

Zonne- en windenergie omzetten in vloeibare brandstoffen

ONDERZOEK

Erik te Roller

Benzine en diesel uit water en CO₂

Groene stroom, water en kooldioxide omzetten in benzine, diesel en andere vloeibare brandstoffen. Dat is het idee achter het gezamenlijke onderzoeksprogramma van Differ, de Technische Universiteit Eindhoven en Syngaschem dat net is gestart. De uitdaging is vooral goede katalysatoren te vinden waarmee de gewenste brandstoffen straks efficiënt en gericht gemaakt kunnen worden. Dat vraagt kennis en inzicht die de onderzoekers de komende jaren in hun laboratoria willen verwerven. Professor Richard van de Sanden, directeur van het FOM-instituut Differ en Kees-Jan Weststrate, chemicus en onderzoeker van Syngaschem lichten het onderzoeksprogramma toe.

Het net gestarte onderzoeksprogramma (Chemical Industrial Partnership Programme) richt zich op de eerste stappen van het proces: het omzetten van water en CO₂ met behulp van duurzame elektriciteit in synthegas (koolmonoxide en waterstof). Daarnaast zoekt Syngaschem, de industriële partner, samen met de onderzoeksgroep Plasma and Materials Processing (PMP) van de Technische Universiteit Eindhoven naar processen om synthegas efficiënt in brandstoffen als benzine en diesel om te zetten. Syngaschem is in 2013 opgericht door hoogleraar Hans Niemantsverdriet en sinds begin 2016 gehuisvest in het Differ-gebouw op de campus van de TU Eindhoven. Syngaschem zoekt in dit samenwerkingsverband vooral naar fundamenteel begrip van de katalyse bij deze processen en hoopt op grond daarvan tot techno-

logische doorbraken in synthegasproductie en conversie te komen.

Plasmareactor

"We onderzoeken hoe we CO₂ het beste kunnen activeren zodat het splitst in koolmonoxide en zuurstof. Ook kijken we naar hoe CO₂ met waterstofgas afkomstig van de elektrolyse van water, kan reageren tot methaan en zuurstof," zegt Richard van de Sanden. De onderzoekers willen een zogenoemde plasmareactor ontwikkelen die CO₂ met een energierendement van meer dan 50 procent om kan zetten in koolmonoxide en zuurstof. Dat is efficiënter dan het theoretisch maximum van bestaande technieken voor CO₂-ontleding. De onderzoekers werken met temperaturen van meer dan 3000 graden Kelvin met behulp van microgolven in een buis met een doorsnede

van enkele centimeters. Net als in een magnetronoven brengen de microgolven energie over. Uit aanwezig natrium maken zich elektronen los die met hoge snelheid op de vibrerende CO₂-moleculen botsen, die vervolgens splitsen. Dat is althans de bedoeling. In werkelijkheid wordt de energie van de microgolven deels ook omgezet in warmte: de temperatuur in de reactor stijgt waardoor de CO₂-moleculen zich met steeds grotere snelheid verplaatsen. Dat leidt tot energieverlies. Het idee is daarom het vermogen met de microgolven niet constant toe te dienen maar met pulsen. Op die manier zal een groter deel van de energie tot vibraties en splitsing van de CO₂-moleculen leiden en een geringer deel tot energieverlies via warmte. Een gewone magnetronoven heeft een vermogen van ongeveer een kilowatt. De plasmareactor zal aanvankelijk een vermogen van 10 kilowatt hebben. Later zullen experimenten volgen met reactoren van 50 à 80 kilowatt. Om een idee te geven: twaalf van die reactoren zijn genoeg om de energie van een windmolen van 1 megawatt te benutten voor de productie van syngas.

Water efficiënter splitsen

"Verder zoeken we naar nieuwe methoden om water zo efficiënt mogelijk te splitsen in water en zuurstof," vervolgt Van de Sanden. "We gaan dat doen in een elektrolysecel met behulp van een keramisch membraan dat waterstofprotonen doorlaat. Het voordeel is dat we dan met waterdamp kunnen werken, oftewel stoom van 300°C tot 400°C. Dan hebben we dus niets van doen met stoftransport tussen gas en vloeistof, zoals bij de hui-

Kees-Jan Weststrate denkt bij CO₂-bronnen vooral aan hoogovens. Op de foto Tatasteel IJmuiden.

dige elektrolyse. Wel hebben we met een materiaalvraagstuk te maken: hoe bereik je dat het keramisch membraan de protonen goed geleid zonder dat het snel in stabiliteit achteruit gaat?"

Selectiviteit is de bottleneck

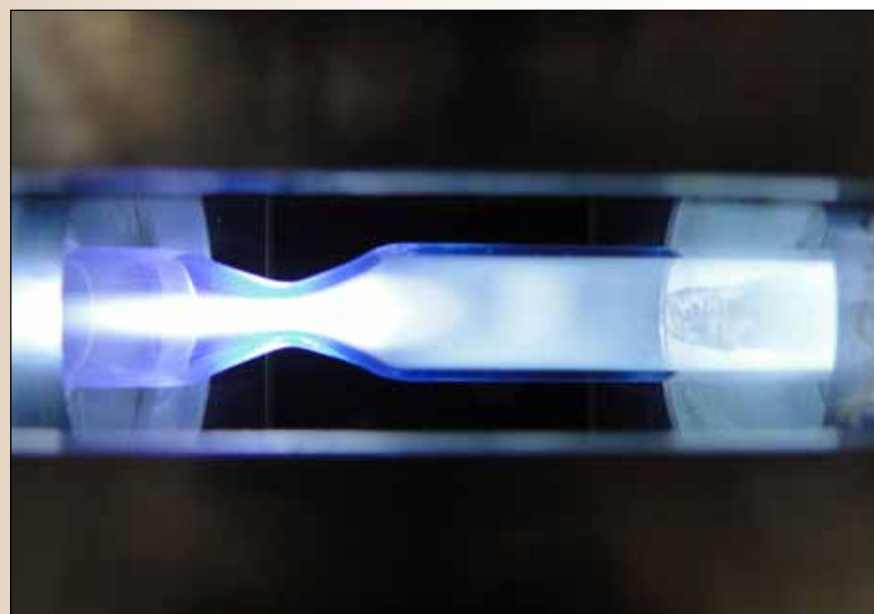
Van de Sanden legt uit dat de crux zal liggen bij het omzetten van synthegas in brandstoffen. Bij Fischer-Tropsch-synthese levert synthegas (syngas) een mengsel van talloze koolwaterstoffen op, te vergelijken met aardolie. Dat moet dan ook in een raffinaderij opgewerkt worden tot de gewenste producten. Shell maakt op die manier bijvoorbeeld GTL-brandstoffen (gas to liquid) uit aardgas in Qatar. Syngaschem gaat in plaats van aardgas uit van duurzame stroom, water en CO₂. Het bedrijf hoopt in het project fundamentele inzichten op te doen waarmee het straks in staat zal zijn de productverdeling beter te sturen. Dan kan de raffinage stap achterwege blijven, waardoor de investeringen lager zullen uitvallen. "Veel van de huidige processen in de chemische industrie zijn voornamelijk gebaseerd op empirische kennis. Bij Syngaschem willen we snappen wat er op moleculair niveau precies gebeurt. Waarom levert een koperkatalysator me-

Chinese partner

Synfuels China Technologies (SCT), een bedrijf afkomstig van de Chinese Academy of Sciences, werkt samen met Syngaschem aan de ontwikkeling van vloeibare brandstoffen. SCT ontwikkelt technologie om kolen met behulp van katalysatoren om te zetten in schone, vloeibare brandstoffen zonder zwavel of vliegias. Die kunnen de mensen in China voor het verwarmen van hun huizen gebruiken in plaats van de smog-veroorzakende kolen. In dit geval vormen kolen dus de koolstofbron voor de vloeibare brandstoffen, waarbij de omzetting ook weer via synthegas plaatsvindt.

thanol op, een ijzerkatalysator benzine en een kobaltkatalysator diesel? We willen een katalysator ontwikkelen voor een zo efficiënt en selectief mogelijk omzettingsproces met een lange levensduur. Als dat lukt, komen we straks misschien langs een andere weg wel bij een beter proces uit met betere katalysatoren," zegt Kees-Jan Weststrate, onderzoeker van Syngaschem. "Het voordeel van syngas is dat er al in veel industriële processen mee wordt gewerkt zodat er al veel kennis en

De onderzoekers willen een zogenoemde plasmareactor ontwikkelen die CO₂ met een energierendement van meer dan 50 procent om kan zetten in koolmonoxide en zuurstof. Op de foto de plasmareactor van Differ voor het splitsen van CO₂.



Kees-Jan Weststrate, chemicus en onderzoeker van Syngaschem.

ONDERZOEK

Benzine en diesel uit water en CO₂

ervaring is. Dat zijn wel continuprocessen terwijl wij straks te maken hebben met een wisselend aanbod van duurzame elektriciteit en het proces zelfs af en toe helemaal stil moeten kunnen zetten. Hierdoor zal onze productiewijze van syngas wezenlijk anders zijn. We hoeven het wiel dus niet helemaal opnieuw uit te vinden maar staan toch voor een forse uitdaging."

Aardgasverbruik omlaag

Van de Sanden wijst op het maatschappelijk nut van de ontwikkeling van solar fuels. "Op het ogenblik produceren bedrijven in Nederland syngas op basis van aardgas. Dat leidt tot extra uitstoot van CO₂ in de atmosfeer. Door CO₂ van bijvoorbeeld energiecentrales af te vangen en te gebruiken voor de productie van brandstoffen, zijn er minder fossiele brandstoffen nodig. Op lange termijn zal het mogelijk zijn een cyclus te onderhouden door de CO₂ die bij de verbranding van de brandstoffen vrijkomt, af te vangen en weer in te zetten voor de productie van solar fuels."

Weststrate vult aan: "Een overschot aan duurzame elektriciteit kun je in principe heel goed opslaan in de vorm van vloeibare chemische brandstof. Koolwaterstoffen bevatten per liter heel veel energie en zijn veel gemakkelijker te hanteren dan een gas, zoals waterstof, dat je alleen onder hoge druk kunt bewaren." Een andere route om duurzame elektriciteit op te slaan, is via de aanmaak van ammoniak uit waterstofgas (afkomstig

van de elektrolyse van water) en stikstof uit de lucht met behulp van het klassieke Haber-Bosch-proces. Deze ammoniak kunnen energiecentrales dan in plaats van aardgas als brandstof inzetten. Hieraan werkt het Institute for Sustainable Process Technology (Ispt) met verschillende partners, waaronder Nuon, Proton Ventures, ECN, de Technische Universiteit Delft en de Technische Universiteit Twente. Bij de laatste universiteit kijken onderzoekers naar de mogelijkheden om stikstof te splitsen, eveneens in een heet gas (plasma), zodat het daarna gemakkelijk met waterstof reageert tot ammoniak. Het ligt voor de hand om CO₂ uit de schoorstenen van fabrieken en energiecentrales af te vangen en als grondstof te gebruiken. Sceptici wijzen erop dat de schoorstenen maar tijdelijke bronnen van CO₂ vormen. Als die verdwijnen, zal de CO₂ uit de lucht moeten komen die 'slechts' 400 ppm CO₂ bevat. Van de Sanden: "Afscheiden van CO₂ uit de lucht is inderdaad veel duurder: 300 à 350 euro per ton tegenover 50 euro per ton bij afscheiden uit de schoorsteen. Dat kan overigens nog goedkoper uitvallen als je in een elektriciteitscentrale aardgas met pure zuurstof verbrandt zodat alleen CO₂ en waterdamp vrijkomen. Na condensatie van de waterdamp houd je vrij zuivere CO₂ over. Je hebt dan alleen nog de input van duurzame energie nodig om er brandstoffen van te maken," aldus Van de Sanden.

Is het niet veel simpeler om alles op elektriciteit te laten rijden en varen? Van



Richard van de Sanden, directeur van het FOM-instituut Differ.

de Sanden: "Vliegtuigen, schepen en vrachtwagens kunnen voorlopig niet zonder koolwaterstoffen als energiebron. Rijden op elektriciteit is alleen weggelegd voor auto's die afstanden tot 150 kilometer afleggen. Hierdoor zal hooguit 25 procent van het transport elektrisch zijn. De rest van het transport blijft voorlopig aangewezen op koolwaterstoffen. Vrachtwagens kunnen in elk geval op zonnebrandstof rijden. Als je ze van een air cap voorziet, kun je de CO₂ uit de uitlaatgassen halen en terugwinnen voor de productie van nieuwe zonnebrandstof."

Hoogovens vormen geschikte CO₂-bron

Weststrate denkt bij CO₂-bronnen vooral aan hoogovens. Daar worden de ijzeroxiden uit het ijzererts met behulp van cokes gereduceerd tot ijzer. Koolstof (van de cokes) en zuurstof (van de oxiden) vormen CO₂ die de fabriek in hoge concentratie via de schoorsteen verlaat. "Cokes blijf je nodig hebben om staal te maken. Maar in plaats van de CO₂ te emitteren, kun je die ook gebruiken als grondstof voor zonnebrandstoffen. Dat bespaart fossiele brandstoffen en vermindert daarmee de totale CO₂-uitstoot. Met die geconcentreerde CO₂ uit de staalfabriek kunnen we in de komende jaren ook snel ervaring met ons proces opdoen. Ooit zal staal misschien anders worden geproduceerd geen CO₂ meer opleveren maar tegen die tijd zullen de technieken om CO₂ uit de lucht te gebruiken ook verder zijn doorontwikkeld," aldus Weststrate. ■

Onderzoeksprogramma van 1,6 miljoen euro

Het Nederlandse instituut voor funderend energieonderzoek Differ in Eindhoven en de Technische Universiteit Eindhoven ontvangen beide 1,6 miljoen euro voor het onderzoek naar het maken van vloeibare brandstoffen uit groene stroom. Dat bedrag komt voor de helft van FOM en NWO Chemische Wetenschappen en voor de helft van Syngaschem, de industriële partner.

Differ, onderdeel van FOM en NWO, richt zich sinds 2011 op fundamenteel onderzoek om zonnebrandstoffen en kernfusie mogelijk te maken. In samenwerking met andere kennisinstellingen en bedrijven werkt het aan elektrochemie, fotochemie, CO₂ splitsen met een plasma, het omzetten van stikstof in ammoniak en fotonica (opto-elektronica), kortom de niet-klassieke chemie. Momenteel lopen er vier onderzoeksprojecten: twee projecten op het gebied van Fischer-Tropsch-synthese, één project om water op een nieuwe manier te splitsen en één project om CO₂ te activeren.

De onderzoeksgroep PMP van de TU Eindhoven is gespecialiseerd in technieken om fysische en chemische processen efficiënter te laten verlopen aan oppervlakken, vooral met het oog op toepassingen op het gebied van opwekking en opslag van duurzame energie.