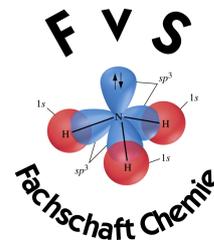


Wiederholungsthema:

Gesättigte Kohlenwasserstoffe (Alkane)



Zusammenfassung:

Gesättigte Kohlenwasserstoffe bestehen aus Ketten aus mit einander vernüpften Kohlenstoff-Atomen, an die die maximal mögliche Anzahl an Wasserstoffatomen gebunden ist. Sie bilden das „Fundament“ der organischen Chemie und werden weitestgehend aus Erdöl gewonnen. Moleküle, die zu dieser Stoffklasse gehören, werden als Alkane bezeichnet. Sie besitzen die allgemeine Summenformel C_nH_{2n+2} , z.B. CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 usw.

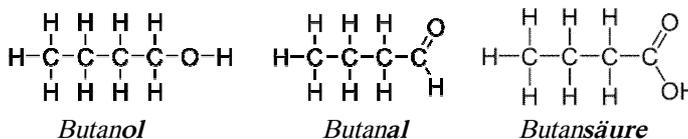
Unverzweigte Alkane

Benennung (Nomenklatur): Der Name eines Alkans richtet sich vorrangig nach der Länge der Kohlenstoffkette.

Name	C-Atome	Strukturformel	Name	C-Atome
Methan	1		Hexan	6
Ethan	2		Heptan	7
Propan	3		Octan	8
Butan	4		Nonan	9
Pentan	5		Decan	10

Diese Namen werden auch für „Abwandlungen“ der Moleküle verwendet. Aus dem Grundstamm des Namens lässt sich damit die Anzahl der C-Atome ableiten:

Alle Moleküle besitzen eine C-Kette mit 4 C-Atomen:



Eigenschaften:

Sämtliche Alkane sind unpolar, da die Differenz der Elektronegativität von Kohlenstoff und Wasserstoff lediglich 0,3 beträgt. Somit sind Alkane wasserunlöslich und hydrophob.

Aufgrund des unpolaren Charakters herrschen zwischen den Molekülen nur sehr schwache Anziehungskräfte, die Van-der-Waals Kräfte. Damit lassen sich auch die geringen Siede- und Schmelztemperaturen erklären. Diese nehmen mit steigender Kettenlänge zu, da sowohl die Molekülmasse als auch die Stärke der Van-der-Waals Kräfte zunimmt.

Van-der-Waals Kräfte:



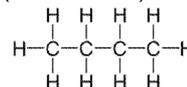
Da keine polaren Bindungen vorliegen, sind die Elektronen der Bindungen (fast) symmetrisch verteilt und es liegen keine Partialladungen (δ^+ und δ^-) vor. Durch eine spontane Verschiebung der Elektronen können diese Teilladungen jedoch kurzzeitig entstehen und das Molekül wird zu einem Dipol. Dieser bewirkt in einem Nachbarmolekül eine Elektronenverschiebung (Induktion), sodass dieses auch zu einem Dipol wird. Die Moleküle ziehen sich nun an. Die Dipole sind jedoch nicht stabil, die Elektronenverschiebung verschwindet nach kurzer Zeit wieder. Daher spricht man von temporären Dipolen. Die Anziehung zwischen den Molekülen ist somit um ein Vielfaches geringer als bei permanenten Dipolen (z.B. Wasser).

Übrigens...

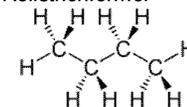


Es gibt auch noch Möglichkeiten die Strukturformel eines Alkans zu zeichnen:

Valenzstrichformel (Lewis-Formel)



Keilstrichformel



Die C-Atome liegen hier in einer Ebene. Einige H-Atome stehen nach vorne (\blacktriangleleft), einige nach hinten ($\bullet\bullet\text{H}$) aus der Ebene heraus.

Skelettformel



Am Anfang und am Ende sowie an jedem „Knick“ sitzt ein C-Atom. Die jeweilige Anzahl an H-Atomen muss man sich „dazudenken“.

Ebenso findet man oft Kombinationen der verschiedenen Schreibweisen.

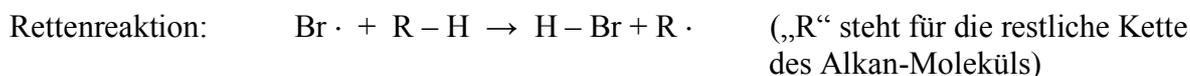
Reaktion: Da in einem Alkanmolekül keine dauerhaften (Teil-)Ladungen vorliegen, haben andere Moleküle keine Veranlassung mit dem Alkan in Wechselwirkung zu treten und eine Reaktion einzugehen.

Die Lösung liegt in der Bereitstellung eines sehr reaktiven Teilchens, das selbst mit einem reaktionsträgen Molekül wie dem Alkan reagiert. Damit entsteht ein wiederum reaktives Zwischenprodukt, das weiterreagieren kann.

Das „sehr reaktive Teilchen“ ist hier ein Radikal, ein Atom oder ein Molekül, das ungepaarte Valenzelektronen (Außenelektronen) besitzt. Diese Elektronen haben ein großes Bestreben, ein weiteres Elektron zu finden, so dass ein Elektronenpaar entsteht (ein energetisch stabiler Zustand). Ein solches Radikal erhält man z.B. wenn man Brom-Moleküle (Br_2 ; elementares Brom) Sonnenlicht aussetzt. Durch die Lichtenergie wird die Atombindung zwischen den Bromatomen homolytisch (genau in der Mitte) gespalten.

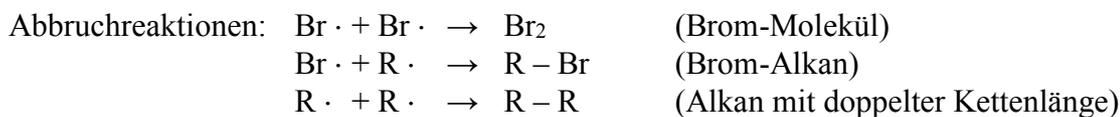


Diese Starter-Radikale reagieren nun mit Alkan-Molekülen; es bilden sich neue Radikale, die ihrerseits weiterreagieren. Es kommt zu einer Kettenreaktion!



Man erhält bei der Kettenreaktion somit ein Alkan-Molekül, bei dem ein Wasserstoff-Atom gegen ein Brom-Atom ausgetauscht (substituiert) wurde. Außerdem liegt am Ende wieder ein Brom-Radikal vor, das an einem weiteren Alkan-Molekül angreifen kann.

Zum Abbruch der Kettenreaktion kann es nur kommen, wenn zwei Radikale sich mit einer Elektronenpaarbindung verbinden. Nach dieser Reaktion liegt kein Radikal mehr vor.



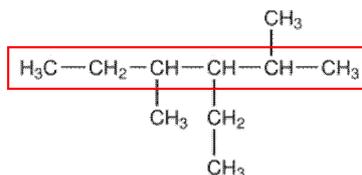
Die wesentliche Reaktion stellt der Austausch des Wasserstoffs- gegen das Brom-Atom dar. Da dies auf radikalischem Weg geschieht, nennt man diese Reaktionsart **Radikalische Substitution** (S_R).

Aufgrund der unterschiedlichen Abbruchreaktionen und der Tatsache, dass bei einem Alkan durchaus auch mehrere Wasserstoff-Atome substituiert werden können, erhält man bei dem Vorgang kein reines Produkt sondern ein Produktgemisch.

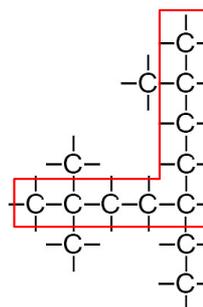
Verzweigte Alkane

Benennung: Bei der Benennung eines verzweigten Alkans muss man einige Regeln beachten.

1. Man sucht die längste durchgehende C-Kette im Molekül. Diese Kette darf in der Strukturformel auch durchaus einen „Knick“ haben. Die Anzahl an C-Atomen gibt den Namen der Hauptkette an.

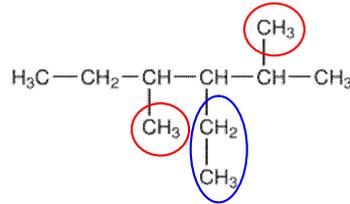


Das Grundgerüst bildet eine Hexan-Kette

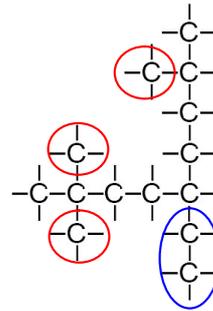


Das Grundgerüst bildet eine Nonan-Kette

2. Man schaut sich die Seitenketten an, die von der Hauptkette abzweigen. Der Name der Seitenkette leitet sich von der Anzahl der C-Atome ab und erhält die Endung „-yl“.



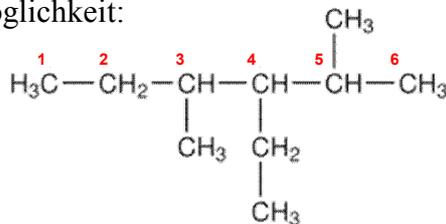
2 **Methyl**-Gruppen,
1 **Ethyl**-Gruppe



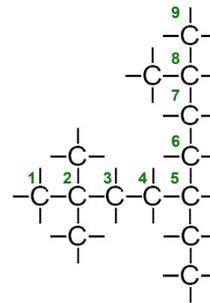
3 **Methyl**-Gruppen,
1 **Ethyl**-Gruppe

3. Jede Seitengruppe erhält eine Positionsnummer, je nachdem an welchem C-Atom der Hauptkette sie sitzt. Dazu werden die C-Atome der Hauptkette durchnummeriert und zwar so, dass die Nummern der Seitenketten anschließend so klein wie möglich sind. Die Seitenkettennamen werden mit ihrer Positionsnummer vorangestellt, am Ende steht der Name der Hauptkette. Kommen mehrere Seitenketten des gleichen Typs vor, macht man deren Anzahl mit den Vorsilben „di“, „tri“, „tetra“ usw. kenntlich. Die Seitenketten werden alphabetisch angeordnet, der Buchstabe der Vorsilbe ist dabei egal.

1. Möglichkeit:

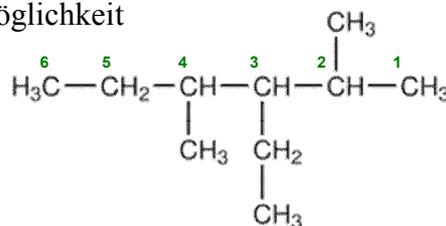


Name: 4-**Ethyl**-3,5-Di**methyl**-Hexan

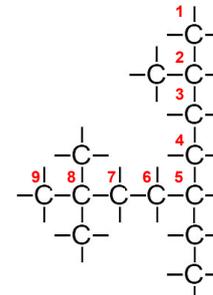


5-**Ethyl**-2,2,8-Trim**ethyl**-Nonan

2. Möglichkeit



Name: 3-**Ethyl**-2,3-Di**methyl**-Hexan



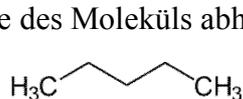
5-**Ethyl**-2,8,8-Trim**ethyl**-Nonan

⇒ **Möglichkeit 2** ist **richtig**, da hier im Namen die „2“ als kleinste Ziffer auftaucht, bei Möglichkeit 1 aber nur die „3“.

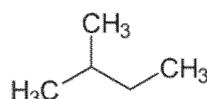
⇒ **Mögl. 1** ist **richtig**, da im Namen die kleinste Ziffer „2“ zweimal auftaucht

Eigenschaften:

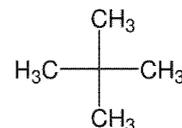
Auch hier sind die Moleküle natürlich unpolar und es wirken lediglich Van-der-Waals Kräfte. Beim Vergleich der Siedetemperaturen der Isomere des Pentans (das sind alle Alkane mit der Summenformel C_5H_{12}) erkennt man, dass diese auch von der Oberflächengröße des Moleküls abhängen.



*Pentan (Sdt.: 36°C)
linear → große Oberfläche*



2-Methyl-Butan (28°C)



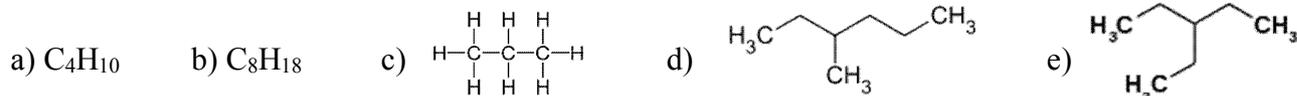
*2,2-Dimethyl-Propan (9,5°C)
"kugelförmig" → kleinste Oberfläche*

Übungsaufgaben:

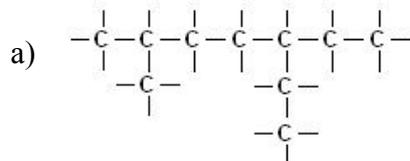
1. Zeichne die Strukturformel (Lewis-Formel) der angegebenen Moleküle.

a) Heptan b) 2-Methyl-Propan c) 3-Ethyl-2-Methyl-Hexan d) 2,3,3-Trimethyl-Pentan

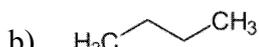
2. Benenne die abgebildeten Moleküle bzw. gib zu der Summenformel den Namen des unverzweigten Alkans an.



3. Suche den Fehler in der Benennung und korrigiere den Namen.

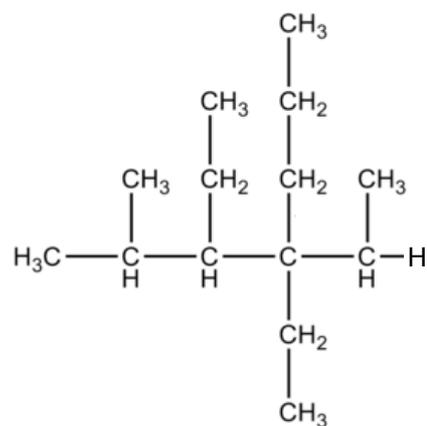


2-Methyl-5-Ethyl-Heptan

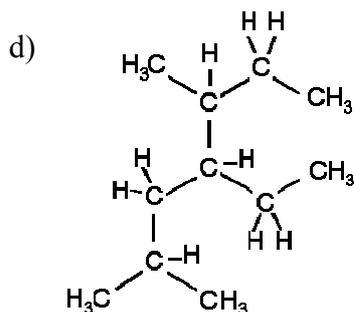


Propan

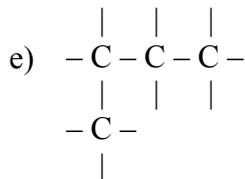
c)



3,4-Diethyl-2-Methyl-3-Propyl-Hexan



2,3-Diethyl-5-Methyl-Hexan



1-Methyl-Propan

4. Zeichne den Reaktionsverlauf für die Chlorierung von Methan.

5. Zeichne alle Isomere des Hexans und benenne sie.

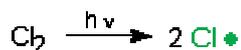
6. Ordne die Schmelztemperaturen (Smt) den jeweiligen Molekülen zu.

Alkan: *2,2-Dimethyl-Butan, Methan, Hexan*

Smt: *-182°C, -100°C, -95°C*

Lösungen (Fortsetzung):

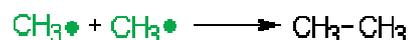
4. 1. Startreaktion



2. Kettenfortpflanzungsreaktionen



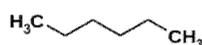
3. Kettenabbruchsreaktionen



Alle auftretenden Radikale sind grün dargestellt.

Der Ausdruck „ $h\nu$ “ steht für die Formel zur Berechnung der Energie elektromagnetischer Strahlung. Zur Spaltung der Chlor-Moleküle genügt jedoch „normales“ Tageslicht, man benötigt hier energiereichere UV-Strahlung.

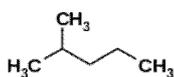
5.



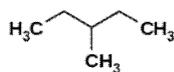
(1)

Summenformel: C_6H_{14}

(1) Hexan (auch genannt *n-Hexan* („normal“))



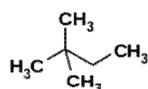
(2)



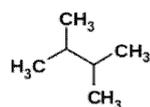
(3)

(2) 2-Methyl-Pentan (*Isohexan*)

(3) 3-Methyl-Pentan



(4)



(5)

(4) 2,2-Dimethyl-Butan (*Neohexan*)

(5) 2,3-Dimethyl-Butan

6. Die Schmelztemperaturen sind abhängig von der Stärke der Van-der-Waals Kräfte und damit von der Anzahl der C-Atome und der Oberfläche.

Methan besitzt nur ein C-Atom. Hier herrschen die schwächsten Anziehungskräfte; die Moleküle lassen sich also ohne großen Energieaufwand und somit bei geringen Temperaturen in den flüssigen Zustand überführen. $\Rightarrow -182^\circ\text{C}$

Hexan und 2,2-Dimethyl-Butan sind Isomere und unterscheiden sich in ihrer Oberflächengröße. Hexanmoleküle sind linear und können sich leicht parallel zueinander ausrichten. Die Anziehungskräfte wirken daher auf einer großen Fläche.

Bei 2,2-Dimethyl-Butan erhält das Molekül eine „rundlichere“ Form. Die Kontaktfläche, wo die Anziehungskräfte wirken ist demnach nicht mehr so groß und der Stoff lässt sich „leichter“ verflüssigen. \Rightarrow 2,2-Dimethyl-Butan: -100°C ; Hexan: -95°C

Bildquellen:

[wikipedia.de](http://www.wikipedia.de); <http://images.wikia.com/future/images/1/1b/3-ethyl-2-methyl-heptane.jpg>;

<http://www.chemgapedia.de/vsengine/media/vsc/de/ch/4/cm/kohlenwasserstoffe/bilder/nomenklatur11.gif>;

<http://www.wissen-digital.de/images/thumb/7/7f/Isobutan.jpg/200px-Isobutan.jpg>;

http://www2.chemie.uni-erlangen.de/projects/vsc/chemie-mediziner-neu/kohlenwasserstoffe/bilder/nom_3ethyl2methylhexan1.gif;

http://www.chemgapedia.de/vsengine/media/vsc/de/ch/12/oc/radikale/subst_mechanismus/chlormethan4_2a...;