

---

# ORGANISCHE CHEMIE – DEEL 1 - KOOLWATERSTOFFEN

---

Deze nota's zijn zowel beschikbaar in lettertype Verdana (lettergrootte 12pt, interlinie 1.5) als in Minion Pro (11pt, interlinie 1)

De leerling kiest vrij welke opmaak hij of zij verkiest.

Op deze nota's staat een copyright. Verspreiden (dus ook plaatsen op een andere website) zonder toestemming van de auteur is een inbreuk op het auteursrecht.

D.D'Hert - 2020

Algemene doelstellingen van de organische chemie .....	2
Doelstellingen Alkanen – alkenen – alkynen .....	2
Hoofdstuk 3: Organische chemie - Koolwaterstoffen .....	3
2. Alkanen .....	3
2.1. Inleiding .....	3
2.2. Bouw.....	3
2.3. Naamgeving.....	3
2.4.....	4
2.5. Isomerie .....	4
2.6. Fysische eigenschappen.....	5
2.7. Chemische eigenschappen .....	5
2.8. Toepassingen .....	10
3. Alkenen .....	11
3.1. Naamgeving.....	11
3.2. Isomerie .....	12
3.3. Geometrie.....	12
3.4. Fysische eigenschappen.....	13
3.5. Chemische eigenschappen .....	13
3.6. Toepassingen .....	16
4. Alkynen .....	17
4.1. Naamgeving.....	17
4.2. Geometrie.....	17
4.3. Fysische eigenschappen.....	17
4.4. Chemische eigenschappen .....	18
4.5. Toepassing.....	19

# Algemene doelstellingen van de organische chemie

<u>LEERPLANDOELSTELLINGEN leerplan 2014 007</u> <u>De leerlingen kunnen</u>	1.1.1. <u>LEERINHOUDEN</u>
54 de stofklassen op basis van de functionele groep herkennen.	Alkanen, alkenen, alkynen, alcoholen, halogeenalkanen, aminen, aldehyden, ketonen, carbonzuren, esters, amiden, ethers, aromatische koolwaterstoffen, cyclische koolwaterstoffen
55 op basis van de structuurformule de naam toekennen en de structuurformule geven op basis van de naam.	Naamgeving Structuurformule: o.a. zaagtandformule Alkanen, alkenen, alkynen, alcoholen, halogeenalkanen, aminen, aldehyden, ketonen, ethers, carbonzuren, esters, aromatische koolwaterstoffen, cycloalkanen
56 het begrip isomerie uitleggen aan de hand van voorbeelden.	Structuurisomerie: ketenisomerie, plaatsisomerie Stereo-isomerie: cis-trans isomerie, spiegelbeeldisomerie
57 van een aantal stoffen of mengsels een typische toepassing of eigenschap aangeven.	<b>Toepassingen</b> (per stofklasse) vb. methaan, white spirit, paraffine, methanol, ethanol, glycerol, glycol, azijnzuur, citroenzuur, springstoffen, kleurstoffen, wasmiddelen, geneesmiddelen, aceton (nagellakremover), cafeïne, aspirine (acetylsalicylzuur), benzaldehyde (amandelgeur), benzine, campinggas, diethylether (ether te koop bij apotheker), chloroform, ...
58 per stofklasse de gegeven eigenschappen in verband brengen met de karakteristieke groep en het koolstof-skelet.	Per stofklasse: Fysische eigenschappen Chemische eigenschappen

## Doelstellingen Alkanen – alkenen – alkynen

59 de reactieproducten afleiden bij de homolytische substitutiereactie van alkanen met halogenen.	Alkanen Homolytische (radicalaire) reacties
60 elektrofile additiereacties schrijven met alkenen en alkynen.	Alkenen en alkynen Elektrofiel reagens Elektrofile additiereacties Inductieve effecten Inductiekrachten, polarisatie, inductomeer effect Heterolytische reacties

# Hoofdstuk 3: Organische chemie - Koolwaterstoffen

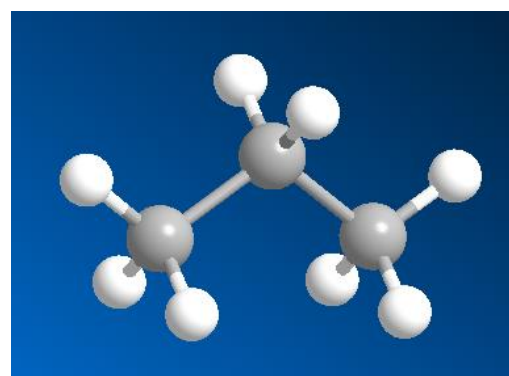
## 1. Alkanen

### 1.1. Inleiding

Alkanen zijn koolwaterstoffen met enkelvoudige bindingen. Niet-cyclische alkanen hebben als formule  $C_nH_{2n+2}$ .

### 1.2. Bouw

De koolstofatomen van alkanen zijn  $sp^3$ -gehybridiseerd. De hoeken tussen naburige H/C-atomen bedragen dus ca.  $109^\circ$ .

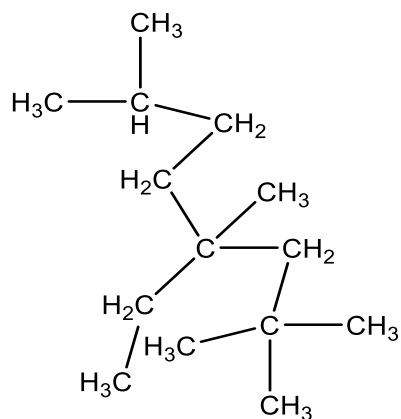


### 1.3. Naamgeving

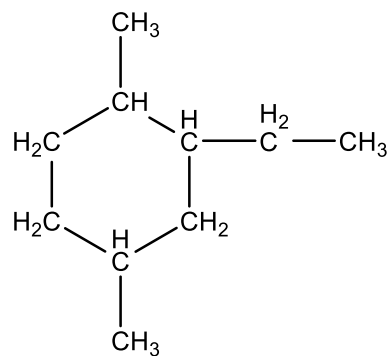
De naam van niet-vertakte en niet-cyclische alkanen wordt gevormd door een stamnaam met achtervoegsel -aan.

De naam van niet-cyclische alkanen wordt gevormd door de naam van de hoofdketen (langste keten) achteraan te plaatsen, voorafgegaan door de namen van de zijketens in alfabetische volgorde, zelf voorafgegaan door een voorvoegsel dat het aantal groepen weergeeft en plaatsnummers. De plaatsnummers moeten zo klein mogelijk zijn.

Naast acyclische alkanen bestaan ook cyclische alkanen. De cyclische keten wordt waar mogelijk als hoofdketen beschouwd. De naam van deze cyclische hoofdketen krijgt het voorvoegsel 'cyclo' voor de stamnaam.



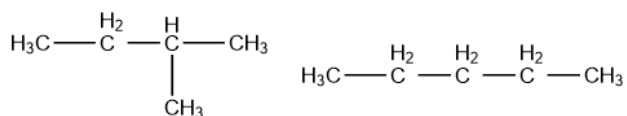
4-ethyl-2,2,4,7-tetramethyl-octaan



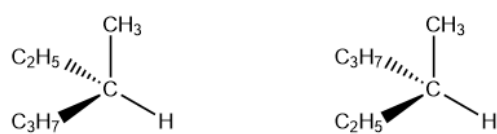
2-ethyl-1,4-dimethylcyclohexaan

## 1.4. Isomerie

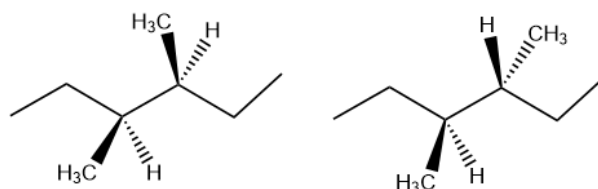
Alkanen vertonen ketenisomerie en stereo-isomerie (zowel enantiomeren als diastereomeren). Bij ketenisomerie zijn atomen of atoomgroepen op een verschillende manier aan elkaar gebonden. Bij stereo-isomeren zijn groepen op eenzelfde manier aan elkaar gebonden. Wanneer beide moleculen elkaars spiegelbeeld zijn (maar niet samenvallen), spreekt men van enantiomeren. In het geval dat alle atomen of atoomgroepen op eenzelfde manier met elkaar zijn gebonden, maar een andere ruimtelijke oriëntering kennen, waarbij de moleculen geen spiegelbeeld van elkaar vormen, spreekt men van diastereomeren.



ketenisomeren



enantiomeren



diastereomeren

## 1.5. Fysische eigenschappen

Het kookpunt en smeltpunt van alkanen neemt toe met toenemende massa. Het toenemende kook- en smeltpunt is op zijn minst voor een deel ook te wijten aan een steeds groter wordend contactoppervlak van de moleculen.

Alkanen zijn apolaire moleculen, en lossen bijgevolg enkel op in apolaire stoffen. Heel wat alkanen worden zelf gebruikt als apolaire oplosmiddelen.

## 1.6. Chemische eigenschappen

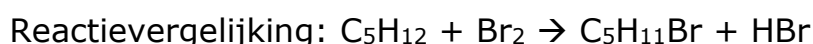
Alkanen zijn weinig reactief.

### 1.6.1. Homolytische substitutiereacties

Proef: (pentaan + Br<sub>2</sub> in licht/donker, met lakmoespapier).

Waarneming: enkel in licht treedt een ontkleuring op en wordt het blauwe lakmoespapier roze.

Verklaring: licht is nodig voor de reactie. Bij deze reactie verdwijnt het dihalogeen en ontstaat een zuur.



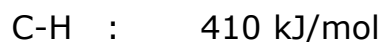
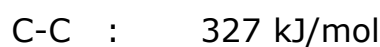
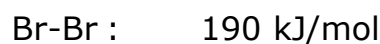
Dit is in een substitutiereactie, i.e. een reactie waarbij een atoom(groep) vervangen wordt door een ander(e) atoom(groep).

De reactie verloopt niet in één stap, maar in verschillende stappen: men spreekt van een **reactiemechanisme**. De verschillende stappen zijn als volgt:

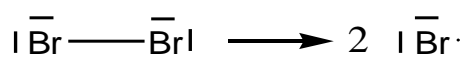
#### a. Initiatiereactie

Uit het feit dat de reactie niet verloopt in het donker, leiden we af dat licht een cruciale rol speelt: zij verbreekt bepaalde bindingen.

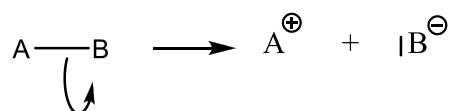
De bindingsenergie van de diverse bindingen die we aantreffen bedragen



De energie-inhoud van fotonen bedraagt 300kJ/mol, zodat licht enkel de binding tussen twee Br-atomen kan breken.

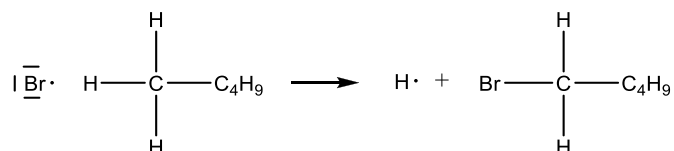
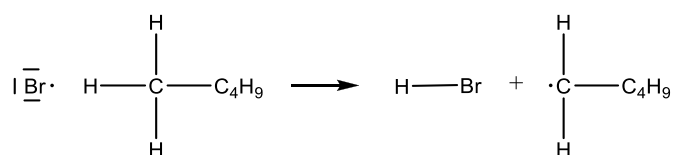


De elektronen van de atoombinding worden verdeeld over beide bindingspartners. Dit is een **homolytische** splitsing. Een **heterolytische** splitsing treedt op wanneer beide bindingselektronen naar één van de bindingspartners gaan:

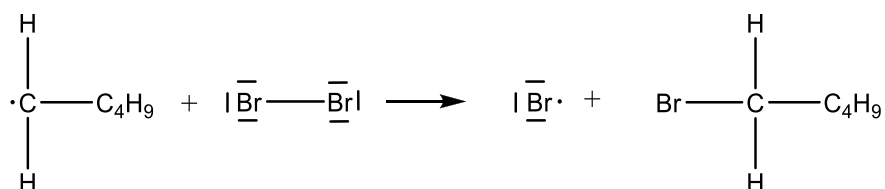


### b. Propagatiereactie

De gevormde radicalen (deeltje met vrije elektronen, is zeer reactief) reageren nu snel verder. Theoretisch zijn er twee mogelijkheden:



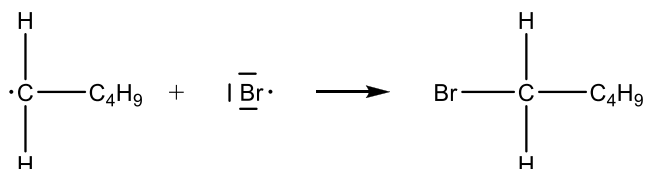
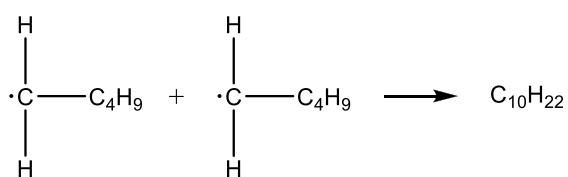
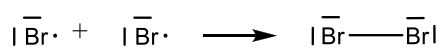
De tweede omzetting is energetisch gezien minder gunstig, de activeringsenergie (zie later) is veel hoger. Er ontstaat bijgevolg een pentylradicaal, dat reactief is. Dit pentylradicaal kan verder reageren met een broommolecule:



Hierbij ontstaat opnieuw een broomradicaal, dat met een pentaanmolecule reageert. Er ontstaat dus een cyclus/kettingreactie.

### c. Terminatie

Men zou er van uit kunnen gaan dat deze reactie ten einde loopt wanneer één van beide uitgangsstoffen is opgebruikt. Dit blijkt meestal niet het geval te zijn. Op een bepaald ogenblik zijn zoveel radicalen ontstaan, dat de radicalen met elkaar in botsing komen en elkaar onderling uitschakelen.



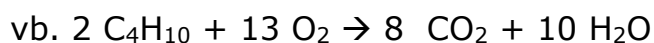
Het substitutieproduct van deze reactie is broompentaaan. Afhankelijk van welke waterstof werd gesubstitueerd, ontstaat 1-broompentaan, 2-broompentaan of 3-broompentaan. Het verkregen mengsel bevat deze drie plaatsisomeren. Indien voldoende dibroom wordt gebruikt, kunnen ook meerdere waterstofatomen van pentaan worden gesubstitueerd.

Naast een reactie met  $\text{Br}_2$ , kan deze reactie ook verlopen met  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{F}_2$ ,  $\text{I}_2$ .



### 1.6.2. Verbranding

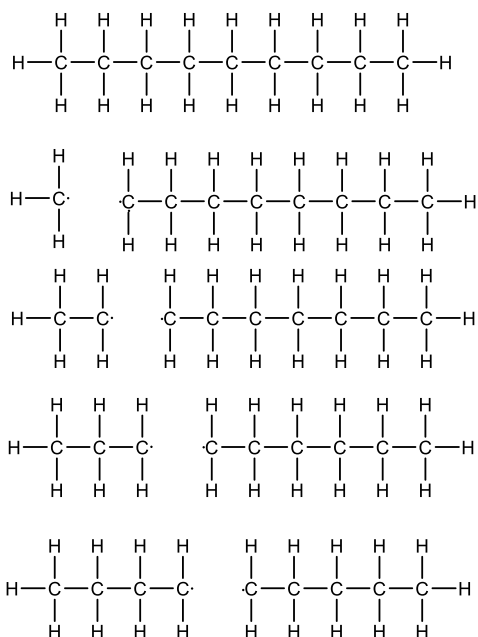
Alkanen kunnen verbrand worden. De reactieproducten zijn H<sub>2</sub>O en CO<sub>2</sub>. Bij de verbranding staan ze redelijk veel energie af, waardoor ze vaak als brandstof worden gebruikt.



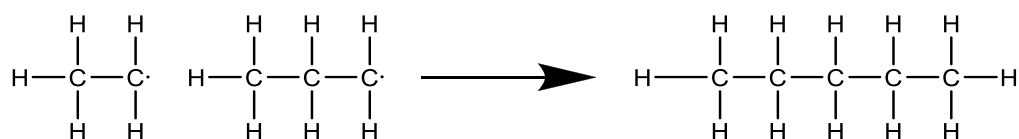
### 1.6.3. Kraken van alkanen

Bij het kraakproces worden lange ketens gebroken in kortere ketens. In de praktijk gebeurt dit door alkanen te verhitten zonder lucht.

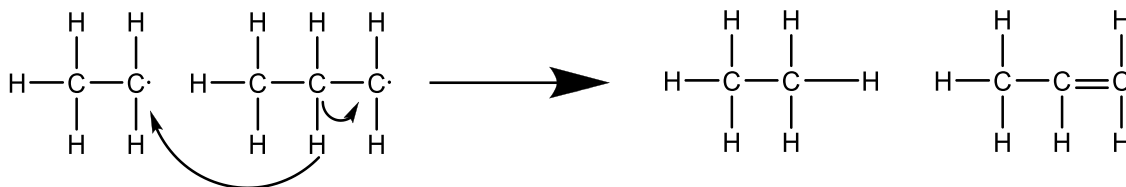
vb.



De gevormde radicalen kunnen met elkaar reageren tot alkanen:



De gevormde radicalen kunnen ook met elkaar reageren met vorming van een alkaan én een **alkeen**. Dit is de zogenaamde disproportioneeringsreactie:

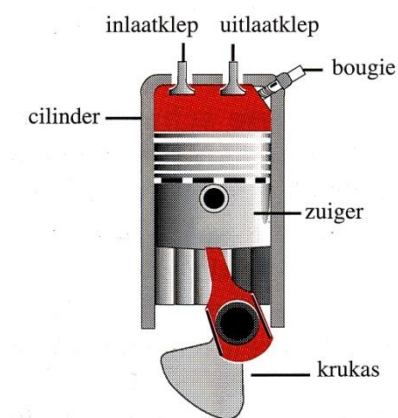


Benzine bestaat uit een mengsel van alkanen met 8-koolstofatomen. Omdat de hoeveelheid van dergelijke alkanen uit een gefractioneerde destillatie ontoereikend is om aan de vraag benzine te beantwoorden. Door het kraken van langere ketens kan men toch alkanen met 8 C-atomen bekomen. Deze benzine wordt kraakbenzine genoemd.

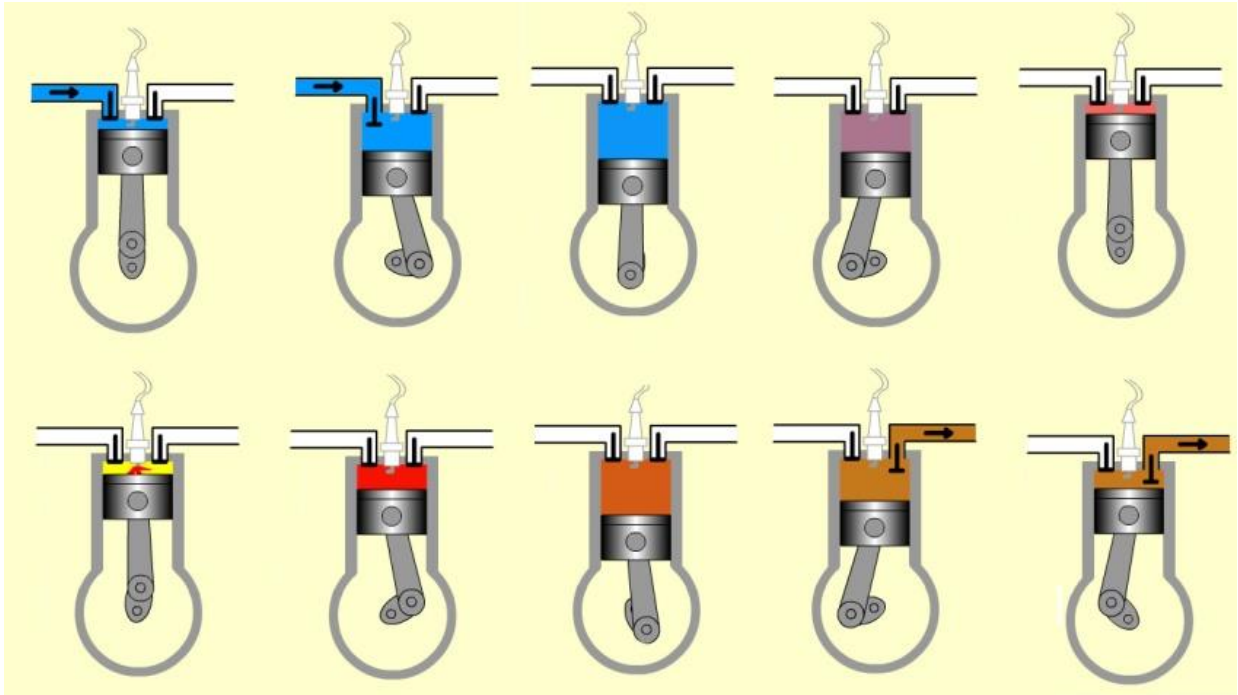
#### 1.6.4. Reformen

Reformen is van een onvertakte keten, een vertakte keten maken. Dit wordt vooral gedaan om de klopvastheid van benzine te verhogen.

Een auto is een machine aangedreven door een inwendige benzinemotor. In een cilinder wordt een mengsel van zuurstofgas en benzine (noodzakelijk voor verbranding) samengeperst, en op het juiste moment door de bougie tot ontbranding gebracht<sup>1</sup>. Hierdoor wordt de zuiger krachtig naar beneden geduwd. Door de krukas wordt de op- en neergaande beweging omgezet in een draai beweging. Wanneer benzine echter te vroeg gaat ontploffen (door samenpersen verhoogt de temperatuur, zodat het mengsel kan gaan ontploffen zonder dat een vonk werd aangebracht), dan ondervindt de zuiger een terugslag (expansie gebeurt niet op moment van ideale energieoverdracht om rotatie van krukas te bevorderen). De ontploffende brandstof zet uit tegen een omhoogkomende zuiger, wat een vibratie in de motor veroorzaakt, gepaard gaande met een ‘ratelend’ geluid: het kloppen van de motor .



<sup>1</sup> Een belangrijk verschil met een dieselmotor is dat de brandstof in een dieselmotor onder de verhoogde druk spontaan tot ontploffing komt.



Iso-Octaan is zeer klopvast en gaat vrijwel nooit voortijdig ontploffen. Daarom krijgt iso- octaan het octaangetal 100. Heptaan is weinig klopvast en heeft de neiging om voortijdig te ontploffen, daarom krijgt het het octaangetal 0 toegewezen. Algemeen zijn niet-vertakte alkanen weinig klopvast, daarom worden ze gereformeerd tot vertakte alkanen.

## 1.7. Toepassingen

- apolair oplosmiddel
- brandstof (aardgas, propaan, butaan, pentaan, benzine)
- petrochemie
- white spirit
- wasbenzine (wassen kledij)

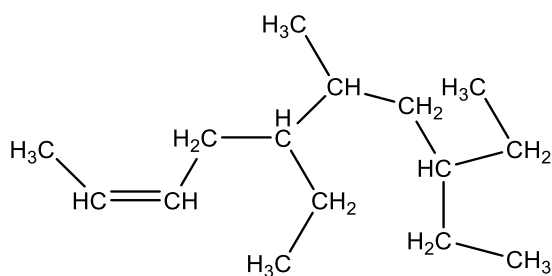
## 2. Alkenen

Alkenen zijn koolwaterstoffen met één of meerder dubbele bindingen. Eenwaardige alkenen hebben één dubbele binding en  $C_nH_{2n}$ .

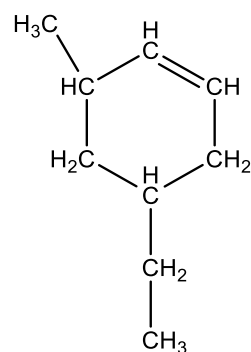
### 2.1. Naamgeving

De naam van alkenen wordt gevormd door de stam van het alkaan met uitgang '-een'.

De naam van een cyclisch alkeen wordt gevormd door het voorvoegsel 'cyclo' te plaatsen voor de naam van het alkeen. Bij een vertakt alkeen wordt de naam van de hoofdketen (het langste alkeen) voorafgegaan door de naam van de vertakkingen in alfabetische volgorde, elk voorafgegaan door een plaatsnummer en een voorvoegsel dat het aantal van elke vertakking weergeeft. De nummering van de koolstofatomen is zo dat het plaatsnummer van de meervoudige binding zo laag mogelijk is.



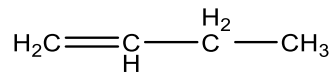
5,8-diëthyl-6-methyl-2-deceen



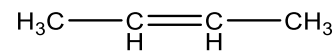
5-ethyl-3-methyl-cyclohexeen

## 2.2. Isomerie

Net zoals alkanen vertonen alkenen, ketenisomerie. Plaatsisomeren hebben de meervoudige binding tussen andere C-atomen.



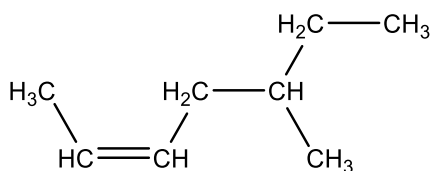
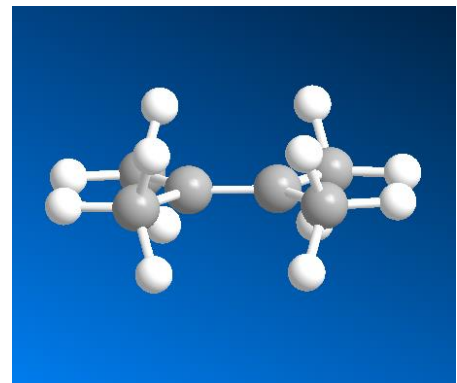
1-buteen



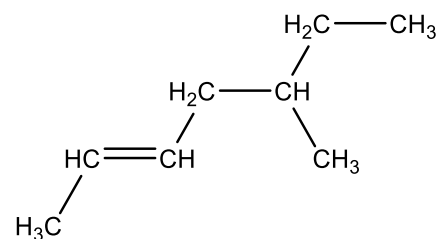
2-buteen

## 2.3. Geometrie

De C-atomen die betrokken zijn in de dubbele binding, hebben een  $sp^2$ -hybridisatie. De beide atomen van de dubbele binding, samen met hun buuratomen, liggen in eenzelfde vlak. De hoeken tussen de buuratomen bedragen  $120^\circ$ . De  $\pi$ -binding wordt gevormd door zijdelings van overlap van de vrije p-orbitalen. Doordat de  $\pi$ -binding geen vrije rotatie toelaat, bestaan vaak twee isomeren rond deze binding. Indien de vertakkingen aan dezelfde zijde van de dubbele binding geïoriënteerd zijn, spreekt men van de cisconfiguratie, zijn de vertakkingen aan een tegenovergestelde zijde geplaatst, van de trans-configuratie.



5-methyl-cis-2-hepteen



5-methyl-trans-2-hepteen

## 2.4. Fysische eigenschappen

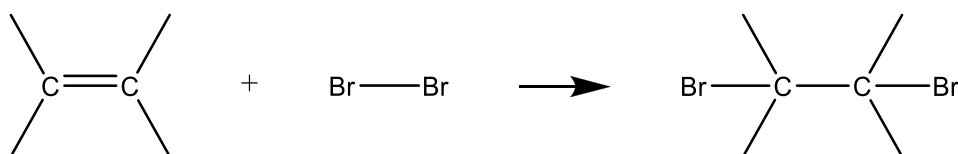
Alkenen zijn net als alkanen apolair. De kook- en smeltpunten van alkenen liggen iets lager dan deze van de overeenkomstige alkanen, omwille van een kleiner contactoppervlakte en een iets kleinere massa.

## 2.5. Chemische eigenschappen

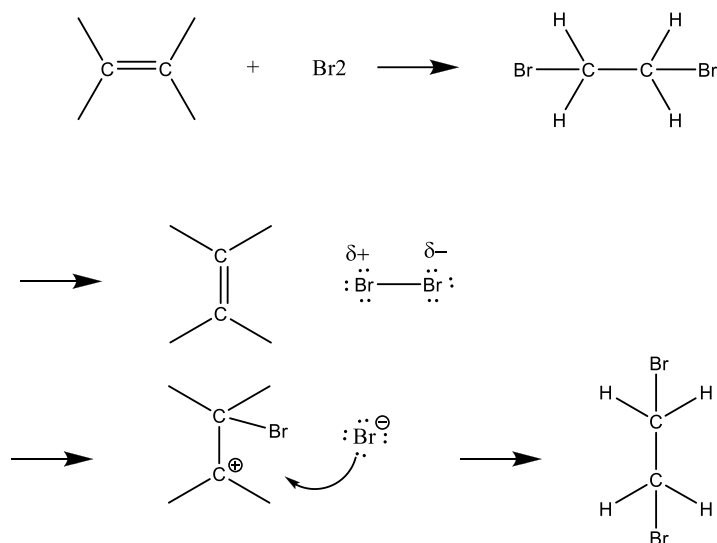
De dubbele binding maakt alkenen vrij reactief. Ze ondergaan vooral additiereacties (dit zijn reacties waarbij atomen of atoomgroepen worden gebonden op beide koolstofatomen van een meervoudige binding).

### 2.5.1. Additie van X<sub>2</sub>

De additie van X<sub>2</sub> (Br<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>) is een elektrofiële additie, d.w.z. dat het aanvallend deeltje elektronenarm is (een elektrofiel deeltje is elektronenarm, en kan een elektronenpaar accepteren – het wordt ook een **lewiszuur** genoemd). Door de elektronenrijke n-binding wordt het dihalogeen gepolariseerd. Een X<sup>+</sup> deel wordt afgesplitst en bindt zich op de dubbele binding. Daarna volgt een aanval van het resterende X<sup>-</sup> deel. De stof die ontstaat behoort tot de groep van de halogeenalkanen (zie later).



Reactiemechanisme:

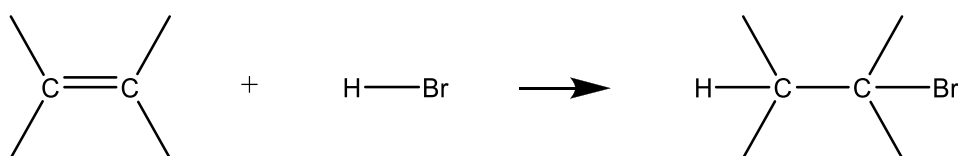


Bemerk dat de positie waar de Br-atomen hier worden getekend, geen rol speelt. De werkelijke hoeken zijn  $109^\circ$  ( $sp^3$ -hybridisatie) en er is vrije draaibaarheid.

### 2.5.2. Additie van HX

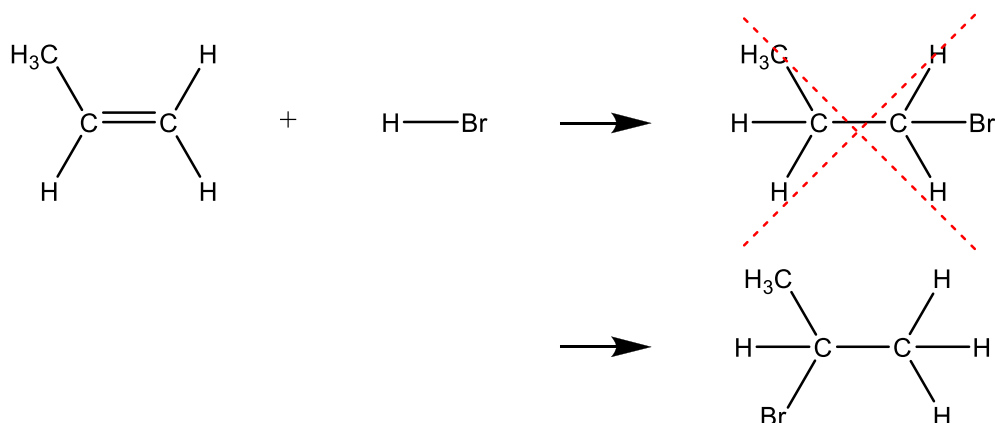
Dit betreft hier ook een elektrofile additie.

Additie aan een symmetrisch alkeen:



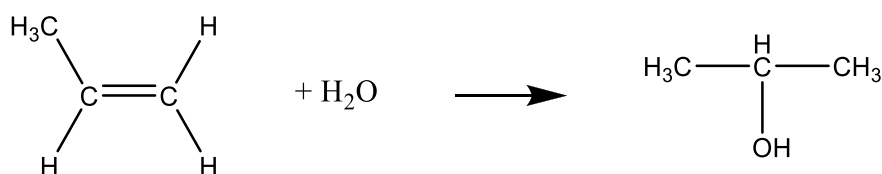
Bij additie van HX aan een asymmetrisch alkeen kunnen twee producten ontstaan. Er ontstaat slechts één van beide producten, en dit is het meest gesubstitueerde halogeenalkaan. Bij additie van een stof van de vorm HX, komt de H terecht op het koolstofatoom dat reeds het grootste aantal H-

atomen bevat. Dit is de regel van Markovnikov, en is een gevolg van het inductief effect van alkylgroepen (zie later bij halogeenalkanen).



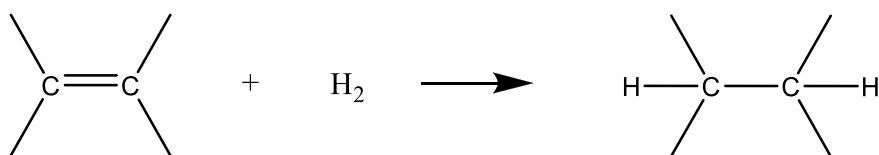
### 2.5.3. Additie van H<sub>2</sub>O

Bij additie van H<sub>2</sub>O aan een alkeen ontstaat een alcohol. De regel van **Markvnikov**, moet indien nodig worden toegepast.



### 2.5.4. Additie van H<sub>2</sub> (hydrogenering)

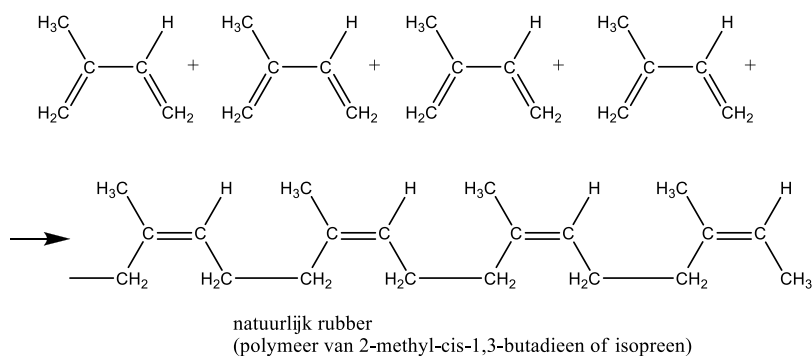
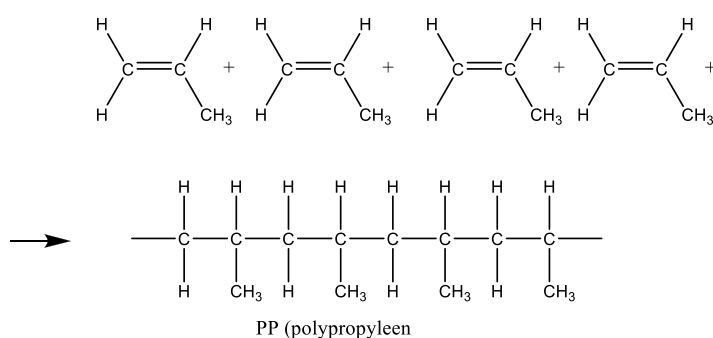
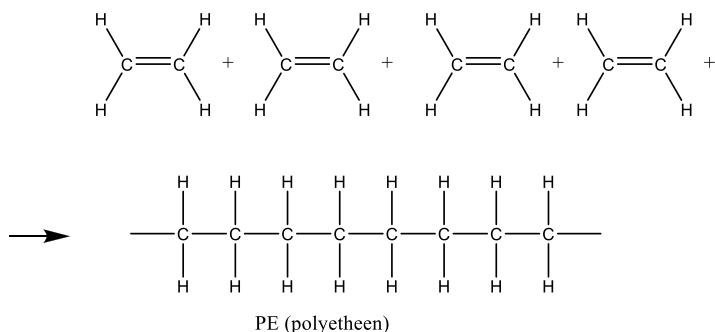
Bij additie van waterstofgas verdwijnt de dubbele binding en ontstaat een alkaan. Van een onverzadigd koolwaterstof wordt een verzadigd koolwaterstof gemaakt. Dit gebeurt meestal in aanwezigheid van een katalysator.





### 2.5.5. Polymerisatie

Alkenen kunnen polymeriseren. Dit kan op verschillende manieren gebeuren, wat in het tweede jaar van de derde graad wordt toegelicht.

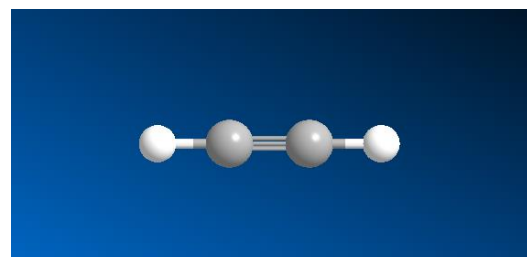


## 2.6. Toepassingen

Alkenen en afgeleide producten worden aangewend ter bereiding van polymeren (zie hoger). Verder is etheen een grondstof voor onder andere azijnzuur, ethanol, diethylether, etc...

## 3. Alkynen

Alkynen zijn koolwaterstoffen met een drievoudige binding. Alkynen met één meervoudige binding hebben als formule  $C_nH_{2n-2}$ .



### 3.1. Naamgeving

De naam van een alkyn wordt gevormd door de uitgang '-yn' te plaatsen achter de stam van het alkaan met evenveel C-atomen. Bij vertakte alkynen wordt de naam van de hoofdketen (langste alkyn) voorafgegaan door de naam van de vertakkingen, elk voorzien van een voorvoegsel dat het aantal van deze vertakking weergeeft, en een plaatsnummer. Het plaatsnummer dat de plaats van de drievoudige binding weergeeft, moet zo klein mogelijk zijn.

### 3.2. Geometrie

De koolstofatomen van de drievoudige binding hebben een  $sp$ -hybridisatie. De hoeken tussen de buuratomen van de koolstofatomen die deelnemen aan de drievoudige binding, zijn bijgevolg  $180^\circ$ .

De beide  $n$ -bindingen laten geen vrije rotatie toe, maar dit heeft geen effect op naamgeving (omdat maar één bepaalde configuratie mogelijk is).

### 3.3. Fysische eigenschappen

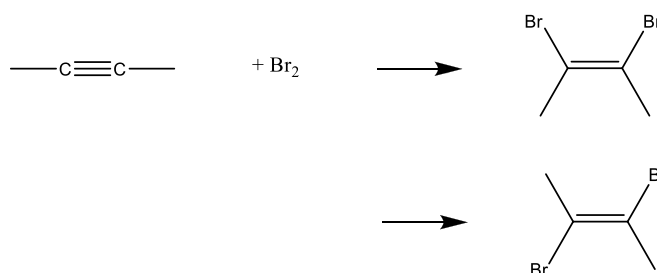
Het kookpunt van alkanen en alkyne met evenveel C-atomen, is gelijkaardig (in feite is het iets groter, door een grotere cohesie). Alkyne zijn apolair en bijgevolg niet oplosbaar in water.

### 3.4. Chemische eigenschappen

Alkyne ondergaan additiereacties.

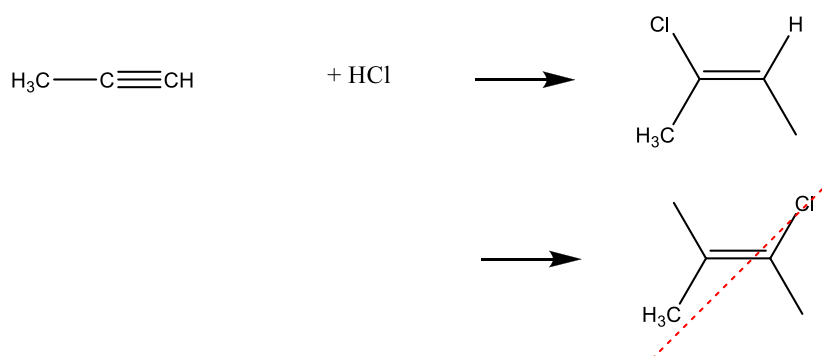
#### 3.4.1. Additie van een dihalogeen

Bij additie van een dihalogeen kunnen zowel het cis- als het transisomeer ontstaan.



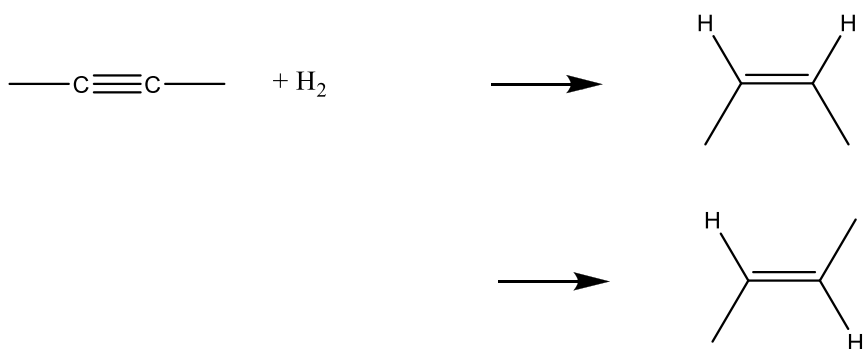
#### 3.4.2. Additie van HX

Bij additie van een waterstofhalogenide ontstaat een alkeen. De regel van Markovnikov moet worden toegepast waar nodig.



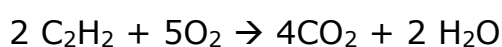
#### 3.4.3. Katalytische hydrogenering

In aanwezigheid van een katalysator kunnen alkyne gehydrogeneerd worden tot alkenen (of alkanen). Ook hier ontstaan zowel de trans- als cisisomeren.



#### 3.4.4. Verbranding

Alkynen verbranden met vrijstelling van grote hoeveelheden warmte.



### 3.5. Toepassing

Alkynen zijn belangrijke grondstoffen voor de productie van o.a. ketonen en aldehyden. Verder worden ze veel gebruikt in de kunststofindustrie (ethyn + HCl levert chlooretheen of vinylchloride, dat kan polymeriseren tot PVC of polyvinylchloride). Heel wat andere producten in de organische chemie worden bereid vertrekkende van alkynen. De productie van aceton start bijvoorbeeld door additie van water aan propyn, waardoor 1-propeen-2-ol ontstaat. Door reductie ontstaat aceton.

Doordat grote hoeveelheden warmte vrijkomen bij de verbranding van alkynen, wordt ethyn (acetyleen) onder andere gebruikt voor het smelten van metalen met een zeer hoog smeltpunt, zoals het lassen van bepaalde metalen.