generiert nur die englischen Ausdrücke. Die deutschen sind aber daraus einfach herzuleiten.

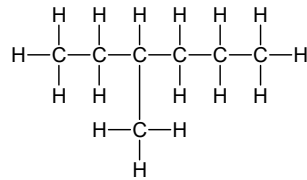
Bsp: englisch: „2,3 dimethylpentane“ => deutsch: 2,3-Dimethylpentan



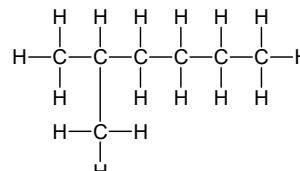
n-heptane



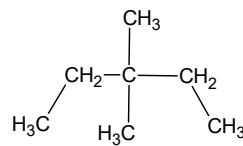
2,3-dimethylpentane



3-methylhexane



2-methylhexane



3,3-dimethylpentane

Es existieren auch viele weitere Isomere.

1.2

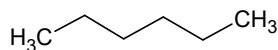
Brom ist ein größeres Molekül, dessen Atome ausladendere Elektronenhüllen besitzen. So sind bei Brom 4 Elektronenschalen besetzt, bei Fluor hingegen nur 2 Elektronenschalen. Diese weit außen liegenden Elektronen unterliegen weniger der anziehenden Kräfte des Atomkerns. Die Elektronenhülle im Brom ist deshalb leichter polarisierbar, d.h. es kann leichter zu spontanen (temporären) und induzierten Bildung von Dipolen kommen. Insgesamt existiert bei Brom deshalb ein stärkerer Zusammenhalt der Moleküle untereinander, denn die van-der-Waals-Kräfte sind größer als beim Fluor.

1.3

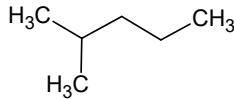
siehe auch: <https://www.youtube.com/watch?v=bXHor4n67Dg> oder andere youtube-Videos zum Stichwort van-der-Waals-Kräfte

VAN-DER-WAALS-Kräfte sind bindende Wechselwirkungen zwischen einem „zufälligen“ Dipol (oder „spontaner Dipol“) und einem in Nachbarmolekülen induzierten Dipol. Je größer die Kontaktfläche, mit denen die Nachbarmoleküle aufeinander treffen, desto stärker kann die VAN-DER-WAALS-Bindung werden. Grund: Große Kontaktflächen zwischen Dipolen erhöht die elektrostatische Anziehung.

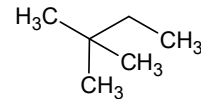
Eine elektrostatische Anziehung ist bei eher kugeligem, bzw. kompakteren Molekülbau nicht über weitere Teile des Moleküls möglich, denn die Berührungsflächen sind kleiner als bei länglichem Bau. Entsprechend fällt hier der Zusammenhalt der Moleküle untereinander gering aus, die Siedepunkte sind entsprechend niedrig:



n-hexane



2-methylpentane



2,2-dimethylbutane

Alle drei Moleküle besitzen die gleiche Summenformel aber unterschiedliche Atomabfolge. Damit sind sie zueinander isomer. Mit stärker verzweigtem, und damit kompakteren Bau, nimmt der Siedepunkt ab:

Siedepunkte: n-Hexan: 69°C, 2-Methylpentan: 60 °C, Dimethylbutan: 50 °C

1.4

Reaktionsgleichung: $\text{CH}_4 + 4 \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CCl}_4 + 4 \text{HCl}$

a) Berechnung der Stoffmenge CH_4 .

$$n(\text{CH}_4) = \frac{m(\text{CH}_4)}{M(\text{CH}_4)} \Rightarrow n(\text{CH}_4) = \frac{20,0 \text{ g}}{16,043 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 1,2466 \text{ mol}$$

b) Berechnung der Stoffmenge und der Masse an Cl_2

$n(\text{Cl}_2) = 4 \cdot n(\text{CH}_4)$ (Folgt aus dem Koeffizientenverhältnis der Reaktionsgleichung)

$$\Rightarrow n(\text{Cl}_2) = 4 \cdot 1,2466 \text{ mol} \approx 4,9866 \text{ mol.}$$

$$m(\text{Cl}_2) = M(\text{Cl}_2) \cdot n(\text{Cl}_2) = 70,9054 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 4,9866 \text{ mol} \approx 353,6 \text{ g}$$

c) Berechnung der Stoffmenge und der Masse an CCl_4

$n(\text{CH}_4) = n(\text{CCl}_4)$ (Folgt aus dem Koeffizientenverhältnis der Reaktionsgleichung)

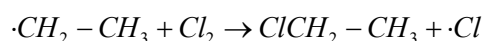
$$\Rightarrow n(\text{CCl}_4) = 1,2466 \text{ mol}$$

$$m(\text{CCl}_4) = M(\text{CCl}_4) \cdot n(\text{CCl}_4) \Rightarrow m(\text{CCl}_4) = 153,822 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 1,2466 \text{ mol} \approx 191,75 \text{ g}$$

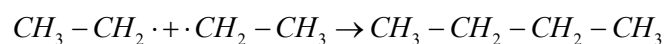
1.5

Kettenstart: UV-Strahlung bedingt die homolytische Spaltung von Chlor. $\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{UV-Strahlung}} 2 \text{Cl}\cdot$

Reaktionskette: $\text{CH}_3 - \text{CH}_3 + \text{Cl}\cdot \rightarrow \text{HCl} + \cdot\text{CH}_2 - \text{CH}_3$



Abbruchreaktionen: Reaktion zwischen 2 beliebigen Radikalen:

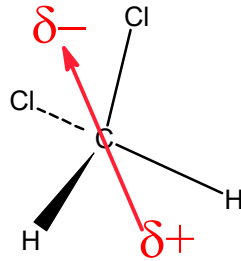


Nebenprodukte: In Abhängigkeit des Chloranteils im Reaktionsgemisch kann es auch zur Mehrfachchlorierung kommen. Dabei wird schon chlorierten Molekülen während der Reaktionskette mit $\text{Cl}\cdot$ ein H-Atom entrissen.

Durch Reaktion radikalischer organischer Moleküle untereinander, kann es in sehr geringem Ausmaß auch Kettenverlängerung kommen.

1.6

Halogenierte Kohlenwasserstoffe besitzen polare Elektronenpaarbindungen zwischen dem Kohlenstoff und dem Halogen z.B. Cl. Die höhere Elektronegativität des Halogen bewirkt, dass es die Bindungselektronen näher zu sich zieht. Insgesamt entstehen Dipolmoleküle, die einen δ^- -Pol und einen δ^+ -Pol besitzen.



Dichlormethan mit eingezeichnetem Dipolvektor.

Bei einigen Halogenalkanen, wie z.B. Tetrachlorkohlenstoff fällt aufgrund des hochsymmetrischen regelmäßigen Baus, der Schwerpunkt der Orte negativer Ladungsdichte mit dem positiven Pol zusammen, so dass es sich hier um unpolare Moleküle handelt.

Obwohl Verbindungen wie Dichlormethan zumindest eine geringe Polarität besitzen, lösen sie sich nur schlecht im ebenfalls polaren Wasser. Die starken Wechselwirkungen zwischen den H₂O-Molekülen (Wasserstoffbrücken) bzw. die Wechselwirkungen zwischen den Dichlormethanmolekülen untereinander lassen sich nicht durch H₂O-Dichlormethan-Wechselwirkungen kompensieren/ersetzen. Es bilden sich 2 Phasen und die Moleküle gehen bindende Wechselwirkungen nur mit ihresgleichen ein.

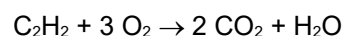
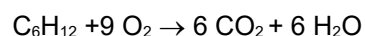
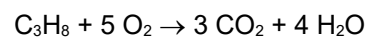
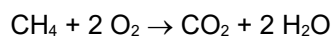
Aus Symmetriegründen sind alle n-Alkane völlig unpolar.

1.7

Brom ist ein unpolares Molekül und löst sich damit gut in unpolaren Lösungsmitteln wie z.B. *n*-Hexan. Zwischen den Molekülen kommt es zu bindenden Wechselwirkungen, den VAN-DER-WAALS-Kräften.

In Wasser ist Brom hingegen nur mäßig löslich, weil sich beide Stoffe in der Polarität unterscheiden. Zwar können Wassermoleküle als permanente Dipole in benachbarten Brommolekülen Dipolen induzieren. Allerdings sind die dabei entstehenden bindenden Wechselwirkungen schwächer als die H₂O-H₂O-Wechselwirkungen (Wasserstoff-Brücken-Bindungen) und die Br₂-Br₂-Wechselwirkungen (v.d.W-Wechselwirkungen). Statt sich also im H₂O auf molekularer Ebene zu verteilen und Br₂-H₂O-Wechselwirkungen einzugehen, ist der Zustand des Zusammenbleibens der Br₂-Moleküle (Br₂-Br₂-Wechselwirkungen) bzw. der H₂O-Moleküle energetisch günstiger. Es bilden sich 2 Phasen: Brom-Phase und wässrige Phase (incl. kleinem Br₂-Anteil).

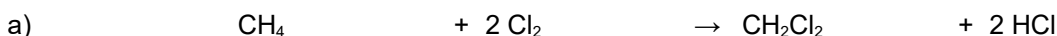
1.8



1.9

a) n-Octan b) 3-Ethyl-4-methylhexan (auch 4-Ethyl-3-methylhexan als richtig akzeptiert) c) 2,4,4-Trimethylhexan d) 2,2-Dimethylbutan

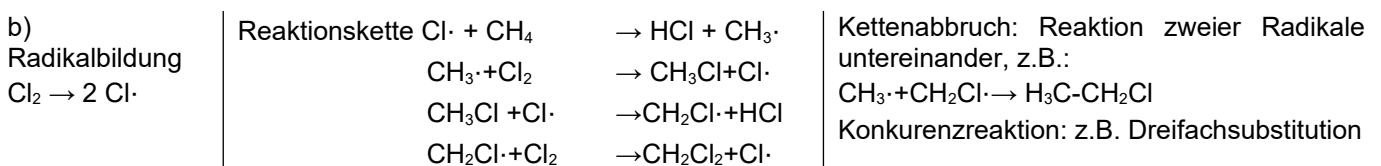
1.11



Masse m **189 g** **1670 g** 1000 g

Molare Masse M 16,04246 g/mol 70,906 g/mol 84,93258 g/mol

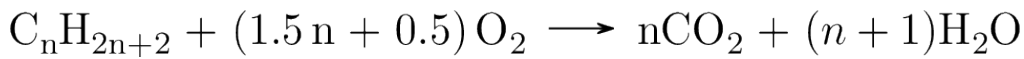
Stoffmenge n 11,77404 mol 23,548090 mol 11,77404 mol



1.12 allgemeine Verbrennungsgleichung

siehe auch: <https://www.youtube.com/watch?v=LHmzeFPh63Q>

Merke: Bei der vollständigen Verbrennung von Kohlenwasserstoffen, wird jedes C in CO₂ überführt also maximal möglich oxidiert.



1.13

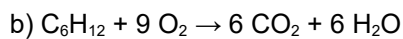
a) Für die Richtwerte kann man bedenken, dass z.B. n-Pentan bei Raumtemperatur gerade noch flüssig ist. D.h. der Siedepunkt muss knapp über Raumtemperatur liegen. Mit steigender Kettenlänge nimmt die Molekülgröße und damit die Berührungsfläche zwischen den Molekülen zu. So bilden mit steigender Kettenlänge die Moleküle leichter spontane Dipole aus. Auch lassen sich leichter Dipole induzieren, wenn das Nachbarmolekül schon als Dipol vorliegt. Insgesamt nehmen die zwischenmolekularen Anziehungskräfte (hier: van-der-Waals-Kräfte) und der Zusammenhalt zwischen den Molekülen zu. Es wird mehr Energie benötigt, um die Moleküle voneinander zu trennen und aus dem gegenseitigen Anziehungsbereich zu entfernen. Die Überführung in die Gasphase durch Sieden erfolgt also bei höherer Temperatur. Die Kurve flacht ab, da der relative Unterschied zwischen den v.d.W.-Kräften immer geringer ausfällt. So sind die Unterschiede in Molekülgrößen, von v.d.W.-Kräften und von den Siedepunkten zwischen dem C₁-Alkan (Methan) und C₂-Alkan (Ethan) noch sehr groß, zwischen C₂₀ und C₂₁-Alkan aber z.B. nur noch gering.

b) Dreisatz => 100 mL sind 0,00446 mol => $M(X) = \frac{m(X)}{n(X)} = \frac{0,197g}{0,00446mol} \approx 44,1 \frac{g}{mol}$ ($\cong C_3H_8$)

1.14

a) 1-Hexen, cis-Hex-2-en, cis-Hex-3-en, Cyclohexan, 2-Methyl-Pent-1-en etc.

nicht zulässige, da unvollständige Namen wären „2-Hexen“, „3-Hexen“



c) Die im Vgl. zu CO₂ sauerstoffärmeren Produkte: CO (Kohlenstoffmonoxid) und C (Kohlenstoff, Ruß) entstehen. Schon Laien kennen solche „rußenden Flammen“ oder rußende Abgase eines schlecht eingestellten alten Dieselmotors. Alle kennen auch den Hinweis aus Garagen, nicht bei geschlossener Garage den Motor laufen zu lassen. Im Motor wird nämlich bei der Verbrennung des fossilen Kraftstoffs (Diesel, Benzin, Erdgas) O₂ verbraucht. Die Luft in der geschlossenen Garage verarmt an O₂. Bei der Verbrennung bildet sich aufgrund der O₂-Veknappung immer mehr des sauerstoffärmeren Verbrennungsproduktes Kohlenstoffmonoxid. Dieses ist hochgiftig und verhindert die O₂-Aufnahme und den O₂-Transport im Blut. Wenn Rauchern schwindlig wird (z.B. bei der ersten Zigarette der Woche), liegt das an der mangelnden Sauerstoffzufuhr durch die Kohlenstoffmonoxidvergiftung. Denn auch der Tabak im Glimmstengel verbrennt unvollständig. Durch den Sauerstoffmangel im Gehirn sterben auch Nervenzellen ab. siehe auch: <http://de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstoffmonoxidintoxikation>

1.15

Allgemeines Vorgehen zum Lösen solcher Aufgaben: Solche Umsatzberechnungen beginnen immer mit einer richtig eingerichteten Reaktionsgleichung. Aus der in der Aufgabe gegebene Stoffportion rechnen man über die Koeffizientenverhältnisse in die gesuchten Stoffmengen um (hier: O₂-Stoffmenge). Aus der Stoffmenge muss dann häufig zum Schluss noch in eine Masse oder ein Volumen umgerechnet werden.



Berechnung der O₂-Stoffmenge: 1000 g CO₂ entsprechen 22,72210861 mol. Wegen des Koeffizientenverhältnisses 4,5 zu 3 oder 6: 9 (siehe Reaktionsgleichungen) kann man also berechnen:

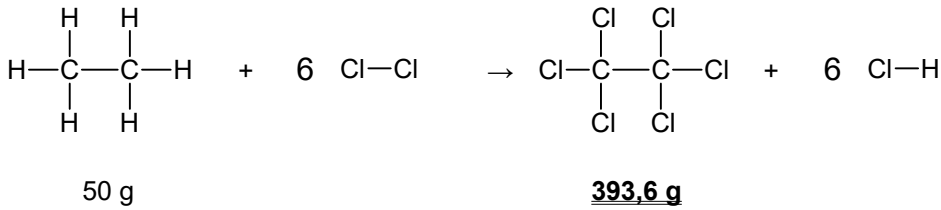
$$\begin{array}{l} 3 \quad \cong 22,72210861 \text{ mol} \\ 4,5 \quad \cong x \end{array} \quad \Rightarrow \quad x = 34,08316292 \text{ mol O}_2.$$

Berechnung des O₂-Volumens: Wenn 1 mol 22,4 L einnimmt (vgl. Hinweis in der Aufgabenstellung), dann nehmen 34,08316292 mol zusammen ein Volumen von 763,4628 L ein. Es werden also ca. 763,5 L reines Sauerstoffgas verbraucht.

Berechnung des Luftvolumens in dem 763,5 L O₂ enthalten sind:

$$\begin{array}{l} 20\% \cong 763,5 \text{ L} \\ 100\% \cong x \end{array} \quad \Rightarrow \quad \underline{x \approx 3817 \text{ L Luft.}}$$

1.16



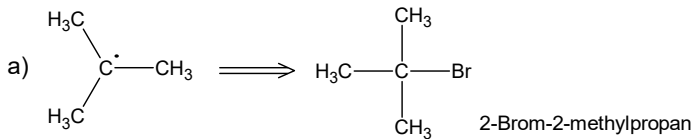
$M(\text{C}_2\text{H}_6) = 30,07 \text{ g/mol}$. $M(\text{C}_2\text{Cl}_6) = 236,74 \text{ g/mol}$. Koeffizientenverhältnis 1:6:1

1,66278 mol 9,97668 mol 1,66278 mol

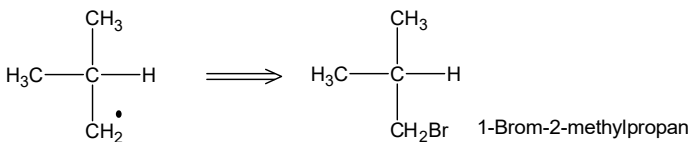
223,5 L

b) Durch den Überschuss wird erreicht, dass ein hoher Anteil der org. Verbindung auch wirklich vollständig chloriert wird (Perchlorierung) und nicht ein bestimmter Anteil der Produkte nur einen geringeren Chlorierungsgrad besitzt.

1.17



Je nachdem, welches H-Atom abgespalten wird, können 2 unterschiedliche Kohlenwasserstoffradikale auftreten, die letzten Endes zu einem jeweils anderen Produkt führen!



b) Startreaktion: Spaltung des Brommoleküls (z.B. durch Licht): $\text{Br}-\text{Br} \rightarrow 2 \text{ Br}^\bullet$

Reaktionskette: Bildung des HBr und des org. Radikals: $\text{Br}^\bullet + \text{HC}(\text{CH}_3)_3 \rightarrow \text{HBr} + \cdot\text{C}(\text{CH}_3)_3$

Bildung des Produkts: $\text{Br}-\text{Br} + \cdot\text{C}(\text{CH}_3)_3 \rightarrow \text{BrC}(\text{CH}_3)_3 + \text{Br}^\bullet$

Abschnitt 2

gutes Einstiegsvideo: <https://www.youtube.com/watch?v=U1fbeyocWvU>

2.1 Chlorierung

a) 1,2-Dichlorethan. Strukturformel selbst herleiten!

b) siehe Schulbuchseite

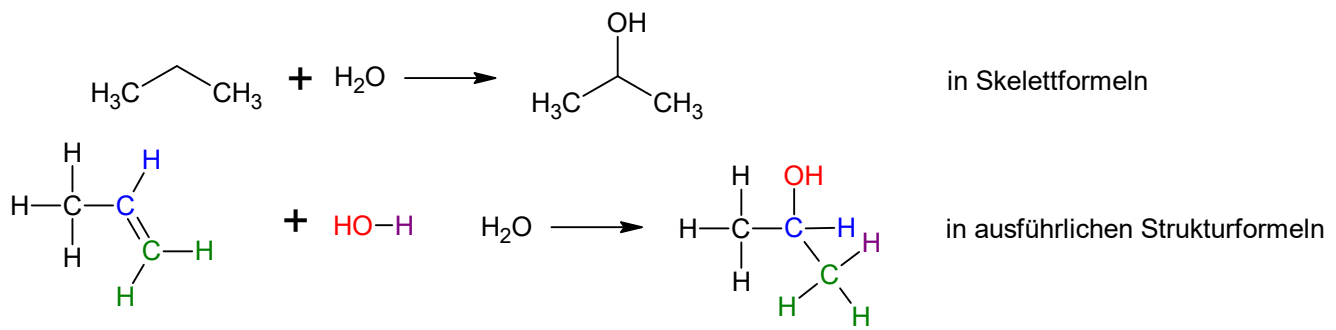
c) Einfachchlorierungsprodukt! Chlorethan (+ HCl). siehe vorangegangener Abschnitt: radikalische Substitution am Alkan

2.2 Verschiedene Additionen

a) 1,2-Dibrompropan

b) Propan

c) Wasser ist H-OH. Ein C-Atom der Doppelbindung bekommt ein H-Atom, das andere C-Atom die OH-Gruppe. Produkt müssen Sie hier noch nicht benennen können. Bitte überzeugen Sie sich, dass beide angegebenen Reaktionsgleichungen den gleichen Sachverhalt darstellen!!!! Jecke Ecke und jedes Ende der Zickzack-Linien in Skelettformeln steht für ein mit H-Atomen abgesättigtes C-Atom.



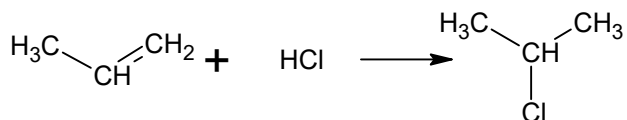
d) Fluorethan.

2.3 Herstellung aus Alkenen

Hier nur Lösungshinweise:

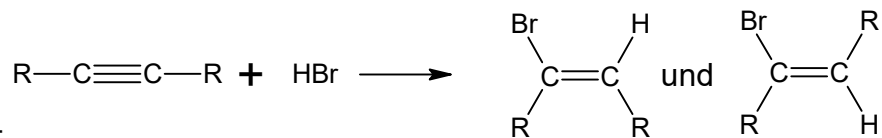
- Addition von Br₂ an das entsprechende Hexen.
- Hydrierung des entsprechenden Alkens.
- Hydrierung von Cyclohexen
- Hydrobromierung des passenden Alkens.

2.4 eine Hydrohalogenierung



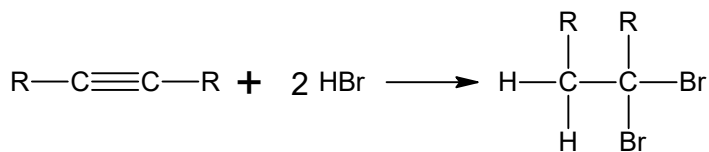
(auch die Anlagerung mit Cl am terminalen C-Atom ist theoretisch möglich)

2.5



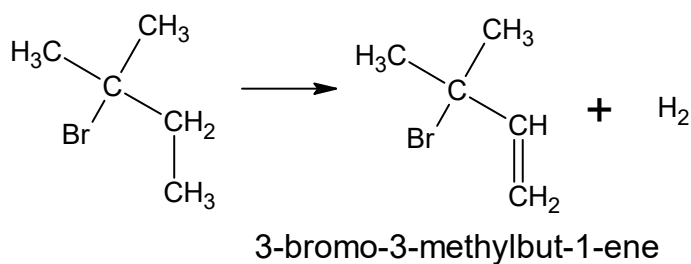
einfache Hydrobromierung:

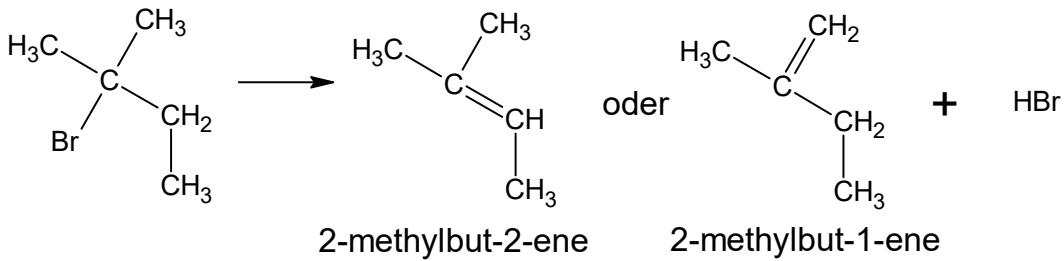
doppelte Hydrobromierung



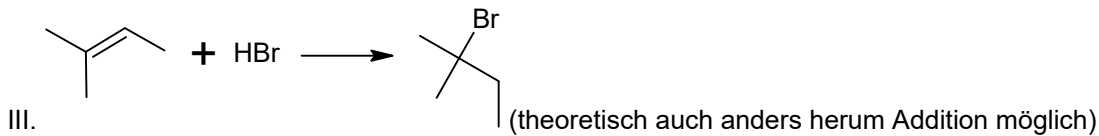
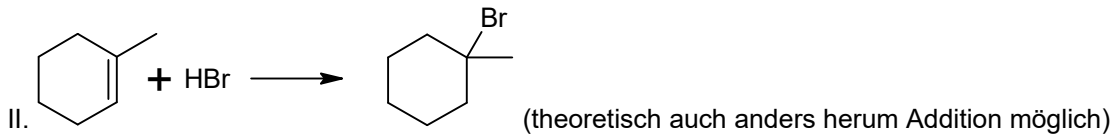
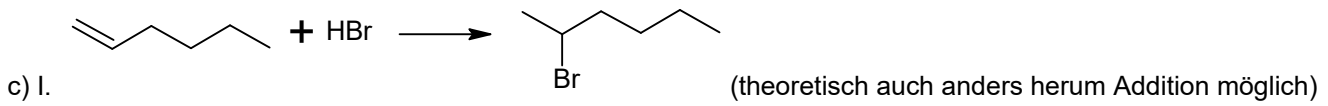
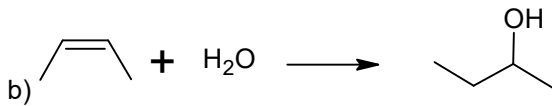
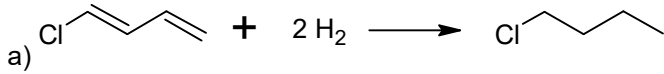
Das zweite HBr kann sich theoretisch auch so anlagern, dass ein 1,2-Dibromprodukt entsteht.

2.6

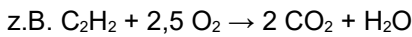
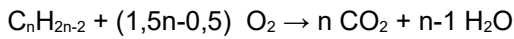




2.7



2.8



$$n(C_2H_2) = m(C_2H_2) : M(C_2H_2) = 1000 \text{ g} : 26,038 \text{ g/mol} = 38,4054 \text{ mol}$$

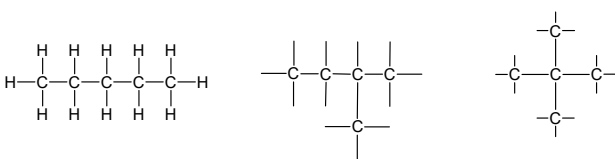
Es wird die 2,5-fache Stoffmenge an O_2 benötigt, wie C_2H_2 verbrannt wird (Koeffizientenverhältnis). $\Rightarrow n(O_2) = 96,01 \text{ mol}$

Dreisatz: 1 mol entspricht 24,6 L O_2 , wie viel entsprechen dann 96,01 mol

$$\Rightarrow V(O_2) = 96,01 \text{ mol} \cdot 24,6 \text{ L/mol} \approx \underline{2362 \text{ L}}$$

Abschnitt 3

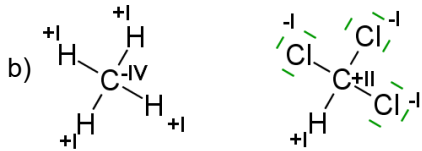
3.1



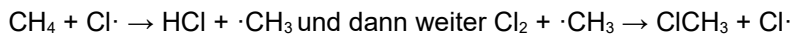
b) Je größer die Kontaktflächen zwischen den Molekülen, desto besser können sich die van-der-Waals-Kräfte ausbilden. Je verzweigter das Molekül **bei gleicher Molekülmasse**, desto niedriger der Smp/Sdp: n-Pentan < 2-Methylbutan < Dimethylpropan

$C_5H_{12} + 8O_2 \rightarrow 5CO_2 + 6H_2O$ Da $M(CO_2) = 44 \text{ g/mol}$, sind 100 g ca. $n(CO_2) = \text{ca. } 2,2727 \text{ mol}$. Wegen des 5:6-Koeffizientenverhältnisses entsteht etwas mehr H_2O , nämlich $n(H_2O) = \text{ca. } 2,7272 \text{ mol}$. Da $M(H_2O) = 18 \text{ g/mol}$, sind das $m(H_2O) = \text{ca. } 49,1 \text{ g}$.

3.2



c) Der Mechanismus der Substitution läuft über radikalische Zwischenstufen ab:

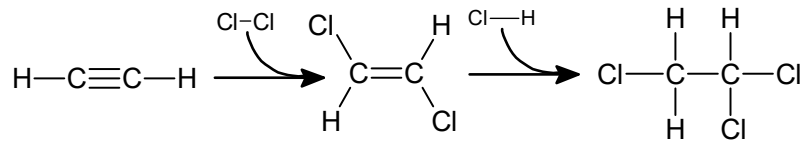


Bei der Mehrfachsubstitution tritt dieselbe Reaktionsfolge auf, nur sind hier mittlerweile Cl-Atome in den Molekülen vorhanden: $\text{ClCH}_3 + \text{Cl}\cdot \rightarrow \dots$ [siehe oben]

Es handelt sich um eine Redoxreaktion, weil sich die Oxidationszahlen ändern (z.B. für das Element C)

Die Verbindung $\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_3$ kann in Spuren durch eine Abbruchreaktion entstehen bei der 2 Radikale reagieren. hier: $\text{HCl}_2\text{C}\cdot + \cdot\text{CClH}_2 \rightarrow \text{HCl}_2\text{C}-\text{CClH}_2$

d) Ethin kann ein HCl und ein Cl_2 -Molekül addieren. In welcher Reihenfolge spielt (bei uns) keine Rolle. Als Zwischenprodukt tritt (E)-1,2-Dichlorethen oder (Z)-1,2-Dichlorethen aus, wenn zuerst Cl_2 addiert wird:



Wird zuerst das Chlorwasserstoff addiert, so tritt als Zwischenprodukt 1-Chlorethen auf.

3.3

- a) (2E)-2,3-Dibrom-but-2-en
- b) Cyclopentan
- c) (4E)-2-Methyl-hexa-2,4-dien
- d) 2,6-Dichlor-8-Fluor-undecan

3.4

a) An jede Doppelbindung kann ein Iodmolekül addieren, also kann ein Di-en 2 Iodmoleküle addieren:



Masse: 100 g **ca. 529 g**

Rechenweg: $n = m/M = 100 \text{ g} / 96 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ $m = n \cdot M = 2,08333 \text{ mol} \cdot 253,8 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Stoffmenge: 1,041667 mol \Rightarrow $\cdot 2 = 2,08333 \text{ mol}$

b) Iod ist unpolar und löst sich deshalb relativ gut in unpolarem n-Hexan. Dabei umgeben sich die Iodmoleküle mit Hexanmolekülen und untereinander werden relativ starke van-der-Waals-Wechselwirkungen ausgebildet. H_2O ist hingegen ein polares Molekül, hier sind keine starken bindenden Wechselwirkungen zu I_2 möglich.

c) **Eliminierung:** Abspaltung eines kleinen Moleküls unter Ausbildung einer Mehrfachbindung. Hier kann nur H_2 abgespalten werden (Dehydrierung), es entsteht dabei Cyclopenten.

