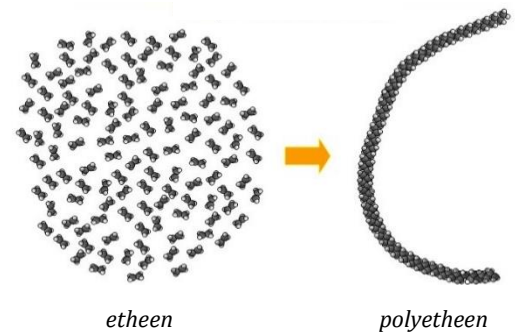


## 13 Kunststoffen

### Polymere en monomeren

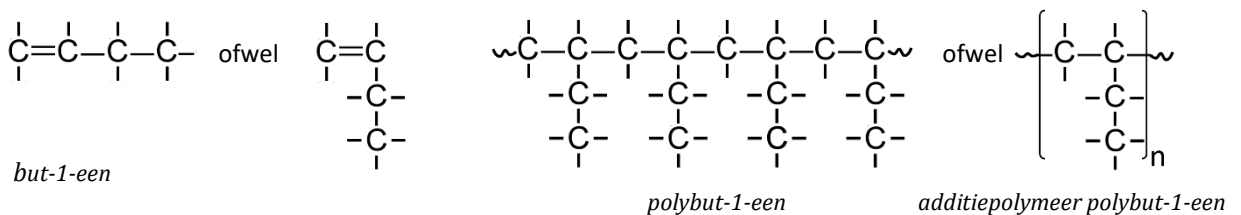
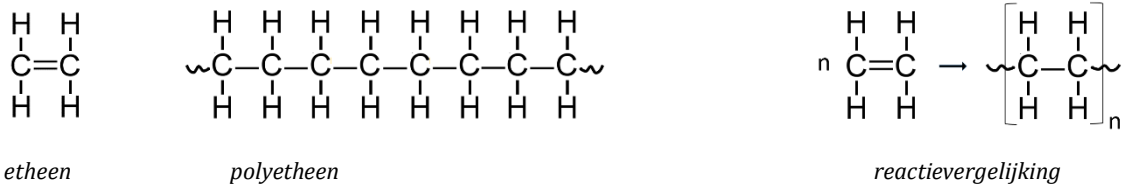
Kunststoffen bestaan uit hele grote moleculen: *polymeren*. Deze moleculen worden gemaakt uit grote aantallen kleine moleculen: *monomeren*. De naam van het polymeer is de naam van het monomeer met het 'poly' ervoor.

Polymeren kunnen worden gemaakt door *additiepolymerisatie* of door *condensatiepolymerisatie*.



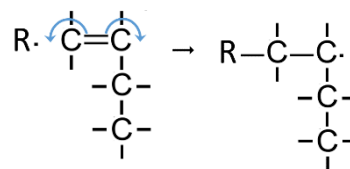
### Additiepolymerisatie

Monomeren met een dubbele binding kunnen door onderlinge additiereacties een polymeer vormen. In het polymeer zijn de dubbele bindingen dus verdwenen.

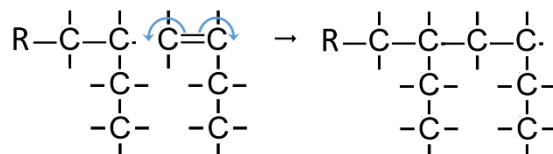


Het *reactiemechanisme* van een additiepolymerisatie verloopt in drie stappen:

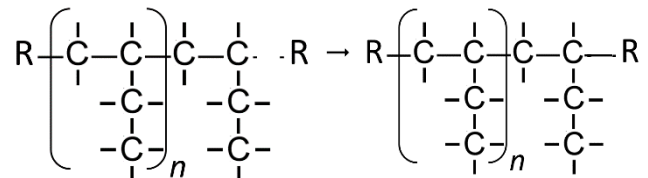
**Initiatie:** De polymerisatie start door het toevoegen van een stof die makkelijk radicalen (R·) vormt (bijv. door uv-licht of temperatuurverhoging). Het radicaal reageert met een monomeer. Er wordt weer een nieuw radicaal gevormd.



**Propagatie:** Het gevormde radicaal reageert weer met een volgend monomeer. Dit herhaalt zich een groot aantal malen waardoor de keten steeds langer wordt.



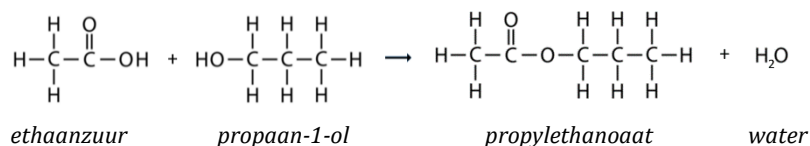
**Terminatie:** De ketengroei stopt als er een reactie plaatsvindt met een ander radicaal, waarbij een atoombinding wordt gevormd.



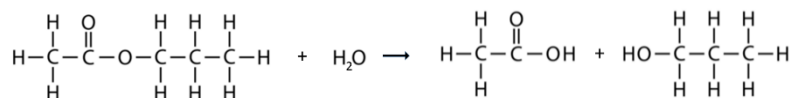
Als er voor de initiatie veel radicalen worden toegevoegd, zullen er meer ketens gelijktijdig groeien. Ook zal er eerder terminatie optreden waardoor de *gemiddelde ketenlengte* korter is: *lage polymerisatiegraad*.

### Condensatiepolymerisatie

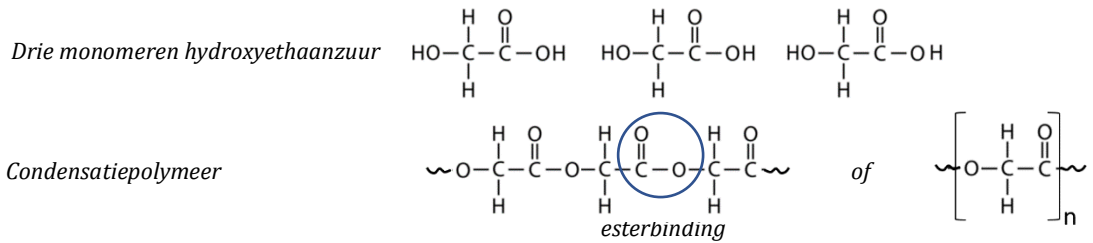
Een *condensatiereactie* is een reactie waarbij uit twee moleculen één groter molecuul wordt gevormd en een klein molecuul wordt afgesplitst; bijvoorbeeld water. Estervorming is een voorbeeld van een condensatiereactie.



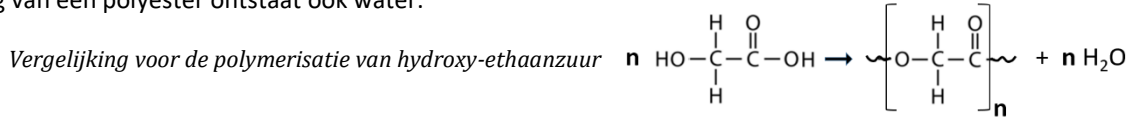
Een *hydrolysereactie* is een reactie waarbij een molecuul door een reactie met water in twee kleinere moleculen splitst.



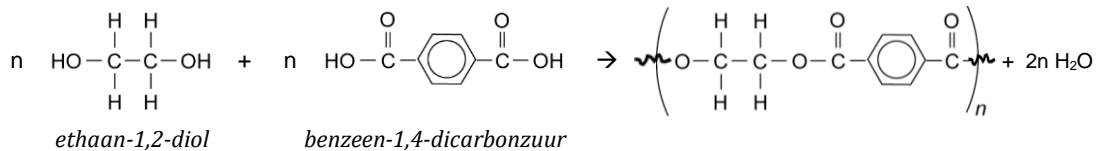
Polyesters zijn *condensatiepolymeren* waarvan de monomeren zijn gekoppeld via condensatiereacties.



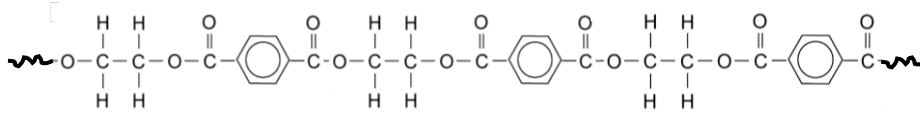
Bij de vorming van een polyester ontstaat ook water.



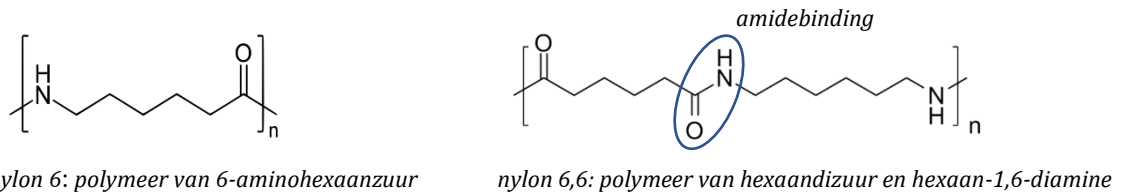
*Copolymeren* zijn polymeren die ontstaan uit verschillende monomeren. Zo kan een polyester ook ontstaan uit een diol en een dizuur zijn.



Brokstuk van 6 monomeereenheden:

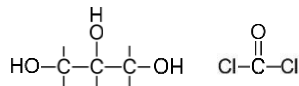


*Polyamiden* zijn condensatiepolymeren waarin een amidebinding aanwezig is. De monomeren kan een aminozuur zijn of een copolymeer van een dizuur én een diamine.

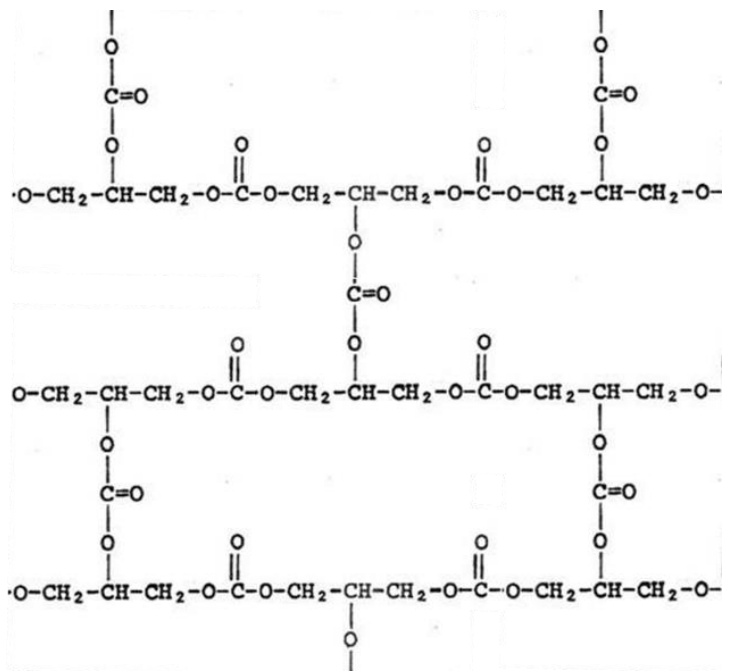


### Netwerkpolymeren

Als een monomeer drie functionele groepen heeft, kan er een kunststof ontstaan met een netwerkstructuur. Daarbij zijn ketens aan elkaar gekoppeld door *crosslinks*.

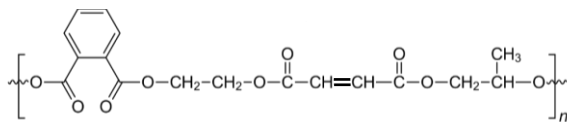


De eerste monomeer bevat drie OH-groepen. Deze kunnen alle drie met de tweede monomeer reageren (onder afsplitsing van HCl). Er ontstaat een netwerkpolymeër dat hiernaast is weergegeven. De ketens zijn aan elkaar gekoppeld door crosslinks.

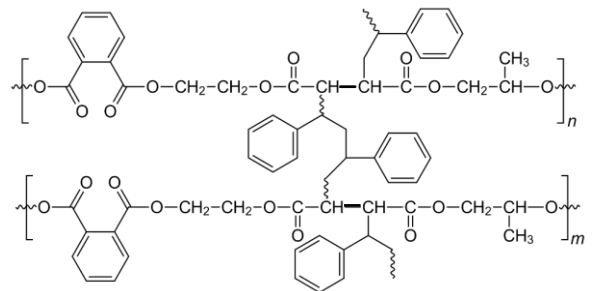


*netwerkpolymeër*

Als in losse polymeerketens dubbele bindingen voorkomen dan kunnen er op deze plaatsen, door een reactie met bepaalde stoffen, tussen twee ketens onderling crosslinks gevormd worden. Er ontstaat dan een netwerkpolymeer.



polymeerketen

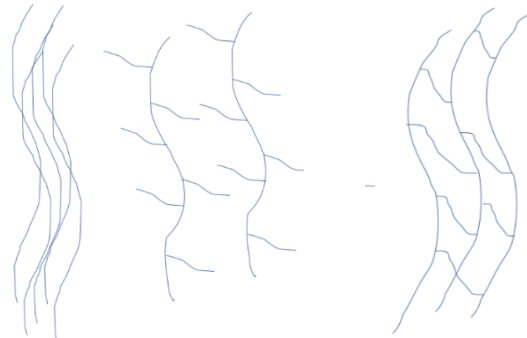


netwerkpolymeer

### Thermoplasten en thermoharders

*Thermoplasten* bestaan uit losse polymeerketens (die wel kleine of grote zijgroepen kunnen bevatten). Thermoplasten worden zacht bij verwarmen, omdat de ketens langs elkaar kunnen bewegen.

Netwerkpolymeren zijn *thermoharders*. Thermoharders blijven hard bij verwarmen, omdat de ketens door de *crosslinks* niet langs elkaar kunnen bewegen.



thermoplasten

thermoharder

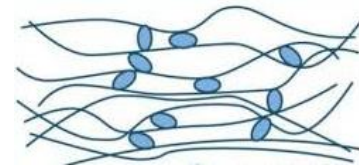
### Vervormbaarheid van een polymeer

Een thermoharder is door de netwerkstructuur niet vervormbaar. Ook niet bij een hogere temperatuur.

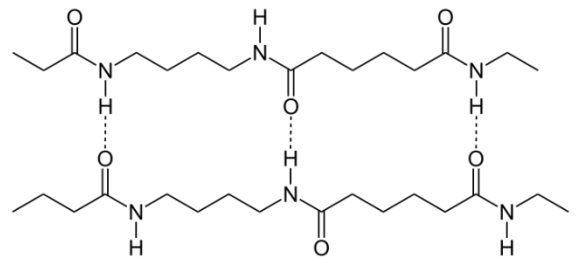
Een thermoplast is vaak bij kamertemperatuur matig vervormbaar. Wel bij hogere temperaturen.

De vervormbaarheid van een thermoplast bij kamertemperatuur is afhankelijk van:

- De *polymerisatiegraad* ofwel gemiddelde ketenlengte. Hoe korter de gemiddelde ketenlengte, des te zwakker de (vanderwaals-) binding tussen de ketens. De moleculen kunnen dan makkelijker langs elkaar bewegen waardoor de thermoplast beter vervormbaar is.
- De aanwezigheid van *weekmakers*. De moleculen van de weekmaker gaan tussen de polymeerketens zitten. Hierdoor wordt de binding tussen de polymeermoleculen zwakker en dus het polymeer beter vervormbaar.
- De soort monomeer of monomeren (= *microstructuur*). Grote zijgroepen kunnen ervoor zorgen dat de polymeermoleculen minder goed langs elkaar heen kunnen bewegen en het polymeer dus minder goed vervormbaar is. Als er in de polymeerketen groepen voorkomen die waterstofbruggen kunnen vormen tussen de ketens onderling, kunnen de polymeermoleculen minder makkelijk langs elkaar bewegen.



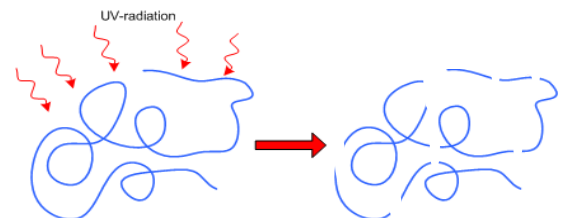
polymeerketens met daartussen weekmakermoleculen.



nylon 6,6: ketens onderling verbonden door H-bruggen.

### UV-gevoeligheid van een polymeer

UV-licht van de zon kan worden geabsorbeerd door elektronen van atoombindingen in het polymeer-molecuul waardoor de binding verbreekt. Er ontstaan dan kortere ketens. Een polymeer wordt daardoor langzamerhand minder sterk. Met name dubbele bindingen zijn gevoelig voor uv-licht.



afname polymeersterkte door uv-straling.