
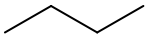
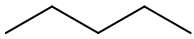
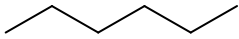
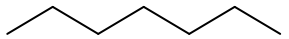
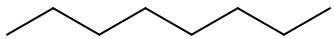


# 1 Alkanen

## 1 Alkanen $C_nH_{2n+2}$

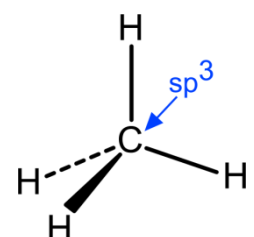
Alkanen zijn koolwaterstoffen (moleculen waarin enkel koolstof- en waterstofatomen voorkomen) waarin de koolstofatomen uitsluitend aan elkaar gebonden zijn door enkelvoudige covalente bindingen.

Alkaan	Lewisformule Zaagtandformule
methaan	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$
ethaan	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
propan	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ 
butaan	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ 
pentaan	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ 
hexaan	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ 
heptaan	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ 
octaan	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ 

Alkaan	Lewisformule Zaagtandformule
nonaan	
decaan	

Alkaan	Brutoformule Gecondenseerde formule	Bolkapmodel	$t_s$ (°C)	$t_k$ (°C)	Aggr.
methaan	CH <sub>4</sub>		-182	-164	g
ethaan	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> CH <sub>3</sub> -CH <sub>3</sub>		-183,3	-88,6	g
propaan	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>		-189,7	-42,1	g
n-butaan	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>		-138,4	-0,5	g
n-pentaan	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> -CH <sub>3</sub>		-130	36,1	vl
n-hexaan	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -CH <sub>3</sub>		-95	69	vl
n-heptaan	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub> CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> -CH <sub>3</sub>		-90,6	98,4	vl
n-octaan	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> -CH <sub>3</sub>		-56,8	125,7	vl
n-nonaan	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub> CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> -CH <sub>3</sub>		-51	150,8	vl
n-decaan	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub> CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> -CH <sub>3</sub>		-29,7	174,1	vl

**Methaan** is het eenvoudigste alkaan en meteen ook de eenvoudigste organische molecule, bestaande uit één koolstofatoom waaraan vier waterstofatomen gebonden zijn met enkelvoudige covalente bindingen. Methaan is het hoofdbestanddeel van aardgas (80-95%). Het ontstaat ook bij sommige gistingsprocessen (modder van sloten en rivieren, gisting in de



Afb. 1 – Methaan:  
tetraëdrisch

pensmaag van herkauwers, gisting van slib in afvalwaterzuiveringstations, ...). Met lucht kan het zeer explosieve mengsels vormen. Het wordt vooral gebruikt als brandstof, maar ook als grondstof voor de synthese van sommige andere stoffen.



Het koolstofatoom in een methaanmolecule is **tetraëdrisch**: de vier waterstofatomen bevinden zich op de toppen van een tetraëder waarvan het koolstofatoom het middelpunt vormt. De hoek tussen twee C-H bindingen is  $109^{\circ} 28'$  groot. Het koolstofatoom is in de alkaanketen **sp<sup>3</sup>-gehybridiseerd**.

Alkanen zijn **verzadigde acyclische koolwaterstoffen**: de moleculen bestaan enkel uit koolstof- en waterstofatomen (koolwaterstoffen), er komen uitsluitend enkelvoudige bindingen in voor (verzadigde) en de koolstofketen is niet gesloten (acyclisch). Een hoger alkaan krijgen we door één koolstofatoom en twee waterstofatomen (-CH<sub>2</sub>-) toe te voegen aan het vorige.

De alkanen vormen een homologe reeks met als algemene formule C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>.

De eerste vier alkanen zijn (bij normale omstandigheden) gasen. Vanaf pentaan t.e.m. hexadecaan C<sub>16</sub>H<sub>34</sub> zijn het vloeistoffen. Vanaf heptadecaan C<sub>17</sub>H<sub>36</sub> zijn het vaste stoffen. Merk ook op dat het kookpunt stijgt en de stof dus minder vluchtig is naarmate de ketenlengte en contactoppervlak (Afb. 2) toeneemt. Dit kan verklaard worden door het toenemen van de cohesiekrachten naarmate de moleculen en dus ook hun massa groter worden. Hoe groter de massa van de moleculen, hoe moeilijker ze de vloeistoffase kunnen verlaten.

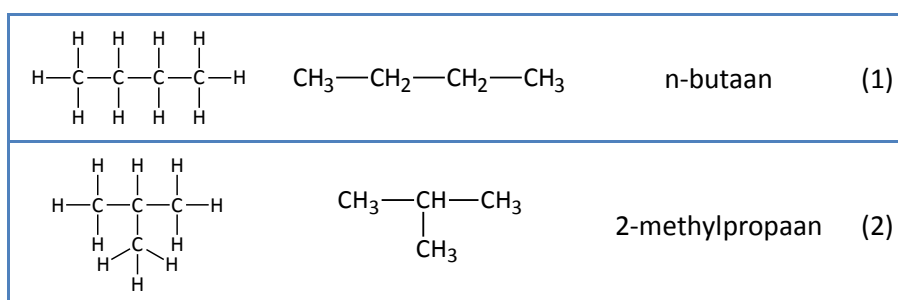
Hoe groter het contactoppervlak, hoe hoger smelten kookpunt.  
Voorbeeld

	
n-pentaan	neopentaan
$t_s: -130^{\circ}\text{C}$	$t_s: -17^{\circ}\text{C}$
$t_k: 36^{\circ}\text{C}$	$t_k: 10^{\circ}\text{C}$

Afb. 2

## 2 Isomerie

Butaan heeft als formule C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>. Met vier koolstof- en tien waterstofatomen kunnen echter twee verschillende moleculen worden samengesteld:



In de eerste molecule is de koolstofketen niet vertakt: we noemen het normaal-butaan of n-butaan. In de tweede molecule telt de langste koolstofketen slechts drie koolstofatomen en is het vierde koolstofatoom gebonden aan het middelste: we noemen dit methylpropan of isobutaan. Beide stoffen zijn **isomeren**: ze hebben **dezelfde brutoformule** C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> en toch een **verschillende structuur** en dus verschillende eigenschappen. In bovenstaand voorbeeld verschilt enkel de vorm van de koolstofketen. We spreken dan van **ketenisomeren**.

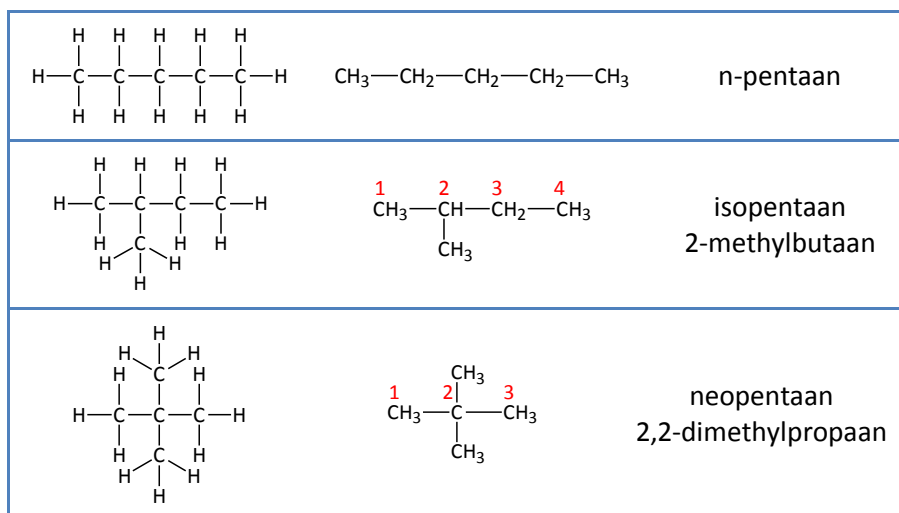
Isomeren zijn moleculen met dezelfde brutoformule  $C_4H_{10}$ , maar een verschillende structuur.

Ketenisomeren zijn moleculen waarbij enkel de vorm van de koolstofketen verschilt.

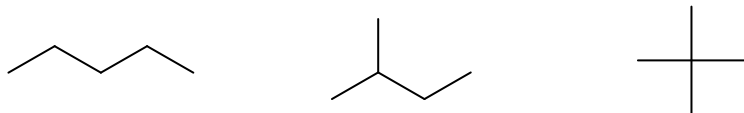
In de organische chemie zegt een brutoformule dus meestal niet genoeg. We moeten dus in de meeste gevallen de structuur van de molecule op een of andere manier weergeven.

### Andere voorbeelden

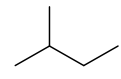
#### $C_5H_{12}$



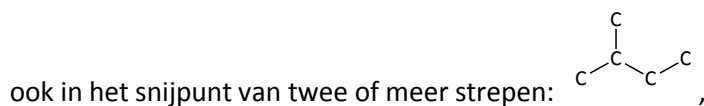
Een kortere voorstelling van de structuren hierboven is de volgende:



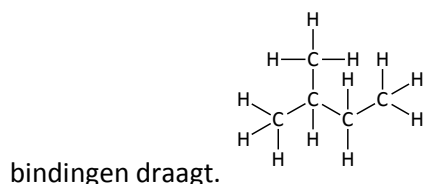
Deze voorstellingen, de **zaagtandvoorstelling** genoemd, verkrijgen we door zowel de H-atomen als de C-atomen uit de moleculen weg te laten. Enkel de bindingen tussen de C-atomen worden geschreven.

Als je deze streepjesformule ziet , dan kan je ze als volgt vervullen:

1. schrijf een C-atoom aan het begin en het einde van elke streep en

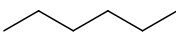
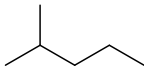
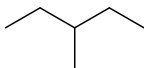
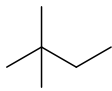
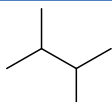


2. bind aan elk C-atoom voldoende H-atomen, zodat elk C-atoom vier

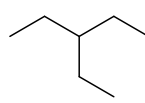
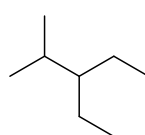


De bekomen formule noemt men de **lewisformule** of **structuurformule**. Ze kan de juiste bindingshoeken weergeven, maar dat is niet noodzakelijk.

**C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>**

	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$	n-hexaan
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{—CH—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	2-methylpentaan
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH—CH}_2\text{—CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	3-methylpentaan
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3\text{—C—CH}_2\text{—CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	2,2-dimethylbutaan
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\   \quad   \\ \text{CH}_3\text{—CH—CH—CH}_3 \end{array}$	2,3-dimethylbutaan

In bovenstaande voorbeelden bevat(ten) de zijketen(s) telkens slechts één koolstofatoom:  $\text{—CH}_3$  of methyl-. De naam van het  $\text{CH}_3$ -radicaal is afgeleid van methaan. Zijketens kunnen ook meerdere koolstofatomen bevatten:  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—}$  of  $\text{C}_2\text{H}_5\text{—}$  of ethyl- (afgeleid van ethaan  $\text{C}_2\text{H}_6$ ):

$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH—CH}_2\text{—CH}_3 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$		3-ethylpentaan
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3\text{—CH—CH—CH}_2\text{—CH}_3 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$		3-ethyl-2-methylpentaan

Alkylradicalen zijn (C,H)-groepen die afgeleid zijn van alkanen waaruit één H-atoom is weggelaten.

methaan	$\text{CH}_4$		$\text{CH}_3$		methyl-
ethaan	$\text{CH}_3\text{—CH}_3$	$\text{C}_2\text{H}_6$	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—}$	$\text{C}_2\text{H}_5\text{—}$	ethyl-
propan	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_3$	$\text{C}_3\text{H}_8$	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—}$	$\text{C}_3\text{H}_7\text{—}$	propyl



- 1 Met  $\text{C}_7\text{H}_{16}$  als brutoformule kunnen 9 isomeren geschreven worden. Doe dat en tracht ze ook een naam te geven.

### 3 Nomenclatuur van de alkanen

1. Zoek de langste, niet-vertakte koolstofketen. Dit is de hoofdketen. Indien er meerdere mogelijkheden zijn, kies dan voor de hoofdketen met de meeste vertakkingen. Het aantal koolstofatomen in deze keten bepaalt de **stamnaam**.
2. Voor **alkanen** wordt de stamnaam aangevuld met de uitgang 'aan'.
3. Nummer de hoofdketen zodanig dat de som van de plaatscijfers van de substituenten zo klein mogelijk is. Indien de twee mogelijkheden een gelijke som opleveren, geef dan de laagste plaatscijfers aan de zijketens die alfabetisch eerst komen.
4. Noem de radicalen die op de keten staan voor de naam:
  - in alfabetische volgorde,
  - eventueel met voorvoegsels die het aantal substituenten weergeven,
  - voorafgegaan door plaatscijfers (één voor elke substituent).
5. Voor de bepaling van de alfabetische volgorde worden de **telvoorvoegsels** die het aantal groepen weergeven, niet meegerekend (dimethyl = M). De andere voorvoegsels die hieronder voorkomen (iso = I, sec- = S, tert- = T) worden wél meegerekend.

#### Stamnamen

1	meth-
2	eth-
3	prop-
4	but-
5	pent-
6	hex-
7	hept-
8	oct-
9	non-
10	dec-

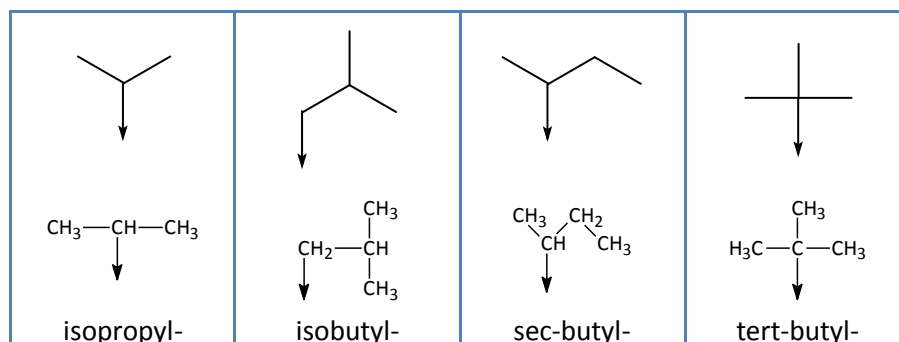
Afb. 3 – Stamnamen

#### Telvoorvoegsels

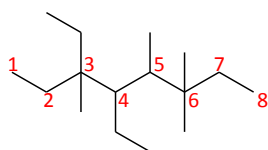
2	di
3	tri
4	tetra
5	penta
6	hexa
7	hepta
8	octa
9	nona
10	deca

Afb. 4 – Telvoorvoegsels

Voor volgende alkylgroepen worden ook de volgende namen gebruikt:



Voorbeeld



3,4-diethyl-3,5,6,6-tetramethyloctaan

### 4 Fysische eigenschappen van de alkanen

Vermits alkaanmoleculen apolair zijn hebben de alkanen lage smelt- en kookpunten en zijn ze zeer weinig oplosbaar in water (polair oplosmiddel).

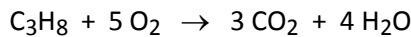
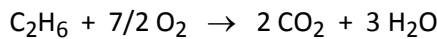
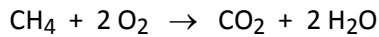
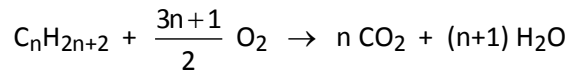
### 5 Chemische eigenschappen van de alkanen

De  $\sigma$ -bindingslektronen tussen de koolstofatomen onderling en tussen de koolstof- en waterstofatomen komen niet gemakkelijk tot reactie. In tegenstelling tot  $\pi$ -bindingslektronen is de bewegingsvrijheid van deze elektronen eerder beperkt: ze worden namelijk op hun plaats gehouden door de sterke aantrekkingskrachten die uitgaan van beide gebonden atoomkernen.

Bovendien zijn het apolaire moleculen waardoor geladen reagentia helemaal niet worden aangetrokken.

Deze beide factoren verklaren de vroegere naam **paraffinen** (parum = tegen/ affinis = affiniteit , chemische reactiviteit).

Bij de oxidatie- of **verbrandingsreactie van alkanen** (de meest voorkomende reactie bij de alkanen) wordt de koolstofketen vernietigd:



Eén reactie, waarbij de koolstofketen behouden blijft, is de homolytische substitutiereactie, waarbij H-atomen vervangen worden door halogeenatomen. Deze reactie bespreken we in het hoofdstuk over de halogeenalkanen.



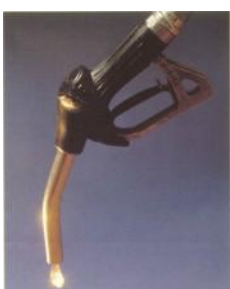
Afb. 5 – Boorplatform



Afb. 6 – Oliepijpleiding in Alaska



Afb. 7 – Aardgastanker Methania



Afb. 8 - Benzine

## 6 Gebruik en toepassingen van de alkanen

De wereldenergievoorziening steunt in hoge mate op de **verbranding van aardolieproducten en aardgas**, die voornamelijk uit alkanen bestaan. Deze grondstoffen vormen daarenboven de basis van de hele **petrochemie**, waaruit producten ontstaan die uit de moderne samenleving niet meer weg te denken zijn.

**Methaan** is het hoofdbestanddeel van aardgas.

Methaan wordt vaak via tankschepen aangevoerd.

In streken waar geen aardgasleiding ligt, wordt vaak **propana** als brandstof gebruikt.

**Butaan** wordt in stalen flessen verkocht: kookvuren, campinggas.

**L.P.G.** (Liquid Petroleum Gas) is een gasmengsel dat in de raffinaderij uit aardolie gewonnen wordt. Het bestaat uit alkanen met drie en/of vier C-atomen en wordt aangewend als motorbrandstof.

**Benzine** bevat zowat driehonderd verschillende verbindingen, meestal alkanen (C<sub>7</sub> - C<sub>8</sub>).

**Kerosine, gasolie, stookolie** (brandstof voor diesel- of reactiemotoren): bevatten hoofdzakelijk alkanen (C<sub>10</sub> - C<sub>16</sub>).

### Nog enkele andere toepassingen van alkanen

- paraffinekaarsen
- oplosmiddelen voor organische stoffen (white spirit)
- smeeroliën
- bitumen (asfalt voor wegbedekking, roofing)

### Wat wint men uit ruwe petroleum?

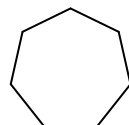
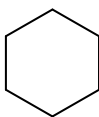
Product	Gallons per barrel
1 barrel = 31,5 gallon = 119 L 1 gallon = 3,785 L	
Benzine	19.5
Diesel en Stookolie	9.2
Kerosine	4.3

Zware stookolie	2.3
Propaan & Butaan	1.9
Asfalt	1.3
Petrochemische grondstoffen	1.2
Smeermiddelen	0.5
Andere	0.3

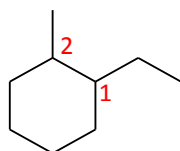
## 7 Cycloalkanen

Uiteraard kunnen bij alkanen ook gesloten ketens voorkomen. Men spreekt dan van cycloalkanen.

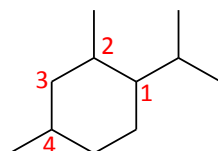
1. Gebruik het voorvoegsel 'cyclo' voor de naam van het overeenstemmende alkaan.  
Het aantal koolstofatomen in deze keten bepaalt de **stamnaam**.
2. Bij vertakte cycloalkanen gebeurt de benaming en de nummering van de zijketens volgens de regels die bij de vertakte alkanen gelden.
3. Een cyclisch alkaan kan ook als cycloalkylrest, als substituent voorkomen.



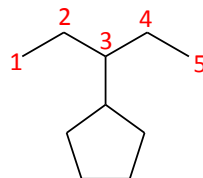
cyclopropan    cyclobutaan    cyclopentaan    cyclohexaan    cycloheptaan



1-ethyl-2-methylcyclohexaan



1-isopropyl-2,4-dimethylcyclohexaan



3-cyclopentylpentaan

In de natuur komen cyclopropan en cyclobutaan niet voor, cyclopentaan en cyclohexaan wel. De zesringen zijn het talrijkst. Dit heeft alles te maken met de stabiliteit van de ringstructuren.