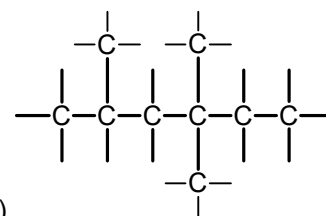
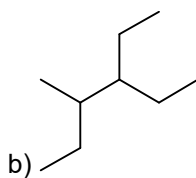
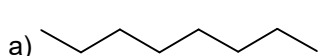


Vorbemerkung: Die Fragen decken nicht das gesamte Themengebiet ab! Die Fragen am Ende des Übungsblatts sind in der Regel ehemalige Klassenarbeitsfragen aus C2CL-Klassen.

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

- 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.
- Fluor (F_2) hat einen Siedepunkt von -188 °C , Brom (Br_2) hingegen einen Siedepunkt $+59\text{ °C}$. Erklären Sie diesen Unterschied ausführlich.
- Ordnen Sie folgende Moleküle nach steigenden Siedepunkten: 2-Methylpentan, n-Hexan, 2,3-Dimethylbutan. Begründen Sie die Zuordnung.
- 20 Gramm Methan sollen vollständig in Tetrachlorkohlenstoff überführt werden (*Perchlorierung*). 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).
- Bei der Chlorierung von Ethan entsteht Chlorethan. Formulieren Sie einen Mechanismus für diesen Prozess. Nennen Sie 3 mögliche Nebenprodukte.
- 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.
- Brom löst sich sehr gut in Hexan, jedoch nur mäßig in Wasser. Erklären Sie!
- Formulieren sie die Reaktionsgleichungen (in Summenformeln) für die vollständige Verbrennung von
 - Methan
 - Propan
 - Cyclohexan
 - Ethin
- 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))
- 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

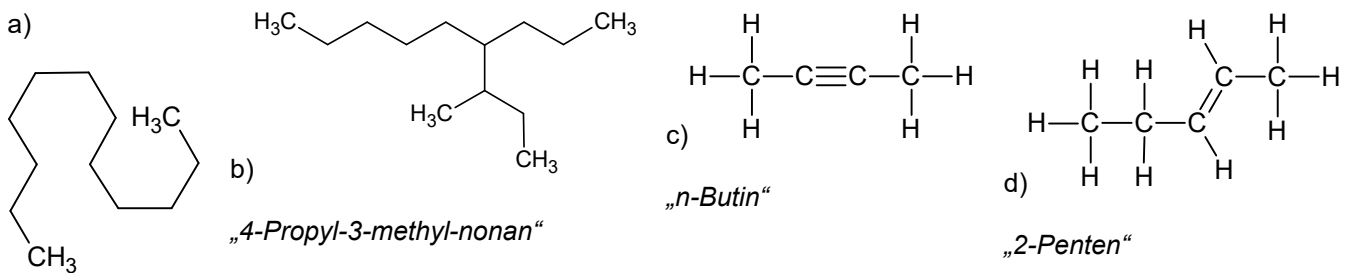
- Aus Methan soll mit einem geeigneten Reagenz 1000 g Dichlormethan hergestellt werden:
 - Geben Sie die Reaktionsgleichung an und berechnen Sie die Massen an Ausgangsstoffe für die Synthese von 1 kg Dichlormethan (Annahme: 100%iger Stoffumsatz, keine Nebenreaktionen).
 - Erläutern Sie ausführlich den Mechanismus mit Reaktionsgleichungen zur Bildung des Dichlormethans und dazugehörigem Text. Hinweis: Konkurrenzreaktionen und Abbruchreaktionen können an nur einem Beispiel aufgezeigt werden.

12. 1-Brombutan ist nicht geeignet, um aus n-Butan und Brom über eine radikalische Substitution hergestellt zu werden. Begründen Sie stichwortartig und geben Sie Name und Strukturformel des tatsächlich entstehenden Hauptprodukts an.

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.

14. In einer Klassenarbeit wurde nach dem vollständigen Namen der folgenden Verbindungen . Jede der angegebenen Antworten ist fehlerhaft! Finden Sie den Fehler und geben Sie den richtigen Namen der Verbindung an.



„Dodecan“

15. Kreuzen Sie alle richtigen Aussagen an!

-
- Ethen ist ein planares Molekül mit einer pi-Bindung und einer sigma-Bindung zwischen den beiden C-Atomen.
-
- Zu einem Halogenalkan darf kein festes Alkalimetallhydroxid (z.B. NaOH) zugegeben werden, weil es sonst zur explosionsartigen Reaktion kommen kann („Staudinger Versuch“)
-
- Der Trivialname von Tetrachlormethan ist Chloroform.
-
- Die Ringspannung von Cyclohexan ist größer als die Ringspannung von Cyclobutan.
-
- trans*-2-Buten und *cis*-2-Buten sind zwei unterschiedliche Konformationen der Verbindung 2-Buten.
-
- trans*-2-Buten und *cis*-2-Buten sind zueinander konstitutionsisomer.
-
- n*-Octan und Cyclooctan sind zueinander konstitutionsisomer.
-
- Für die Isomere eines Alkans (C_nH_{2n+2}) gilt: Je stärker verzweigt der Molekülbau, desto niedriger ist der Siedepunkt.
-
- Bei der Addition eines Halogens (X₂) an ein Alken entsteht eine gesättigte Verbindung.
-
- Der Siedepunkt eines halogenierten Alkans (z.B. Chlorethan) ist höher als der des Stammalkans (z.B. Ethan)
-

16. Welches Volumen Sauerstoffgas wird verbraucht, wenn 50 g Cyclopentan (M = 70,13 g/mol) vollständig verbrannt werden? Hinweis: Das molare Volumen von Sauerstoff beträgt bei den gegebenen Bedingungen 23,9 L/mol.

17. In einem Lehrbuch zur organischen Chemie steht: *Für die Energie von Kohlenwasserstoffradikalen gilt folgende Abstufung: primäres Radikal > sekundäres Radikal > tertiäres Radikal*

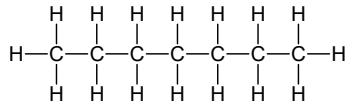
- a) Erläutern Sie kurz auf molekularer Ebene, wie es zu dieser Abstufung kommt.

- b) Wie wird durch diese energetische Abstufung die Produktzusammensetzung bei der Monobromierung von *n*-Butan beeinflusst? Geben Sie dabei auch die Strukturformel und den systematischen Namen des erwarteten Hauptprodukts an.

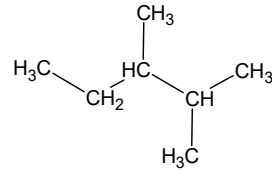
www.laborberufe.de (die kommentierten Lösungen zu diesen Aufgaben)

Lösungen und Lösungshinweise – ohne Gewähr

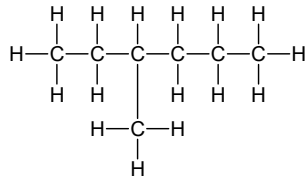
1.



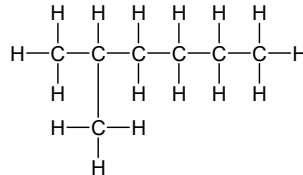
n-heptane



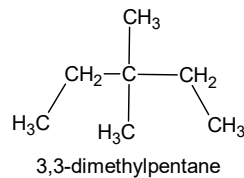
2,3-dimethylpentane



3-methylhexane



2-methylhexane



3,3-dimethylpentane

Es existieren auch viele weitere Konstitutionsisomere.

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 den 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 existieren bei Brom deshalb ein stärkerer Zusammenhalt der Moleküle untereinander, denn die van-der-Waals-Kräfte sind größer als beim Fluor.

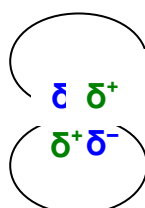
Ein weiteres, aber schwächeres Argument ist die höhere Molekülmasse vom Brom.

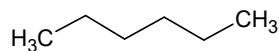
3.

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

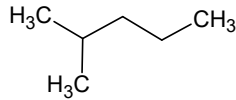


Eine elektrostatische Anziehung ist bei eher kugeligem, bzw. kompakteren Molekülbau nicht über weitere Teile des Moleküls möglich, denn die Berührungsflächen sind kleiner als bei länglichem Bau. Entsprechend fällt hier der Zusammenhalt der Moleküle untereinander gering aus, die Siedepunkte sind entsprechend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

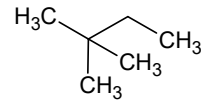




n-hexane



2-methylpentane



2,2-dimethylbutane

Alle drei Moleküle besitzen die gleiche Summenformel aber unterschiedliche Konstitution (Unterschiedliche Verknüpfung der Atome), damit sind sie zueinander konstitutionsisomer. Mit stärker verzweigtem, und damit kompakteren Bau, nimmt der Siedepunkt ab:

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

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)

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

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

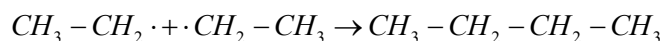
5.

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

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

$\cdot\text{CH}_2 - \text{CH}_3 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{ClCH}_2 - \text{CH}_3 + \cdot\text{Cl}$

Abbruchreaktionen: Reaktion zwischen 2 beliebigen Radikalen:

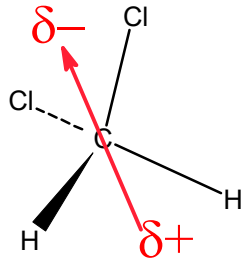


Nebenprodukte: In Abhängigkeit des Chloranteils im Reaktionsgemisch kann es auch zur Mehrfachchlorierung kommen. Dabei wird schon chlorierten Molekülen während der Reaktionskette mit $\text{Cl}\cdot$ ein H-Atom entrissen.

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

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.

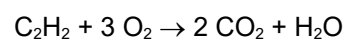
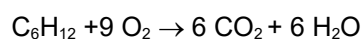
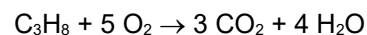
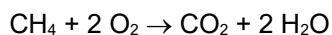
Obwohl Verbindungen wie Dichlormethan zumindest eine geringe Polarität besitzen, lösen sie sich nur schlecht im ebenfalls polaren Wasser. Die starken Wechselwirkungen zwischen den H₂O-Molekülen (Wasserstoffbrücken) bzw. die Wechselwirkungen zwischen den Dichlormethanmolekülen untereinander lassen sich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

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/energieärmer. Es bilden sich 2 Phasen: Brom-Phase und wässrige Phase.

8.



9.

es reichen ja auch 5, wenn Sie das Prinzip verstanden haben!

10.

- a) *n*-Octan b) 3-Ethyl-4-methylhexan c) 2,4,4-Trimethylhexan d) 2,2-Dimethylbutan
 (im Zweifelsfall entscheidet also das Alphabet, wo man zu zählen anfängt!)

11.

a)	CH ₄	+ 2 Cl ₂	→ CH ₂ Cl ₂	+ 2 HCl
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	

b)	Reaktionskette	Cl· + CH ₄	→ HCl + CH ₃ ·	Kettenabbruch: Reaktion zweier Radikale untereinander, z.B.: CH ₃ · + CH ₂ Cl· → H ₃ C-CH ₂ Cl Konkurrenzreaktion: z.B. Dreifachsubstitution
Radikalbildung		CH ₃ · + Cl ₂	→ CH ₃ Cl + Cl·	
Cl ₂ → 2 Cl·		CH ₃ Cl + Cl·	→ CH ₂ Cl· + HCl	
		CH ₂ Cl· + Cl ₂	→ CH ₂ Cl ₂ + Cl·	

12.

n-Butan bildet beim Angriff eines Br-Radikals seine radikalische Ladung bevorzugt am zweiten C-Atom aus (und nicht am ersten C-Atom):

$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + \text{Br}\cdot \rightarrow \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}\cdot-\text{CH}_3 + \text{HBr}$ (und nicht $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + \text{Br}\cdot \rightarrow \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\cdot + \text{HBr}$)

Hintergrund ist, dass ein solches Radikal durch die positiven induktiven Effekte (d.h. elektronenschiebende Effekte) der beiden anhängenden Alkylreste stabilisiert wird. Somit erfordert seine Bildung eine geringere Aktivierungsenergie. Bei der Bildung eines Radikals am terminalen C-Atom fällt der stabilisierende Effekt geringer aus, weil hier nur 1 Alkylgruppe anhängt.

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 => $M(X) = \frac{m(X)}{n(X)} = \frac{0,197\text{g}}{0,00446\text{mol}} \approx 44,1 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ ($\cong \text{C}_3\text{H}_8$)

14.

a) n-Dodecan

b) 3-Methyl-4-Propyl-nonan: Die Substituenten werden alphabetisch sortiert.

c) 2-Butin oder But-2-in!

d) 2-Penten ist nicht eindeutig! Hier handelt es sich um *trans*-2-Penten oder trans-Pent-2-en oder (2*E*)-Pent-2-en.

15.

x Ethen ist ein planares Molekül mit einer pi-Bindung und einer sigma-Bindung zwischen den beiden C-Atomen.

Zu einem Halogenalkan darf kein festes Alkalimetallhydroxid (z.B. NaOH) zugegeben werden, weil es sonst zur explosionsartigen Reaktion kommen kann („Staudinger Versuch“)

Der Trivialname von Tetrachlormethan ist Chloroform.

Die Ringspannung von Cyclohexan ist größer als die Ringspannung von Cyclobutan.

trans-2-Buten und *cis*-2-Buten sind zwei unterschiedliche Konformationen der Verbindung 2-Buten.

trans-2-Buten und *cis*-2-Buten sind zueinander konstitutionsisomer.

n-Octan und Cyclooctan sind zueinander konstitutionsisomer.

x Für die Isomere eines Alkans (C_nH_{2n+2}) gilt: Je stärker verzweigt der Molekülbau, desto niedriger ist der Siedepunkt.

x Bei der Addition eines Halogens (X₂) an ein Alken entsteht eine gesättigte Verbindung.

x Der Siedepunkt eines halogenierten Alkans (z.B. Chlorethan) ist höher als der des Stammalkans (z.B. Ethan)

16.

Masse	C ₅ H ₁₀	+	7,5 O ₂	→	5 CO ₂	+	5 H ₂ O
Stoffmenge	50 g						
Volumen	0,7129 mol		5,3472 mol				
			ca. 127,8 L				

a) Können ausgehend von einer organischen Verbindung verschiedene Radikale gebildet werden, so bildet sich bevorzugt das energieärmste Radikal. Anhängende Alkylreste an einem radikalischen C-Atom ($C\cdot$) können etwas Ladungsdichte zur Verfügung stellen und den Ladungsmangel am radikalischen Atom etwas kompensieren (**positiver induktiver Effekt, (+)-I-Effekt**). Je mehr Alkylreste am radikalischen C-Atom gebunden sind, desto größer fällt die energetische Stabilisierung aus. Je mehr Alkylreste am C-Atom anhängen, desto energieärmer ist also das Radikal. Die energieärmsten Alkylradikale sind diejenigen, bei denen das C-Atom 3 Alkylreste trägt, also tertiäre Radikale.

b) Wenn eines der 6 terminalen/endständigen H-Atome im *n*-Butan ($H_3C-CH_2-CH_2-CH_3$) abgespalten wird, so entsteht ein primäres Radikal: $\cdot CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$. Spaltet sich eines der 4 mittelständigen H-Atome (sekundäre H-Atome) ab ($CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$), so entsteht aus *n*-Butan ein sekundäres Radikal: $CH_3-C\cdot H-CH_2-CH_3$. Obwohl es also mehr Möglichkeiten gibt ein primäres Radikal zu bilden, kommt es aus energetischen Gründen hauptsächlich zur Bildung des sekundären Radikals, denn dieses ist energieärmer, d.h. stabiler. So bildet sich als Hauptprodukt das 2-Brombutan ($H_3C-CH_2-CH(Br)-CH_3$) und nicht 1-Brombutan.