

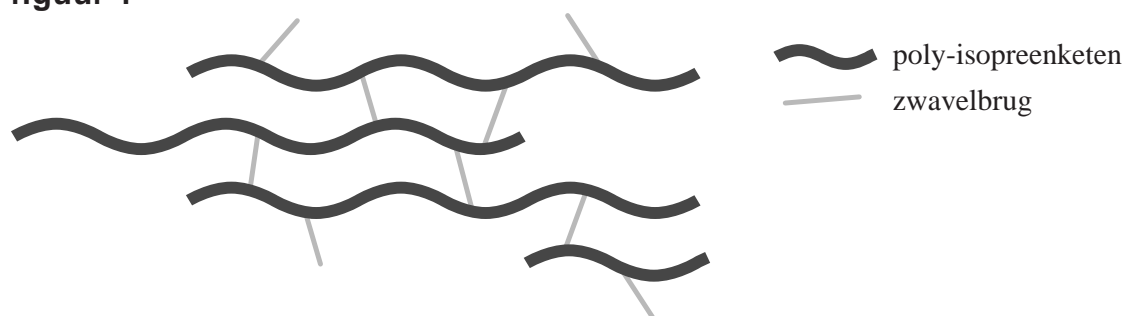
## Autobanden

Om de eigenschappen van het materiaal waaruit autobanden bestaan te beïnvloeden, worden in dit materiaal diverse stoffen verwerkt. Daarmee wordt bijvoorbeeld ook het brandstofverbruik van een auto beïnvloed. Het basismateriaal van een autoband is rubber. Rubber is een natuurproduct en kan beschouwd worden als het additiepolymeer van isopreen. De molecuulformule van isopreen is  $C_5H_8$ . Poly-isopreen kan worden weergegeven met de formule  $(C_5H_8)_n$ .

- 2p 1 Geef een mogelijke structuurformule van een molecuul isopreen. Hierin komt tweemaal een dubbele binding voor tussen koolstofatomen in de hoofdketen. Ook bevat het molecuul één  $CH_3$  zijgroep.
- 1p 2 Neem je antwoord op vraag 1 over en omcirkel de bindingen die verbroken kunnen worden bij de additiepolymerisatie van isopreen.

Bij de productie van autobanden wordt het rubber ge vulkaniseerd: aan het rubber wordt zwavel toegevoegd. De zwavel reageert met het rubber. Hierbij worden crosslinks gevormd tussen de moleculen van het rubber. Deze crosslinks worden zwavelbruggen genoemd. Een zwavelbrug bestaat uit een keten van één tot acht zwavelatomen. Dit is schematisch weergegeven in figuur 1.

figuur 1



- 1p 3 Geef aan welk type binding wordt gevormd wanneer zwavelbruggen ontstaan.

Zowel het aantal zwavelbruggen als het aantal zwavelatomen per zwavelbrug hebben invloed op de vervormbaarheid van het ge vulkaniseerde rubber. Een autoband die de grond raakt, wordt gedeeltelijk ingedrukt. Hierdoor komen de zwavelbruggen in het ingedrukte deel van de band onder spanning te staan. Wanneer de band doorrolt, krijgt dit deel van de band dankzij de zwavelbruggen zijn oorspronkelijke vorm terug.

Rubber in autobanden bevat drie à vijf massaprocent zwavel. Joost beweert dat een autoband die vijf massaprocent zwavel bevat, minder vervormbaar is dan een autoband met drie massaprocent zwavel. Arthur beweert echter dat een band die vijf massaprocent zwavel bevat best méér vervormbaar zou kunnen zijn.

- 2p 4 Geef voor beiden een argument om hun bewering te ondersteunen.  
Noteer je antwoord als volgt:  
Argument voor Joost: ...  
Argument voor Arthur: ...

De hoeveelheid brandstof die een auto verbruikt is onder meer afhankelijk van de weerstand die de banden ondervinden wanneer ze over de weg rollen. Als deze 'rolweerstand' groter is, gebruikt de auto meer brandstof om te rijden. Het is hierbij belangrijk dat de banden de juiste spanning hebben. Autobanden worden meestal gevuld met lucht. Als gevolg van de microstructuur van rubber, kan lucht echter uit een autoband ontsnappen. De druk in de band neemt dan geleidelijk af, waardoor de rolweerstand toeneemt.

- 2p 5 Beschrijf op microniveau wat er gebeurt bij het ontsnappen van lucht uit een band.

Om autobanden meer stevigheid te geven, wordt roet als vulstof aan het rubber toegevoegd. Een nadeel daarvan is dat het de rolweerstand verhoogt. Tegenwoordig wordt ook silica als vulstof gebruikt. Bij gebruik van silica wordt de rolweerstand van een autoband verlaagd ten opzichte van een 'roet-band'. Dit levert een brandstofbesparing op van 3,0%. Als tijdens een bepaalde rit minder brandstof wordt verbrand, is het negatieve effect op de luchtkwaliteit kleiner.

Een bepaalde auto met 'roet-banden' verbruikt gemiddeld 6,1 liter benzine per 100 km.

- 2p 6 Bereken hoeveel liter benzine wordt bespaard op een rit van 650 km met deze auto bij gebruik van een 'silica-band' ten opzichte van een 'roet-band'.
- 2p 7 Noem twee stoffen die ontstaan bij het verbranden van benzine in een automotor, en geef van elke stof een negatief effect op de luchtkwaliteit. Noteer je antwoord als volgt:
- |             |                             |
|-------------|-----------------------------|
| stof 1: ... | negatief effect stof 1: ... |
| stof 2: ... | negatief effect stof 2: ... |