

BREEKBARE POLYMEREN

Wout Knoben, Wageningen Universiteit

Het afgelopen decennium is de belangstelling voor supramoleculaire evenwichtspolymeren sterk toegenomen. Hoewel er inmiddels een groot aantal is gesynthetiseerd, is er tot nu toe relatief weinig aandacht geweest voor de fysisch-chemische karakterisering van deze systemen. Tijdens dit onderzoek is een aantal fysisch-chemische eigenschappen van een supramoleculair evenwichtspolymeer bestudeerd.

Net als 'normale' polymeren zijn supramoleculaire polymeren, ketens van repeterende eenheden. Hun monomeren worden echter niet covalent gekoppeld, maar door bijvoorbeeld waterstofbruggen of ionogene interacties aan elkaar gebonden. De ketens bestaan dus uit individuele moleculen, vandaar het voorvoegsel 'supra-

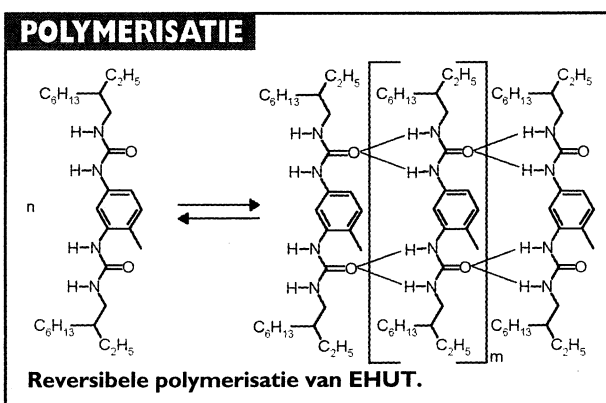
moleculair'. De bindingen tussen monomeren zijn vaak reversibel, zodat er een dynamisch evenwicht is tussen vorming en afbraak van ketens. In dat geval spreken we van supramoleculaire evenwichtspolymeren.

WATERSTOFBRUGGEN.

Supramoleculaire evenwichtspolymeren hebben, vergeleken met covalente polymeren, een aantal afwijkende eigenschappen. Zo is de gemiddelde ketenlengte afhankelijk van het oplosmiddel, de monomeerconcentratie en de temperatuur. Een voorbeeld van een supramoleculair evenwichtspolymeer op basis van waterstofbruggen is bisurea EHUT (Ethylhexylureatolueen). Deze moleculen kunnen associëren door de vorming van vier waterstofbruggen, en zo ketens vormen in apolaire organische oplosmiddelen (zie figuur). Deze ketens kunnen honderden eenheden lang worden.

Tijdens mijn afstudeeronderzoek bij de leerstoelgroep Fysische chemie en Kolloïdkunde heb ik met dynamische lichtverstrooiing en viscosimetrie gekeken naar de rheologische eigenschappen van oplossingen van EHUT, die gedeeltelijk worden bepaald door het reversibele karakter van de bindingen. Met Atomic Force

Microscopy heb ik krachten tussen oppervlakken bestudeerd in aanwezigheid van EHUT-oplossingen. Dergelijke krachten zijn van belang voor de stabiliteit van kolloïdale systemen. Door de unieke eigenschappen van supramoleculaire evenwichtspolymeren kan hun toepassing wellicht leiden tot nieuwe ontwikkelingen op dit gebied. ●



Opdracht 1A

Lees het artikel “**Breekbare polymeren**”

Leerling 1

Noteer in onderstaand blok wat in het artikel bedoeld wordt met “supramoleculaire polymeren”. Geef met een cijfer van 1 tot 10 aan hoe zeker je bent van je antwoord.

	Cijfer:
--	---------

Geef het blad in jouw groep met de wijzers van de klok mee aan degene die naast je zit.

Leerling 2

Lees het antwoord van leerling 1. Schrijf op of je het er mee eens of oneens bent en ook waarom. Geef tips ter verbetering. Bij een fout antwoord mag je wel commentaar/tips geven/vragen stellen, maar je mag niet het (volgens jou) goede antwoord geven.

Commentaar:

Geef het blad in jouw groep met de wijzers van de klok mee aan degene die naast je zit.

Leerling 3

Lees het antwoord van leerling 1 en 2. Schrijf op of je het er mee eens of oneens bent en ook waarom. Geef tips ter verbetering. Bij een fout antwoord mag je wel commentaar/tips geven/vragen stellen, maar je mag niet het (volgens jou) goede antwoord geven.

Commentaar:

Geef het blad in jouw groep met de wijzers van de klok mee aan degene die naast je zit.

Leerling 4

Lees het antwoord van leerling 1, 2 en 3. Schrijf op of je het er mee eens of oneens bent en ook waarom. Geef tips ter verbetering. Bij een fout antwoord mag je wel commentaar/tips geven/vragen stellen, maar je mag niet het (volgens jou) goede antwoord geven.

Commentaar:

Geef het blad in jouw groep met de wijzers van de klok mee aan degene die naast je zit.

Leerling 1

Lees het commentaar. Schrijf op of je van gedachte veranderd bent. Leg uit waarom wel of niet. Geef weer met een cijfer aan hoe zeker je van je antwoord bent.

Cijfer:

Bespreek onduidelijkheden na het hele rondje met elkaar in de groep.

Opdracht 1B

Noteer in onderstaand blok wat in het artikel bedoeld wordt met “de bindingen tussen de monomeren zijn vaak reversibel”.

Opdracht 1C

Noteer in onderstaand blok wat in het artikel bedoeld wordt met “evenwichtspolymeren”.

Opdracht 1D

Noteer in het onderstaand blok wat in het artikel bedoeld wordt met “covalent gekoppeld”

Opdracht 2A

Leg uit waarom bij de in het artikel beschreven soort supramoleculaire evenwichtspolymeren de gemiddelde ketenlengte afhankelijk is van het soort (polair/apolair) oplosmiddel.

Opdracht 2B

Leg uit waarom bij de in het artikel beschreven soort supramoleculaire evenwichtspolymeren de gemiddelde ketenlengte afhankelijk is van de monomeerconcentratie.

Opdracht 2C

Leg uit waarom bij de in het artikel beschreven soort supramoleculaire evenwichtspolymeren de gemiddelde ketenlengte afhankelijk is van de temperatuur.

Opdracht 2D

Leg uit waarom de rheologische eigenschappen (het stromingsgedrag) van oplossingen van EHUT onder andere bepaald worden door het reversibele karakter van de bindingen.

Breekbare polymeren

De leerlingen maken bij de verwerking van het artikel gebruik van de samenwerkingsvorm: 'denken, delen, uitwisselen'. De werkvorm is "rondje schrijven". U maakt groepjes van vier leerlingen. Elke leerling krijgt een eigen opgavenblad (een leerling krijgt de opdracht 1A, de tweede leerling 1B, et cetera). Bij de opgave staat het blad voor 1A helemaal uitgeschreven. Om de bladen B, C en D te maken (zie einde voorbeeldmateriaal A) moet u de eerste zin in blad A na 'leerling 1' vervangen door de zin die bij respectievelijk B, C en D hoort. Elke leerling uit een groep beantwoordt nu eerst zijn eigen vraag. Na een tijd geeft u aan dat de bladen moeten worden doorgeschoven. Dit gaat zo door totdat elke leerling zijn eigen blad weer terug heeft; daarna kunnen de leerlingen in de groep de antwoorden met elkaar bespreken. Mocht u het geheel uiteindelijk klassikaal willen bespreken, dan kunt u vooraf zeggen dat elke leerling in een groep uiteindelijk antwoord moet kunnen geven op elke vraag en dat u tijdens de bespreking niet het juiste antwoord geeft, maar de leerlingen commentaar laat geven op de antwoorden van elkaar.

Bij het artikel zijn twee verschillende rondjes: de serie 1A tot en met 1D vraagt naar een verklaring van een in het artikel gebruikt begrip. De serie vragen 2A tot en met 2D gaat op zoek naar verklaringen.

- 1A Polymeren die eigenlijk een "optelling" zijn van afzonderlijke moleculen zonder dat van koppeling via atoombinding sprake is (de monomeren worden bij elkaar gehouden door waterstofbruggen of ionogene interacties). Of: een groot molecuul ("polymeer") dat in wezen bestaat uit een groot aantal afzonderlijke moleculen. In "normale" polymeren zijn de monomeren gekoppeld door gemeenschappelijke elektronenparen
- 1B De waterstofbruggen kunnen worden verbroken en weer opnieuw worden gemaakt. Het proces is omkeerbaar (reversibel), een evenwicht.
- 1C Covalente bindingen zijn bindingen tussen atomen door middel van een gemeenschappelijk elektronenpaar. Covalente koppeling tussen monomeren wil zeggen dat er tussen de oorspronkelijke monomeren atoombindingen zijn ontstaan, zoals bijvoorbeeld in de polyadditie van etheen tot polyetheen of in een polycondensatie
- 1D De bindingen tussen de monomeren zijn reversibel, er is een evenwicht tussen de vorming en de afbraak van de ketens.
- 2A In een apolair oplosmiddel zullen de polaire monomeren met groepen die waterstofbruggen kunnen vormen graag bij elkaar blijven en elkaar opzoeken. In een polair oplosmiddel (dat zelf ook waterstofbruggen kan vormen) zullen de monomeereenheden minder gemakkelijk de mogelijkheid hebben om de waterstofbrugvorming met elkaar tot stand te laten komen. In een apolair oplosmiddel lange ketens en in een polair oplosmiddel korte ketens.
- 2B Als de monomeerconcentratie laag is, is de kans dat monomeren elkaar tegen komen kleiner. De kans dat het polymeer dan groeit is dus ook kleiner. Lage concentratie leidt dus tot gemiddeld kortere ketens. Of: bij hogere monomeerconcentratie schuift het evenwicht naar de kant met de gekoppelde producten, dit betekent langere ketens.
- 2C Een hogere temperatuur betekent een grotere beweeglijkheid van moleculen. Om een waterstofbrug te kunnen vormen moet er ook gelegenheid zijn om deze te vormen. Bij een grotere beweeglijkheid zal die mogelijkheid kleiner zijn. Dit levert gemiddeld kortere ketens op. Een waterstofbrug is geen erg sterke binding. Door een hogere temperatuur zullen reeds gekoppelde monomeren door de grotere beweeglijkheid ook weer makkelijker los komen van elkaar. Ook dit draagt bij aan gemiddeld kortere ketens.
- 2D Korte ketens leiden tot een minder stroperigere (minder viskeuze), beter stromende oplossing. Als je de omstandigheden zo varieert dat je korte ketens hebt, heb je te maken met een beter stromende oplossing dan wanneer je de omstandigheden zo maakt dat je lange ketens hebt. Je kunt tussen de verschillende stromingsmogelijkheden schakelen doordat de bindingen redelijk makkelijk gemaakt en weer verbroken kunnen worden.