

ELEKTRICITEIT UIT AFVALGAS

Klas	5v
Subdomein	Chemische processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Energiebalans, stofkringloop
Trefwoorden	Afvalgas, koolstofdioxide, elektriciteit, milieu
Vaardigheidsvraag	Informatiebewerkingsvraag

Wageningen World, december 2013

Elektriciteit uit afvalgas

Deze zomer deden onderzoekers van Wageningen University en Wetsus uit de doeken hoe ze energie kunnen winnen uit CO₂. Sindsdien verdringen bedrijven uit de hele wereld zich om samen te werken.

TEKST RENÉ DIDDE ILLUSTRATIE SCHWANDT INFOGRAPHICS

Het klinkt te mooi om waar te zijn: elektriciteit opwekken met afvalgasen. Maar dat kan; door gebruik te maken van het enorme concentratieverschil van CO₂ in rookgasen uit de schoorsteen en in de lucht. Door het kooldioxide langs elektroden met een waterig laagje te laten stromen, ontstaan protonen en negatief geladen deeltjes. Die bewegen zich door twee selectieve membranen waarna er een elektrische stroom gaat lopen. De ontdekkers, onderzoekers van de sectie Milieutechnologie van Wageningen University, onderdeel van Wageningen UR en van watertechnologie-instituut Wetsus in Leeuwarden denken dat het potentieel enorm is. Alle CO₂ uit rookgasen in de wereld vertegenwoordigt een potentieel dat overeenkomt met 1,5 biljard kilowattuur, ongeveer 8 procent van het jaarlijkse stroomverbruik in de wereld.

BLUE ENERGY IN DE LUCHT

Energieproductie met behulp van concentratieverschillen is niet nieuw voor de onderzoekers. 'Je kunt dit nieuwe fenomeen opvatten als een spin-off van blue energy', zegt Cees Buisman, hoogleraar Biologische kringlooptechnologie in Wageningen en wetenschappelijk directeur van watertechnologie-instituut Wetsus in Leeuwarden. Bij

blue energy wordt stroom opgewekt door de verschillen in zoutconcentratie tussen rivierwater en zeewater te benutten. Momenteel wordt daarvoor een proeffabriek gebouwd op de Afsluitdijk. Zover is het met de nieuwe variant nog lang niet, maar het potentieel van deze 'blue energy in de lucht' is veel groter, vertelt Buisman. 'Als we uitgaan van 4 tot 8 procent CO₂ in rookgasen en 0,04 procent CO₂ in de lucht, dan kunnen we profiteren van concentratieverschillen van een factor honderd tot tweehonderd', zegt Buisman. Bij blue energy verschillen de zoutconcentratie van rivieren zeewater hooguit een factor zestig. Alleen al met de CO₂ uit de schoorstenen van de kolen- en gasgestookte elektriciteitscentrales wereldwijd, die duizenden en duizenden kubieke meters CO₂ afvalgasen per seconde de lucht in jagen, kan jaarlijkse voor vijftig miljard euro aan elektriciteit worden opgewekt. 'En hoe ouderwets de techniek, hoe beter het is voor onze vinding', lacht Buisman. Dat deze fossiele energievormen op termijn uit de gratie zullen raken ten voordele van duurzame energie, maakt volgens hem niet uit. 'Elektriciteitscentrales zullen in plaats van kolen steeds meer biomassa bijstoken en daarbij komt ook CO₂ vrij. Datzelfde geldt ook

voor de productie van biogas en vergisting van slib of groente, fruit en tuinafval.'

WATER ALS INTERMEDIAR

In een artikel in het tijdschrift Environmental Science and Technology Letters, dat eind juli verscheen, werd the proof of principle aangetoond door eerste auteur Bert Hamelers, onderzoeker bij Wetsus, en vier ander auteurs, waaronder Buisman. Hamelers, voorheen werkzaam bij Wageningen University, gebruikt voor de energieopwekking water als intermediair. 'Als het CO₂ in het afvalgas langs elektrodes met een waterig laagje wordt gevoerd, ontstaat als gevolg van een simpele reactie diwaterstofcarbonaat H₂CO₃ dat onmiddellijk splitst in een proton (H⁺) en bicarbonaat (HCO₃⁻)', legt Hamelers uit. Het proton wordt door een selectief membraan doorgelaten op weg naar een koolstofelektrode, waar een overschot aan positieve lading ontstaat. Het bicarbonaat gaat op zijn beurt door een ander selectief membraan naar een andere koolstofelektrode, waar een overschot aan negatieve lading ontstaat. 'Als ik de elektrodes verbind, gaan de elektronen bewegen van de elektrode met het overschot aan bicarbonaat naar de elektrode met een protonenoverschot. Er ontstaat dus elektrische stroom', aldus Hamelers.

ENERGIE UIT CO₂

POTENTIEEL
Als alle via rookgassen naar de lucht ontwijkende CO₂ in de wereld wordt benut, is er een theoretisch stroompotentieel van 1.570 TWh per jaar.

8%

Dat is genoeg voor 8% van het stroomverbruik in de wereld in 2008.

Bron: Hamelers e.a., *Environmental Science & technology*

‘Het potentieel is enorm: 1,5 biljard kilowattuur ’

Dat proces verloopt steeds langzamer totdat de elektroden zijn verzadigd. ‘Door de klep met de rookgassen dan te sluiten en de klep met de buitenlucht te openen, ontstaat het omgekeerde proces’, legt de onderzoeker uit. ‘Het bicarbonaat wil terug door het membraan naar het kanaal met de lage CO₂ concentratie. Er gaat wederom stroom lopen, en de CO₂ ontwijkt naar de buitenlucht.’ Om die reden is de vinding geen panacee voor het klimaatprobleem.

VERDERE ONTWIKKELING
‘Het is een voortdurend proces van opladen en ontladen, zoals bij een batterij’, aldus Hamelers. Sinds de publicatie wordt hij vanuit de hele wereld benaderd door bedrijven die willen meewerken aan de verdere ontwikkeling van de technologie. Veel wil hij er niet over kwijt. ‘Het gaat zowel om bedrijven die veel CO₂ in de aanbieding hebben, als om ondernemingen die veel elektriciteit nodig hebben. En uiteraard willen veel technologiebedrijven, zoals producenten van membranen meedoen’, aldus Hamelers. Wetsus wil op korte termijn een cluster van bedrijven vormen die – net als dat bij blue energy gebeurt – de technologie marktrijp gaat maken. ‘Om te beginnen in het lab, om de reactiesnelheid te vergroten en stroom te produceren in een proefopstelling. En uiteindelijk in de schoorsteen van een kolencentrale om een demonstratieproject uit te proberen.’

www.wageningenur.nl/co2uitstoot

Het lijkt een sprookje: elektriciteit opwekken uit afvalgassen. Maar er is al onderzoek naar verricht.

- 1 Waarp berust het principe waarop deze manier van opwekken van energie gebaseerd is?

Het principe is van een ander project afgeleid, namelijk van het project ‘Blue energy’.

- 2 Hoe wordt in het project ‘Blue energy’ elektriciteit opgewekt?

In de toekomst zal steeds minder aan fossiele brandstoffen gebruikt worden voor energie-opwekking, mogelijk met een daarbij horende daling van de uitstoot van koolstofdioxide.

- 3 Is die daling geen probleem voor de aanvoer van voldoende koolstofdioxide in afvalgassen? Licht je antwoord toe.

Het principe wordt in het artikel schematisch weergegeven.

- 4 Beschrijf kort hoe het proces werkt.

Het systeem maakt gebruik van twee verschillende ion-selectieve membranen.

- 5 Hoe werkt een ion-selectief membraan?

Het proces gaat steeds langzamer en stopt op een bepaald punt.

- 6 Welke actie wordt dan ondernomen?

- 7 Welk effect heeft die actie?

De methode werkt als er voldoende koolstofdioxide uit de afvalgassen gehaald kan worden.

- 8 Waarom is deze nieuwe methode toch geen oplossing voor het versterkte broeikas-effect?

Het nieuw bedachte proces heeft alles met evenwichten en evenwichtsverschuivingen te maken.

- 9 Om welke evenwichten en welke evenwichtsverschuivingen gaat het?

Als alle uitstoot van koolstofdioxide in rookgassen over de wereld wordt benut is een theoretische hoeveelheid van 1570 TWh elektrische energie per jaar haalbaar.

- 10 Geef deze hoeveelheid energie in kWh weer. Noteer je antwoord in de wetenschappelijke notatie.

- 11 Wat is het stroomverbruik in 2008 wereldwijd geweest? Geef je berekening.

- 12 Wat moet er nog gebeuren voor de technologie 'marktrijp' is?

Elektriciteit uit afvalgas

- 1 Het principe berust op het verschil in de concentratie van koolstofdioxide in afvalgasen ten opzichte van de concentratie van koolstofdioxide in de lucht.
- 2 Bij Blue energy wint men elektriciteit door verschil in zoutconcentratie in zoet water en zeewater.
- 3 Voor bijvoorbeeld zonne- en windenergie is dit zeker waar. Maar in plaats van fossiele brandstoffen wordt dan ook veel biomassa verstoekt en dat levert wél veel koolstofdioxide op.
- 4 Koolstofdioxide geeft met water koolzuur dat zich splitst in positieve H^+ ionen en negatieve HCO_3^- ionen. Het ene ion gaat naar linker elektrode, het andere naar rechter elektrode waardoor een potentiaalverschil ontstaat. Verbinden van beide elektroden levert een elektrische stroom.
- 5 Het membraan laat slechts één bepaalde ion soort door.
- 6 De klep met de afvalgasen wordt gesloten en de klep met de buitenlucht wordt geopend.
- 7 Nu gaat de reactie terug want er moet weer koolstofdioxide gevormd worden om het opnieuw evenwicht te verkrijgen.
- 8 De koolstofdioxide uit de afvalgasen komt uiteindelijk toch weer in de atmosfeer terecht.
- 9 Evenwichten $CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$ en $H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$. Bij hoge koolstofdioxideconcentraties (afvalgasen) liggen beide evenwichten rechts, bij lage koolstofdioxideconcentraties (buitenlucht) liggen beide evenwichten links.
- 10 $1 \text{ TWh} = 10^{12} \text{ Wh}$ dus $1570 \text{ TWh} = 1,57 \cdot 10^{12} \text{ kWh}$.
- 11 Deze hoeveelheid was goed voor 8%, dus totaal $100/8 \times 1570 \text{ TWh} = 19,6 \text{ PWh}$.
- 12 De technologie moet eerst nog (verder) ontwikkeld worden. Dat vergt laboratoriumonderzoek (proefopstellingen) en uitproberen in de praktijk (demonstratieproject).