

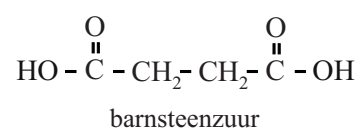
## Twee vliegen in één klap

Biogas kan een duurzaam, groen alternatief zijn voor fossiele brandstoffen. Het hoofdbestanddeel van biogas is methaan. Biogas bevat ook koolstofdioxide.

- 2p 6 Geef de structuurformules van koolstofdioxide en methaan.

Omdat biogas vaak te veel koolstofdioxide bevat, moet biogas eerst behandeld worden. In 2014 hebben Deense onderzoekers een duurzame methode gepresenteerd om biogas te ontdoen van koolstofdioxide.

In hun experiment, dat op kleine schaal is uitgevoerd, 'voeren' ze koolstofdioxide aan bacteriën die er barnsteenzuur van maken. De structuurformule van barnsteenzuur is hiernaast weergegeven.



Via deze methode wordt biogas verkregen dat gebruikt kan worden voor het aardgasnet. Daarbij wordt ook een product gemaakt dat als grondstof gebruikt kan worden in de chemische industrie. Zo sla je twee vliegen in één klap. De methode is in onderstaand tekstfragment kort beschreven.

### tekstfragment

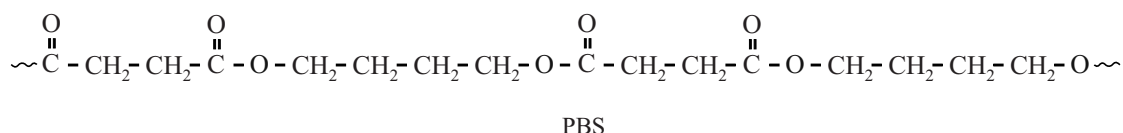
- Onderzoekers van de Technische Universiteit van Denemarken hebben een biotechnologische manier ontwikkeld om het gehalte methaan in biogas te verhogen. Hierbij wordt een suspensie van bacteriën blootgesteld aan een biogasmengsel van 60 volumeprocent methaan en
- 5 40 volumeprocent koolstofdioxide.
- De bacteriën zijn volgens de onderzoekers in staat 'twee barnsteenzuurmoleculen te maken uit twee koolstofdioxidemoleculen en één glucosemolecuul'.
- Methaan wordt niet verbruikt en verstoort het proces niet.
- 10 Om de oplosbaarheid van  $\text{CO}_2$  te vergroten wordt de druk verhoogd. Onder deze condities wordt per liter reactorvolume per dag  $2,59 \text{ dm}^3 \text{ CO}_2$  omgezet en 14,4 g barnsteenzuur geproduceerd.
- Het gas dat de suspensie verlaat, bevat ruim 95 volumeprocent methaan. Voor de meeste toepassingen is dat zuiver genoeg.

*naar: Chemisch2Weekblad*

De beschrijving van de reactie die in de regels 6 tot en met 8 wordt gegeven, is niet volledig.

- 2p **7** Leg uit, aan de hand van de formules van de betrokken stoffen, of barnsteen zuur het enige reactieproduct kan zijn.
- 3p **8** Laat met behulp van een berekening zien dat voor elke mol koolstofdioxide die wordt verbruikt, één mol barnsteen zuur ontstaat. Gebruik hierbij:
- gegevens uit de regels 11 en 12;
  - het gegeven dat het volume van 1,00 mol koolstofdioxide 21,3 dm<sup>3</sup> is.

Barnsteen zuur kan worden gebruikt om PBS te maken. PBS is een kunststof die wordt gebruikt in de verpakkingindustrie. PBS wordt gevormd uit barnsteen zuur en butyleenglycol. Hieronder is een fragment van PBS weergegeven, bestaande uit twee monomeereenheden van beide beginstoffen.



- 2p **9** Geef de structuurformule van butyleenglycol.

Het barnsteen zuur dat in het beschreven proces wordt gevormd, kan bij de productie van PBS worden gebruikt in plaats van barnsteen zuur dat uit aardolie afkomstig is. Dit PBS dat is gevormd uit “groen barnsteen zuur”, kan dan “groen PBS” worden genoemd.

- 2p **10** Geef het nummer van een van de uitgangspunten in de groene chemie dat kan worden gebruikt als argument voor de benaming “groen barnsteen zuur”.
- Gebruik Binas-tabel 97F of ScienceData-tabel 38.6.
  - Licht je antwoord toe.