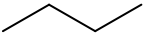
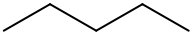
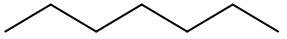
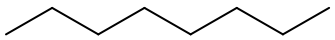
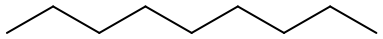


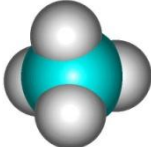
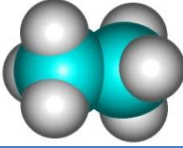
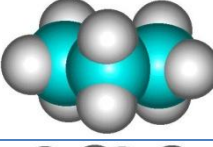
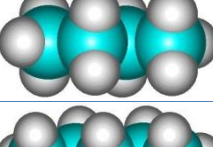
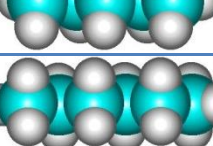
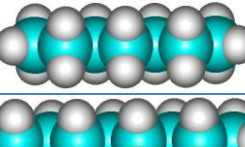
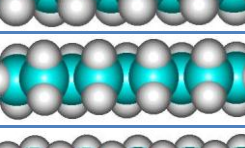
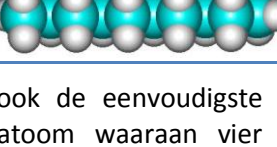
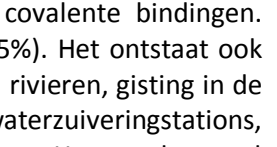
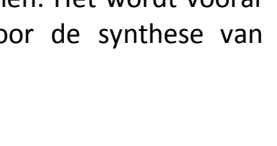
1

Koolwaterstoffen

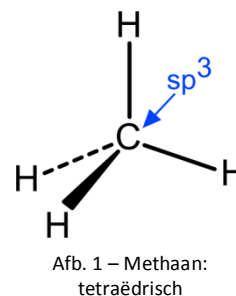
1 Alkanen C_nH_{2n+2}

Alkaan	Lewisformule Zaagtandformule
methaan	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$
ethaan	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
propaan	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ 
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	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ 
nonaan	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ 

Alkaan	Lewisformule Zaagtandformule
decaan	

Alkaan	Brutoformule Gecondenseerde formule	Bolkapmodel	t_s (°C)	t_k (°C)	Aggr.
methaan	CH ₄		-182	-164	g
ethaan	C ₂ H ₆ CH ₃ -CH ₃		-183,3	-88,6	g
propaan	C ₃ H ₈ CH ₃ -CH ₂ -CH ₃		-189,7	-42,1	g
n-butaan	C ₄ H ₁₀ CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃		-138,4	-0,5	g
n-pentaan	C ₅ H ₁₂ CH ₃ -(CH ₂) ₃ -CH ₃		-130	36,1	vl
n-hexaan	C ₆ H ₁₄ CH ₃ -(CH ₂) ₄ -CH ₃		-95	69	vl
n-heptaan	C ₇ H ₁₆ CH ₃ -(CH ₂) ₅ -CH ₃		-90,6	98,4	vl
n-octaan	C ₈ H ₁₈ CH ₃ -(CH ₂) ₆ -CH ₃		-56,8	125,7	vl
n-nonaan	C ₉ H ₂₀ CH ₃ -(CH ₂) ₇ -CH ₃		-51	150,8	vl
n-decaan	C ₁₀ H ₂₂ CH ₃ -(CH ₂) ₈ -CH ₃		-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 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 **sp³-gehybridiseerd**.

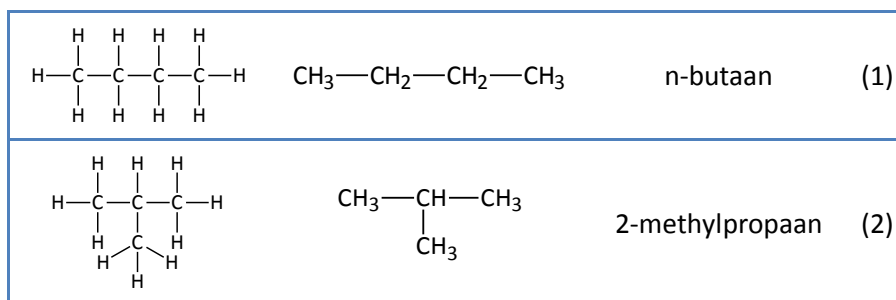
Alkanen zijn **verzadigde acyclische koolwaterstoffen**: de moleculen bestaan enkel uit koolstof- en waterstofatomen (koolwaterstoffen), er komen uitsluitend enkelvoudige bindingen in voor (verzadigde) en de koolstofketen is niet gesloten (acyclisch). Een hoger alkaan krijgen we door één koolstofatoom en twee waterstofatomen (-CH₂-) toe te voegen aan het vorige.

De alkanen vormen een homologe reeks met als algemene formule C_nH_{2n+2}.

De eerste vier alkanen zijn (bij normale omstandigheden) gasen. Vanaf pentaan t.e.m. hexadecaan C₁₆H₃₄ zijn het vloeistoffen. Vanaf heptadecaan C₁₇H₃₆ 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.

2 Isomerie

Butaan heeft als formule C₄H₁₀. 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 methylpropaan of isobutaan. Beide stoffen zijn **isomeren**: ze hebben **dezelfde brutoformule** C₄H₁₀ en toch een **verschillende structuur** en dus verschillende eigenschappen. In bovenstaand voorbeeld verschilt enkel de vorm van de koolstofketen. We spreken dan van **ketenisomeren**.

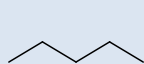
Isomeren zijn moleculen met dezelfde brutoformule C₄H₁₀, maar een verschillende structuur.

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.

Hoe groter het contact-oppervlak, hoe hoger smelt- en kookpunt.

Voorbeeld



n-pentaan

$t_s : -130^{\circ}\text{C}$

$t_k : 36^{\circ}\text{C}$



neopentaan

$t_s : -17^{\circ}\text{C}$

$t_k : 10^{\circ}\text{C}$

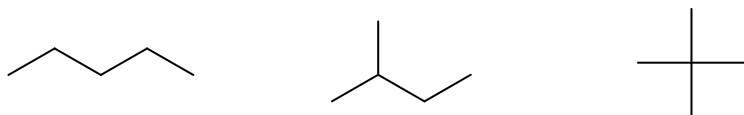
Afb. 2

Andere voorbeelden

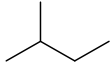
C₅H₁₂

	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$	n-pentaan
	$\overset{1}{\text{CH}_3}\text{—}\overset{2}{\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}}\text{—}\overset{3}{\text{CH}_2}\text{—}\overset{4}{\text{CH}_3}$	isopentaan 2-methylbutaan
	$\overset{1}{\text{CH}_3}\text{—}\overset{2}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}}\text{—}\overset{3}{\text{CH}_3}$	neopentaan 2,2-dimethylpropan

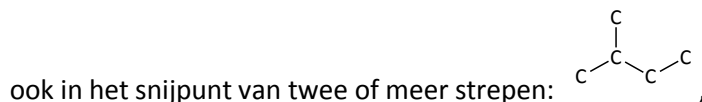
Een kortere voorstelling van de structuren hierboven is de volgende:



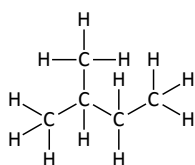
Deze voorstellingen, de **zaagtandvoorstelling** genoemd, verkrijgen we door zowel de H-atomen als de C-atomen uit de moleculen weg te laten. Enkel de bindingen tussen de C-atomen worden geschreven.

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

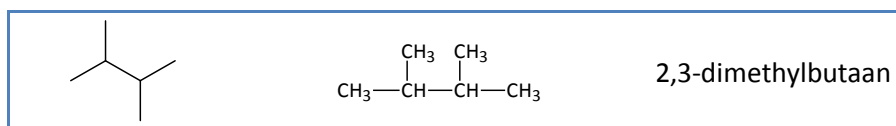


bindingen draagt.

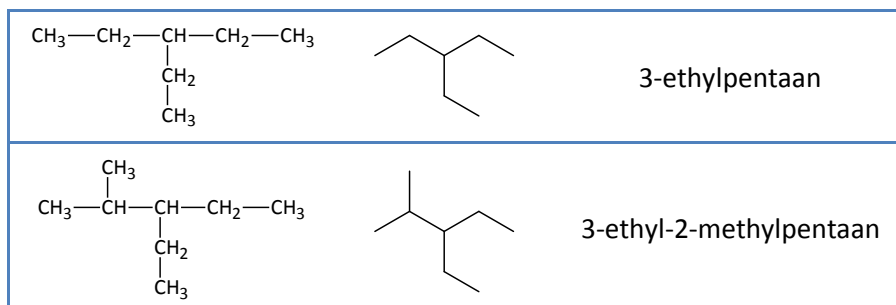
De bekomen formule noemt men de **lewisformule** of **structuurformule**. Ze kan de juiste bindingshoeken weergeven, maar dat is niet noodzakelijk.

C₆H₁₄

	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$	n-hexaan
	$\text{CH}_3\text{—}\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$	2-methylpentaan
	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—}\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}\text{—CH}_2\text{—CH}_3$	3-methylpentaan
	$\text{CH}_3\text{—}\overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}}\text{—CH}_2\text{—CH}_3$	2,2-dimethylbutaan



In bovenstaande voorbeelden bevat(ten) de zijketen(s) telkens slechts één koolstofaatom: $-\text{CH}_3$ of methyl-. De naam van het CH_3 -**radicaal** is afgeleid van methaan. Zijketens kunnen ook meerdere koolstofatomen bevatten: CH_3-CH_2- of C_2H_5- of ethyl- (afgeleid van ethaan C_2H_6):



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

methaan	CH_4		CH_3		methyl-
ethaan	CH_3-CH_3	C_2H_6	CH_3-CH_2-	C_2H_5-	ethyl-
propaan	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	C_3H_8	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	C_3H_7-	propyl



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

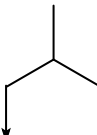
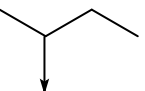
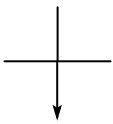
Afb. 4 – Telvoorvoegsels

- 1 Met C_7H_{16} als brutoformule kunnen 9 isomeren geschreven worden. Doe dat en tracht ze ook een naam te geven.

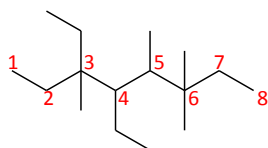
3 Nomenclatuur van de alkanen

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.

Voor volgende alkylgroepen worden ook de volgende namen gebruikt:

 $\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3$  $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2-\text{CH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$  $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{CH}_2 \quad \text{CH}_3 \\ \quad \quad \\ \text{CH} \end{array}$  $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{H} \end{array}$	isopropyl-	isobutyl-	sec-butyl-	tert-butyl-
--	------------	-----------	------------	-------------

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).

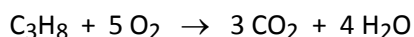
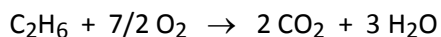
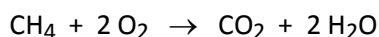
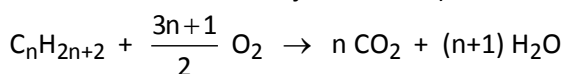
5 Chemische eigenschappen van de alkanen

De σ -bindingselektronen tussen de koolstofatomen onderling en tussen de koolstof- en waterstofatomen komen niet gemakkelijk tot reactie. In tegenstelling tot π -bindingselektronen 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



Afb. 9 - Petrochemie

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 **propaan** 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 (C₇ - C₈).

Kerosine, gasolie, stookolie (brandstof voor diesel- of reactiemotoren): bevatten hoofdzakelijk alkanen (C₁₀ - C₁₆).

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 Alkenen

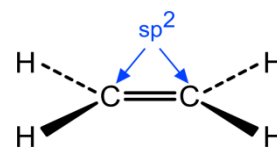
Etheen - C₂H₄

Het eenvoudigste alkeen is etheen, met als formule C₂H₄. De twee koolstofatomen zijn aan elkaar gebonden met een dubbele covalente binding. Aan elk koolstofatoom zijn er ook nog twee waterstofatomen gebonden.

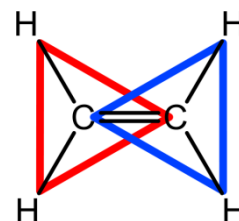
Etheen komt slechts in kleine hoeveelheden voor in aardolie. Bij het kraakproces (Afb. 13) echter ontstaan er grote hoeveelheden etheen.

In etheen zijn de koolstofatomen **sp²-gehybridiseerd** (trigonaal): de omringende atomen (1 C en 2 H) bevinden zich op de toppen van een gelijkzijdige driehoek waarvan het koolstofatoom het middelpunt vormt. De hoeken tussen de bindingen zijn 120° groot.

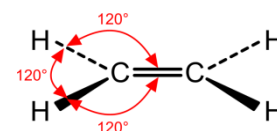
Etheen is een belangrijke grondstof. De chemische eigenschappen worden bepaald door de aanwezigheid van de dubbele binding. Daardoor kan etheen twee soorten chemische reacties ondergaan die bij ethaan bijvoorbeeld niet mogelijk zijn.



Afb. 10 – Etheen: vlak



Afb. 11 – Etheen: trigonaal

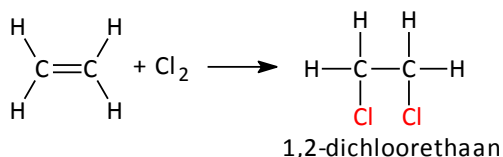
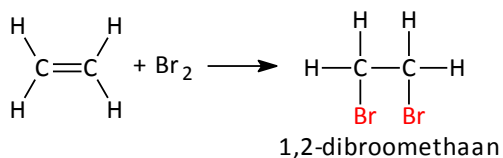


Afb. 12 – Etheen: 120°

8 Additiereacties

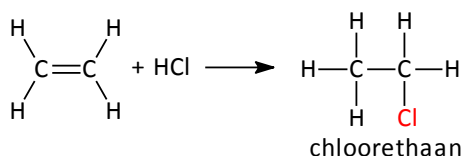
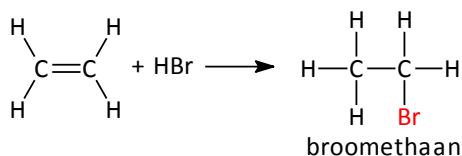
Bij een additiereactie (In het volgende hoofdstuk wordt dit reactietype, de elektrofile additie, uitvoerig behandeld.) wordt de dubbele binding tussen de twee koolstofatomen omgezet in een enkele binding, terwijl er aan beide koolstofatomen een atoom of een groep gebonden wordt. Er zijn vier belangrijke additiereacties mogelijk.

• Additie van X₂ (Br₂ of Cl₂)



Hierbij ontstaat een gehalogeneerd koolwaterstof. Dergelijke producten worden vaak als oplosmiddel gebruikt (Tipex).

• Additie van HX (HBr of HCl)



Ook deze producten zijn gehalogeneerde koolwaterstoffen.

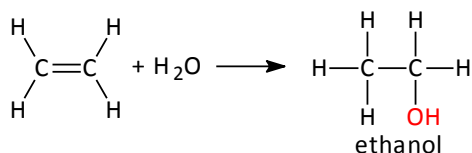
Kraakproces

Een industrieel proces waarbij door verhitten langere koolwaterstofketens omgezet worden in kortere.

Afhankelijk van de temperatuur en de gebruikte katalysator kunnen ook dubbele en drievoudige bindingen geïntroduceerd worden.

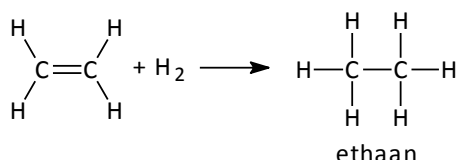
Afb. 13

- **Additie van H₂O**



Het product dat hierbij ontstaat is een alcohol: de OH-groep is daarbij zeer typisch.

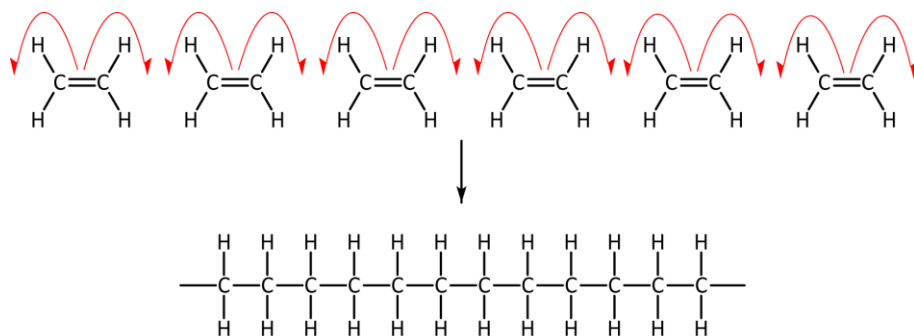
- **Additie van H_2**



Bij de additie van diwaterstof ontstaat een alkaan.

9 Polymerisatiereacties

Etheen (en ook sommige andere alkenen) worden in grote mate gebruikt voor het produceren van plastics. Hiertoe wordt etheen bij hoge temperatuur in contact gebracht met een katalysator. Daarbij worden veel (350 – 1400) etheenmoleculen in een lange keten aan elkaar gebonden. Dit noemt men een **polymerisatiereactie**. Alhoewel het hier niet de bedoeling is om dieper in te gaan op de verschillende polymerisatiemethodes geven we toch enkele voorbeelden.



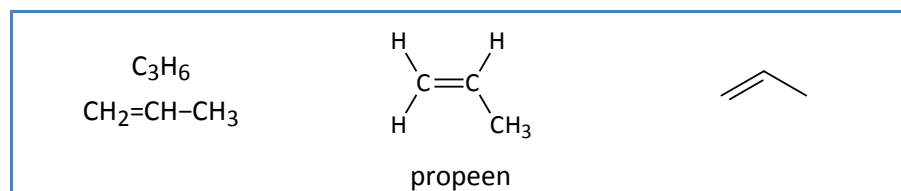
polyethene (PE)

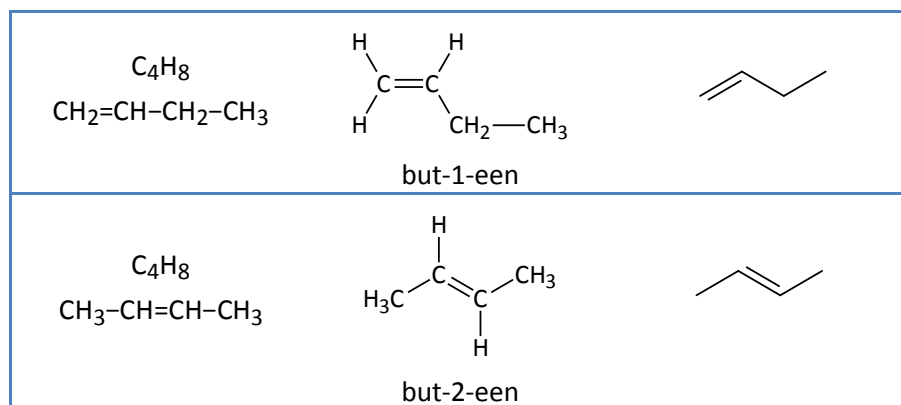
Polyetheen is een polymeer dat vooral gebruikt wordt voor de productie van flessen, emmers, folie, zakjes, ...

10 Hogere alkenen C_nH_{2n}

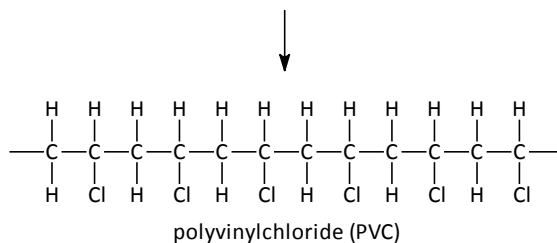
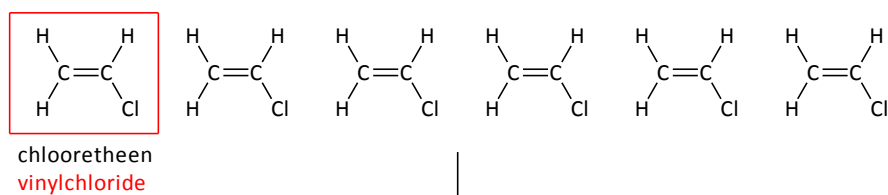
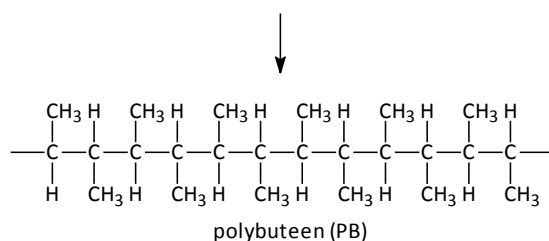
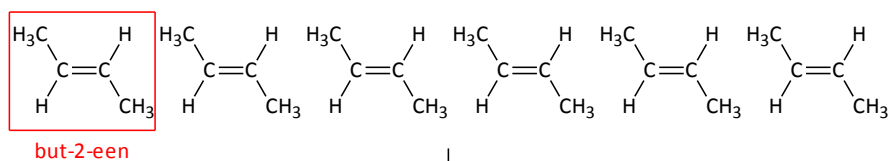
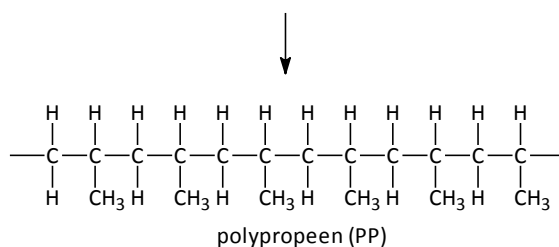
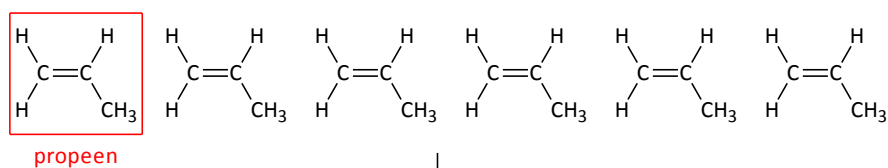
Ook in langere ketens kunnen dubbele bindingen voorkomen.

Een alkaan heeft als brutoformule C_nH_{2n+2} . Indien in de keten, tussen twee koolstofatomen, een dubbele binding aanwezig is, dan heeft dit voor gevolg dat aan die beide koolstofatomen een H-atoom minder gebonden is. De algemene formule is dus C_nH_{2n} .



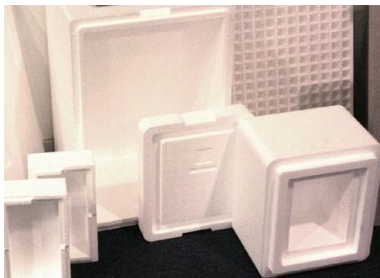


Ook deze hogere alkenen vindt men uit het kraakproces. Ook zij worden vooral gebruikt voor de productie van plastics door polymerisatie.





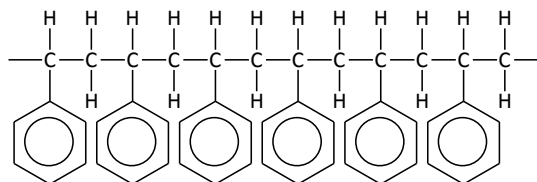
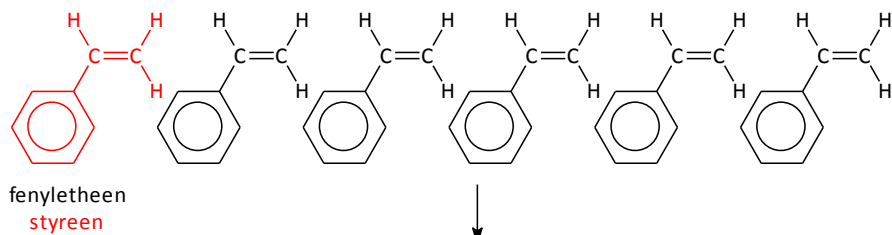
Afb. 15 – Polystyreen: isolatiemateriaal



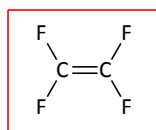
Afb. 16 – Polystyreen: verpakkingsmateriaal



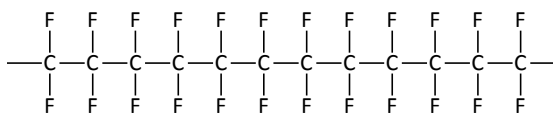
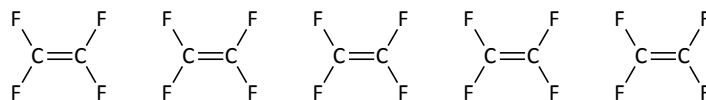
Afb. 17 - PTFE of teflon is o.a. bekend om haar anti-klee-eigenschappen en goede hittebestendigheid en wordt dan ook gebruikt voor de bekleding van braadpannen.



polystyreen (PS)

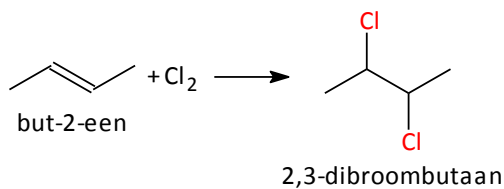
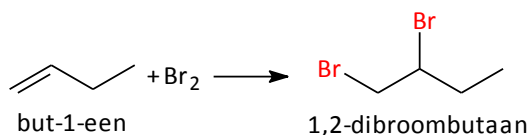
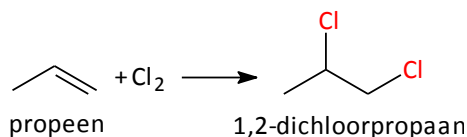


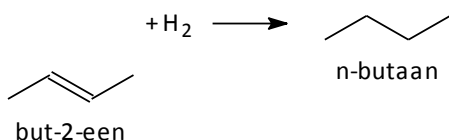
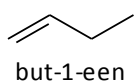
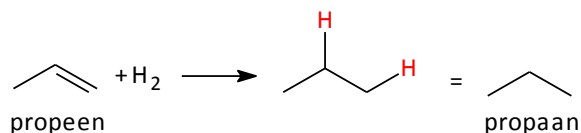
tetrafluoretheen



polytetrafluoretheen (PTFE) = Teflon

Uiteraard zijn ook in hogere alkenen additiereacties mogelijk. We geven hier enkele voorbeelden, want de additiereacties worden in het volgende hoofdstuk uitvoerig besproken.



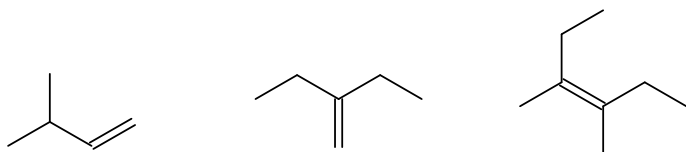


11 Nomenclatuur van de alkenen

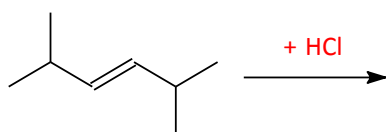
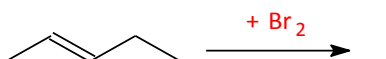
1. Zoek de langste, niet-vertakte koolstofketen waarin de dubbele binding voorkomt. Dit is de hoofdketen.
Het aantal koolstofatomen in deze keten bepaalt de **stamnaam**.
2. Voor **alkenen** wordt de stamnaam aangevuld met de uitgang 'een'.
3. Nummer deze hoofdketen zodanig dat de dubbele binding het kleinste plaatscijfer krijgt.
Plaats dit plaatscijfer tussen de stamnaam en de uitgang "een".
Gebruik koppeltokens vóór en achter het plaatscijfer.
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.



2 Geef volgende alkenen een naam.



3 Geef de namen van volgende alkenen. Welk product ontstaat er bij de additie van de vermelde molecule? Geef formule en naam.

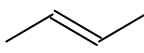


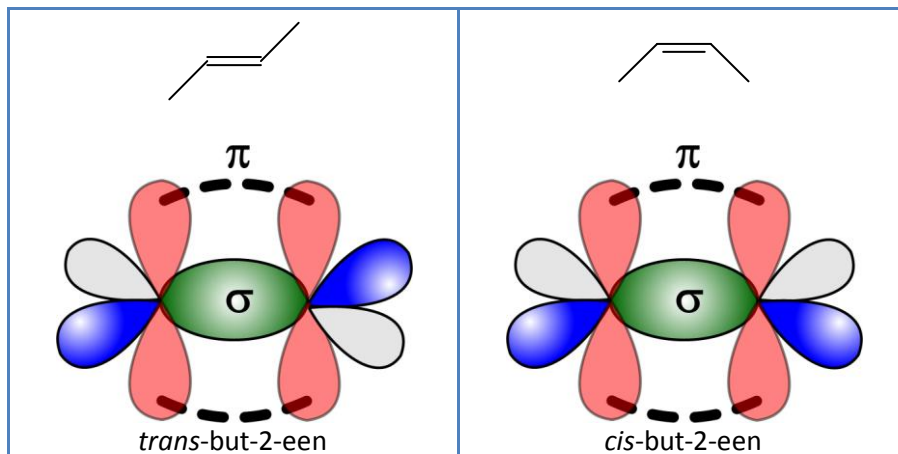
Cis-transisomeren zijn isomeren waarbij de ruimtelijke positie van bepaalde groepen t.o.v. de dubbelbindingsas verschilt. Het is een voorbeeld van stereo-isomerie.

Afb. 18 – Cis-transisomerie

12 Cis-transisomerie

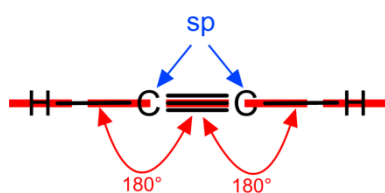
Bij alkenen kunnen we een bijzondere vorm van mesomerie aantreffen. We bespreken dit aan de hand van but-2-een. Die formule schrijven we

gewoonlijk als volgt: , terwijl er in feite twee isomeren bestaan. Rond de dubbele binding is er geen vrije draaibaarheid zoals dat rond een enkele binding het geval is. Daardoor kunnen we twee verschillende vormen opschrijven:



13 Alkynen

Ethyn - C₂H₂

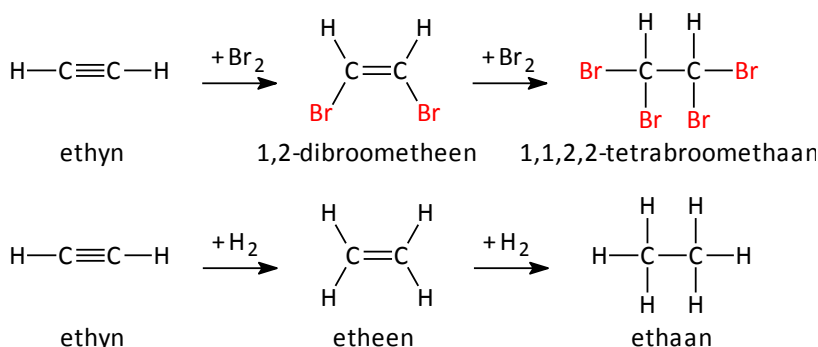


Afb. 19 – Ethyn: lineair

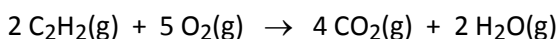
Het eenvoudigste alkyn is ethyn, met als formule C₂H₂. De twee koolstofatomen zijn aan elkaar gebonden met een drievoudige covalente binding. Aan elk koolstofatoom is er ook nog een waterstofatoom gebonden.

Ethyn heeft een lineaire structuur: alle atomen liggen op een rechte (beide drievoudig-gebonden koolstofatomen en de beide aangrenzende waterstofatomen). De hoeken tussen de bindingen zijn 180° groot.

Uiteraard kan ook ethyn additiereacties ondergaan, zelfs twee opeenvolgende:



Ethyn (ook acetyleen genoemd) wordt gebruikt bij het **autogeenlassen** en in **snijbranders**. Hierbij wordt ethyn verbrand:



($\Delta_r H^\circ = -2600 \text{ kJ/mol} \rightarrow$ exotherme reactie!)

De exotherme reactie kan de temperatuur doen oplopen tot 3100 °C.



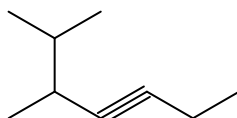
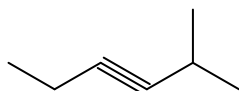
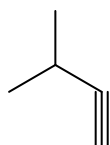
Afb. 20 - Autogeenlassen

14 Nomenclatuur van de alkynen

1. Zoek de langste, niet-vertakte koolstofketen waarin de drievoudige binding voorkomt. Dit is de hoofdketen.
Het aantal koolstofatomen in deze keten bepaalt de **stamnaam**.
2. Voor **alkynen** wordt de stamnaam aangevuld met de uitgang 'yn'.
3. Nummer deze hoofdketen zodanig dat de drievoudige binding het kleinste plaatscijfer krijgt.
Plaats dit plaatscijfer tussen de stamnaam en de uitgang "yn".
Gebruik koppeltekens vóór en achter het plaatscijfer.
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).



4. Geef de namen van volgende alkynen.



Opmerking

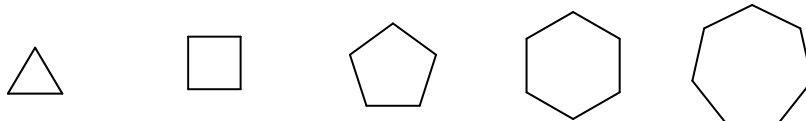
In bovenstaande formules komen drievoudige bindingen voor. Drievoudige bindingen maken deel uit van een lineair geheel. Dit komt in bovenstaande zaagtandformules helemaal niet tot uiting. **Een zaagtandformule is echter geen weergave van de exacte ruimtelijke schikking van de atomen:** het is niet noodzakelijk om de juiste bindingshoeken weer te geven. Het mag echter wel, op voorwaarde dat er geen verwarring kan optreden in verband met het aantal koolstofatomen.

Er is absoluut geen verwarring mogelijk als in de zaagtandformule bij elk C-atoom een richtingsverandering optreedt.

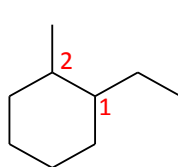
15 Cycloalkanen

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

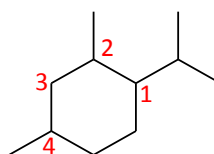
1. Gebruik het voorvoegsel 'cyclo' voor de naam van het overeenstemmende alkaan.
Het aantal koolstofatomen in deze keten bepaalt de **stamnaam**.
2. Bij vertakte cycloalkanen gebeurt de benaming en de nummering van de zijketens volgens de regels die bij de vertakte alkanen gelden.
3. Een cyclisch alkaan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



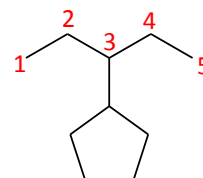
cyclopropan cyclobutaan cyclopentaan cyclohexaan cycloheptaan



1-ethyl-2-methylcyclohexaan



1-isopropyl-2,4-dimethylcyclohexaan



3-cyclopentylpentaan

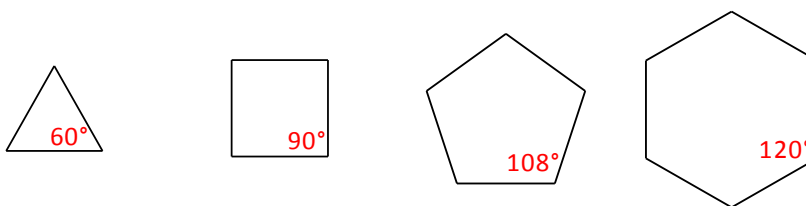
In de natuur komen cyclopropan en cyclobutaan niet voor, cyclopentaan en cyclohexaan wel. De zesringen zijn het talrijkst. Dit heeft alles te maken met de stabiliteit van de ringstructuren, die namelijk spanningen van drieërlei aard kunnen vertonen.

Hoekverwringingsspanning of Baeyer-spanning

De baeyerspanning ontstaat door het verwringen van de normale bindingshoek van $109^{\circ} 28'$, gevormd door de sp^3 -gehybridiseerde koolstofatomen bij de alkanen en de cycloalkanen, tot de bindingshoek in de cyclische molecule.



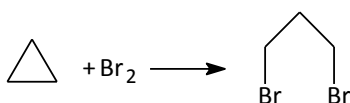
Afb. 21 – Adolf von Baeyer



Hoekverwringing of baeyerspanning

$$109^{\circ}28' - 60^{\circ} = 49^{\circ}28' \quad 109^{\circ}28' - 90^{\circ} = 19^{\circ}28' \quad 109^{\circ}28' - 108^{\circ} = 1^{\circ}28' \quad 109^{\circ}28' - 120^{\circ} = -10^{\circ}32'$$

Voor de cyclopropanring is de hoekverwringing het grootst. Deze spanning zorgt voor een veel grotere reactiviteit dan verwacht bij een alkaan. Cyclopropan reageert zelfs als een alkeen.



Bij cyclobutaan is de baeyerspanning ook tamelijk groot. Ook hier is de reactiviteit beduidend hoger dan bij de alkanen.

Bij cyclopentaan is de baeyerspanning zeer gering. De reactiviteit van de vijfkring is dan ook volledig te vergelijken met deze van de alkanen.

Bij cyclohexaan is de baeyerspanning weer wat groter, zij het in negatieve zin. We verwachten ook hier een hogere reactiviteit, wat niet het geval is. De zesring is de meest stabiele van allemaal en hij komt ook het meest voor in de natuur.

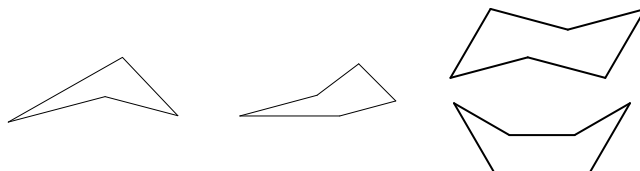
Bij de berekening van de baeyerspanning hierboven werd verondersteld dat deze ringstructuren vlak waren, wat helemaal niet het geval is. De driering is uiteraard vlak, maar de andere zijn dat niet.

cyclopropan
vlak

cyclobutaan
vlinderstructuur

cyclopentaan
envelop

cyclohexaan
stoel of boot



Daardoor is de baeyerspanning bij cyclobutaan kleiner dan $19^\circ 28'$ en bij cyclopentaan en cyclohexaan bijna onbestaande.

Pitzer-spanning

Deze spanning, veroorzaakt door de afstoting van tegenover elkaar staande H-atomen in geëclipseerde stand, is veel belangrijker.

Bij cyclobutaan is deze pitzerspanning, niettegenstaande de vlinderstructuur, vrij groot.

Dit is ook het geval, zij het iets minder, bij de envelopvorm van cyclopentaan.

Bij cyclohexaan in de stoelvorm is de pitzerspanning minimaal: alle H-atomen nemen geschrante posities in.

Bij cyclohexaan in de bootvorm daarentegen zijn er geëclipseerde H-atomen waar te nemen.

Deze beide vormen kunnen in elkaar overgaan wegens de vrije draaibaarheid rondom enkelvoudige C-C-bindingen. Het zijn dus **conformer**en.

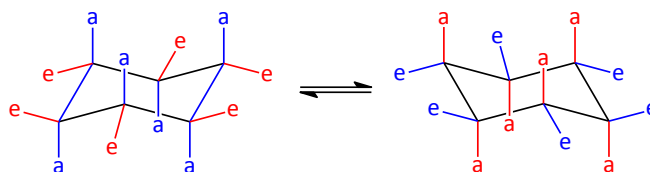
Bij cyclohexaan in de stoelvorm spreekt men ook van axiale en equatoriale H-atomen.

Wanneer de stoel dan omklapt worden alle axiale H-atomen equatoriale en alle equatoriale axiale.

De geïllustreerde ringinversie grijpt ongeveer 106 maal per seconde plaats. Met substituenten is de equatoriale positie de meest stabiele. De reden is dat in de equatoriale positie de substituent meer ruimte ter beschikking heeft.

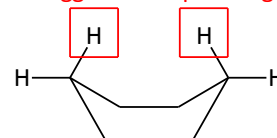
Vlaggenmastspanning

Bij cyclohexaan in de bootvorm is er tenslotte ook nog **vlaggenmast**- of de **flagpolespanning**.

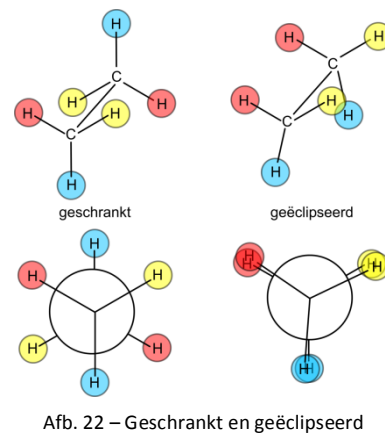


Afb. 26 – Cyclohexaan – stoelvorm: equatoriale en axiale posities

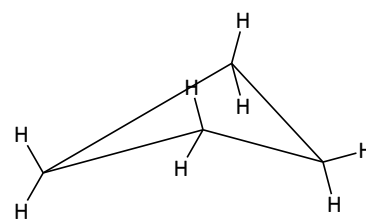
vlaggenmastspanning



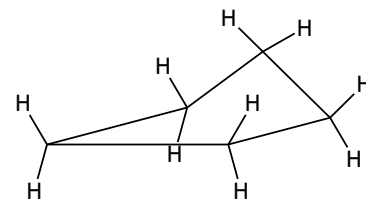
Afb. 27 – Cyclohexaan – bootvorm: vlaggenmastposities



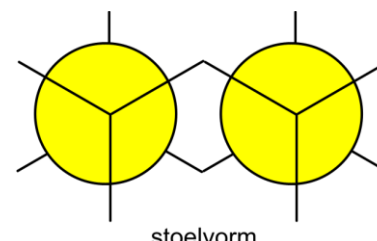
Afb. 22 – Geschrant en geëclipseerd



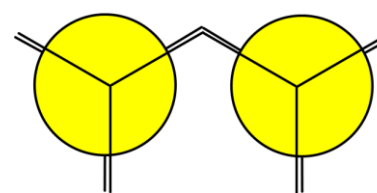
Afb. 23 – Cyclobutaan: vlinderstructuur



Afb. 24 – Cyclopentaan: envelopstructuur



stoelvorm



bootvorm

Afb. 25 – Pitzerspanning bij cyclohexaan