



NOOIT MEER 'VLIEGSCHAAMTE'
DANKZIJ SYNTHETISCHE KEROSINE?

BRANDSCHONE BRANDSTOF

Telset: Hidde Middeldweerd

Haal CO₂ uit de lucht, maak waterstof met behulp van groene stroom, gooi de twee bij elkaar en je hebt een schone brandstof. Klinkt lekker simpel, en in het laboratorium lukt het al. Als deze veelbelovende technologie eenmaal op grote schaal kan worden toegepast, zullen vliegtuigen en schepen ons (en de spullen die we nodig hebben) volledig klimaatneutraal vervoeren.

Het overgrote deel van de brandstof die wij wereldwijd gebruiken, is gemaakt van olie. Benzine, diesel en kerosine zijn daar bekende voorbeelden van. Maar we kunnen ook brandstoffen maken zonder olie uit de grond te pompen. De chemici Franz Fischer en Hans Tropsch ontdekten honderd jaar geleden al dat het mogelijk is om zogeheten synthese gas - een mengsel van koolstofmonoxide en waterstof - om te zetten in een vloeibare brandstof. Bij een temperatuur tussen 180 en 250 graden Celsius, en met behulp van een katalysator (zoals ijzer), wordt het gas vloeibaar. Dit Fischer-Tropsch-proces wordt al decennialang toegepast. Tijdens de Tweede Wereldoorlog produceerde Hitlers Duitsland op deze manier miljoenen liters brandstof (zie 'Duitse overlevingstruc: benzine uit steenkool' op pagina 30) en in Zuid-Afrika doet het chemiebedrijf Sasol dat nog steeds. Het synthese gas dat hiervoor nodig is, wordt bijvoorbeeld gewonnen door kolen of aardgas tot een temperatuur van 1300 tot 1500 graden te verhitten, waardoor koolstofmonoxide en >>

■ In 2018 was de wereldwijde CO₂-uitstoot groter dan ooit, blijkt uit onderzoek van het Global Carbon Project. China bleek de grootste boosdoener te zijn.

■ Het kost momenteel 550 tot 725 euro om 1000 kilo CO₂ uit de lucht te halen. Een gemiddelde personenauto op benzine stoot jaarlijks ruim 3000 kilo uit.

■ Het Zwitserse bedrijf Climeworks hoopt vanaf 2025 elk jaar 1 procent van de wereldwijde CO₂-uitstoot uit de lucht te kunnen halen.



waterstof vrijkomen. Tegenwoordig staat een klimaatvriendelijkere methode steeds prominenter op de kaart: met CO₂ uit de atmosfeer en waterstof die met groene stroom wordt geproduceerd, is het ook mogelijk om dit synthegas te maken. Door middel van de Fischer-Tropsch-methode kan dat gas vervolgens in vloeibare brandstof worden omgezet. Dat heeft een groot voordeel: het gebruik van deze brandstof leidt niet tot extra CO₂ in de atmosfeer. De CO₂ die nodig is om de brandstof te maken, wordt immers uit de lucht gehaald. Met het oog op de klimaatverandering klinkt dat ideaal. Maar er moet nog heel wat

gebeuren voordat deze brandstof op grote schaal beschikbaar zal zijn.

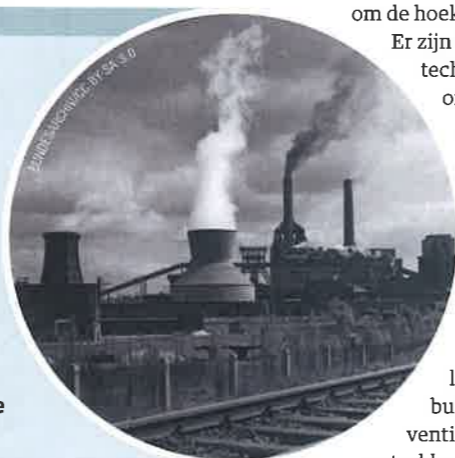
Lucht vangen

Eerst even dit: waarom is een CO₂-neutrale brandstof überhaupt wenselijk? Gert Jan Kramer, hoogleraar duurzame energievoorziening aan de Universiteit Utrecht, legt uit: "Ons huidige energiesysteem is de grootste veroorzaker van de toenemende CO₂-concentratie in de atmosfeer. Kort gezegd: we pompen olie uit de grond, maken er brandstof van en verbranden die. Het resultaat is een stijging van de wereldwijde temperatuur. Dat kunnen we niet volhouden." Op zoek naar alternatieven dus. Waar

▲ Het Zuid-Afrikaanse Sasol produceert al zeventig jaar synthetische brandstoffen. Het energiebedrijf past de zogeheten Fischer-Tropsch-methode toe om kolen te vergassen en om te zetten in een vloeibare brandstof.

we elektriciteit kunnen gebruiken, moeten we dat zeker doen, vindt Kramer. De opwekking van groene stroom (bijvoorbeeld uit zonnepanelen en windmolens) gaat immers niet met CO₂-uitstoot gepaard. Als we maar genoeg groene stroom opwekken, kunnen elektriciteitscentrales op basis van kolen of aardgas op den duur hun deuren sluiten. Helaas is groene elektriciteit niet overal de oplossing. Je kunt er bijvoorbeeld geen grote vliegtuigen of schepen mee aandrijven. En dat geldt ook voor een aantal industriële processen, zoals de ijzer- en staalproductie. Kramer: "Maar tegelijkertijd moeten we van de vervuulende, op olie gebaseerde brandstoffen af. Daar komt de synthetische variant om de hoek kijken."

Er zijn twee cruciale technologieën in ontwikkeling die de grootschalige productie van schone brandstof mogelijk moeten maken. De eerste is Direct Air Capture (DAC), oftewel het 'vangen' van CO₂ uit de lucht. Hierbij wordt buitenlucht met een ventilator door een filter getrokken dat is voorzien



Duitse overlevingstruc: benzine uit steenkool

In de loop van de Tweede Wereldoorlog werd de brandstofvoorziening een groot probleem voor Duitsland. Het land had namelijk weinig natuurlijke olievorraden en de overzeese aanvoer was afgesneden. Maar Hitlers oorlogsmachine moest blijven draaien. Daarom verzezen er tientallen installaties voor de productie van synthetische brandstof, oftewel brandstof waarin aardolie geen hoofdingrediënt was. Dat gebeurde bijvoorbeeld door kolen (een grondstof die wel in overvloed aanwezig was) te vergassen, waardoor zogeheten synthegas ontstond. Met behulp van een katalysator (zoals ijzer) werd dit gas vloeibaar gemaakt door het te verhitten. De fabrieken waar dit plaatsvond, stonden bij de geallieerden uiteraard hoog op de lijst met doelwitten voor bombardementen.

■ Volgens de Britse ecooloog Thomas Crowther is er wereldwijd ruimte voor 1,2 biljoen extra bomen. Die kunnen net zoveel CO₂ opslaan als er in het afgelopen decennium is uitgestoten.

■ Het P2X Kopernikus-project, een Duitse proefinstallatie om CO₂-neutrale brandstof te maken, produceerde eerder dit jaar zijn eerste liters.

■ Dit jaar werd HyStock geopend: de eerste Nederlandse elektrolyser van 1 megawatt. Hij zet de door een nabijgelegen windpark opgewekte elektriciteit in waterstof om.



van een chemisch absorptiemateriaal. Dit materiaal kan CO₂ uit die lucht halen en aan zich binden. Door het filter vervolgens in een vacuüm te verhitten, komt de CO₂ weer vrij in de vorm van een zuiver gas dat als grondstof voor synthetische brandstof kan dienen. Ook het afvangen van CO₂ uit de schoorstenen van bijvoorbeeld fabrieken en elektriciteitscentrales gebeurt al. Maar deze gassen zijn niet echt geschikt voor de productie van brandstof. Richard van de Sanden, directeur van DIFFER (Dutch Institute for Fundamental Energy Research) en hoogleraar plasmafysica en chemie aan de TU Eindhoven, legt uit: "Brandstof die van deze CO₂ wordt gemaakt, is weliswaar duurzamer dan de op olie gebaseerde soorten, maar je hebt het hier niet over een CO₂-neutrale brandstof. Je gebruikt de afgevangen CO₂ simpelweg nog een keer, waarna die uiteindelijk toch in de atmosfeer belandt. En dat is geen oplossing voor de klimaatverandering."

Voor echt duurzame brandstoffen moeten we dus CO₂ uit de lucht halen, maar dat is voorsnog een lastige opgave. De uitstoot van een fabriek heeft een CO₂-concentratie van tussen de 1 en 10 procent, terwijl dat percentage bij buitenlucht slechts rond de 0,04 procent ligt. Het onttrekken ervan moet op zeer grote schaal plaatsvinden om een noemenswaardige hoeveelheid CO₂ op te

▲ Het Zwitserse Climeworks is het eerste bedrijf ter wereld dat op commerciële schaal CO₂ uit de lucht haalt (al zijn de volumes nog steeds klein). Deze koolstofdioxide kan op verschillende manieren worden gebruikt. Om synthetische, CO₂-neutrale brandstoffen te maken bijvoorbeeld.

leveren. Tot nu toe gebeurt het alleen op kleine schaal. Bijvoorbeeld door het Zwitserse bedrijf Climeworks, dat er diverse installaties voor heeft. En Klaus Lackner, hoogleraar aan de Arizona State University (VS), werkt aan *Lackner trees*: futuristische ogende 'bomen' die CO₂ aan de lucht onttrekken. Genoeg ontwikkelingen dus, maar we zijn er nog lang niet. "Hoewel deze technologieën op demonstratieschaal inderdaad werken," zegt Van de Sanden, "moeten ze nu doorgroeien naar een industriële schaal. De technologische stappen die daarvoor nodig zijn, kunnen tientallen jaren in beslag nemen. Een andere belangrijke vraag is: kunnen we de kosten van het productieproces drukken? Juist omdat de DAC-technologie in de kinderschoenen staat, is hij momenteel erg duur. Als dat niet verandert, zullen CO₂-neutrale brandstoffen veel meer gaan kosten dan fossiele brandstoffen."

Gespleten water

De andere cruciale technologie die CO₂-neutrale brandstof mogelijk maakt, is elektrolyse. Van de Sanden licht toe: "Water is een chemische verbinding tussen twee stoffen: waterstof en zuurstof. Door middel van elektrische spanning maak je die van elkaar los. Zo'n 50 tot 70 procent van de elektriciteit wordt tijdens dit proces in de waterstof opgeslagen (de rest gaat verloren, red.) en maakt

er dus een energierijk gas van." Als je de benodigde elektriciteit duurzaam opwekt, met bijvoorbeeld zonnepanelen of windmolens, is de waterstof die je overhoudt ook nog eens groen. Maar ook hier geldt: de opschaling en de kostendaling zijn heikele punten, al is elektrolyse een stuk verder dan de DAC-technologie. In Veendam werd onlangs HyStock in gebruik genomen: een installatie met een elektrolyser van 1 megawatt die 400 kilo groene waterstof per dag produceert. Maar voor de grootschalige productie van CO₂-neutrale brandstof zijn honderden megawatts of zelfs 1 gigawatt nodig. "Hoe we dat aan moeten pakken, is een groot vraagteken", zegt Van de Sanden. "Kiezen we voor de ontwikkeling van grote elektrolyzers of juist kleinere modules, die je tot een grotere installatie kunt 'stapelen'? Of zijn er doorbraaktechnologieën waar we vol op in moeten zetten? Dat zijn vragen waar we nu nog geen antwoord op hebben."

"Elektrolyzers moeten dezelfde ontwikkeling doormaken als zonnepanelen en windmolens", vult Kramer aan. "Als het productieproces verbetert en de productiecapaciteit omhooggaat, dalen de kosten namelijk. Dat bewijst de markt voor zonnecellen: die groeide in sommige jaren met ruim 40 procent en de prijs per kilowattuur daalt nog steeds gestaag. Hetzelfde moet nu met

■ Het Nederlandse initiatief Gigawatt Elektrolysefabriek wil tussen 2025 en 2030 een elektrolyser van 1 gigawatt (1000 megawatt) realiseren.

■ Het Zuid-Afrikaanse chemiebedrijf Sasol maakt sinds 1950 synthetische brandstof op basis van kolen. Het voorziet in ongeveer 28 procent van de nationale brandstofbehoefte.

■ Lufthansa vliegt binnenkort op CO₂-neutrale brandstof, beweert de luchtvaartmaatschappij. Dat kost wel wat: een ticket Frankfurt-New York wordt er 374 euro duurder door.



» elektrolyzers gebeuren.” Dat punt hebben we momenteel nog lang niet bereikt, aldus Van de Sanden: “Elektrolyzers zijn nu nog een factor vijf tot tien te duur. Die prijs gaat absoluut dalen, maar het duurt misschien nog wel tien jaar voordat we op een niveau zitten dat CO₂-neutrale brandstof economisch interessant maakt.” De ‘onvolwassenheid’ van de DAC-technologie en elektrolyse is het voornaamste obstakel dat de opkomst van synthetische brandstof verhindert, vindt zowel Kramer als Van de Sanden. En er staat meer op de to-do-lijst. Een overvloed aan groene stroom is bijvoorbeeld ook een vereiste, want daar maken we immers groene waterstof mee. Maar in 2018 was slechts 15 procent van alle opgewekte stroom in Nederland duurzaam.

Komt het op tijd?

De laatste prangende vraag: kunnen alle benodigde technologieën, van elektrolyse tot het Fischer-Tropsch-proces, wel

worden samengevoegd tot één productieproces? Een onderzoek op Rotterdam The Hague Airport, onder leiding van het Duitse EDL Anlagenbau, moet het antwoord hierop geven. Michael Haid, CEO van EDL: “Er bestaan al pilotprojecten voor de verschillende onderdelen van het productieproces, maar nooit eerder werd de complete keten onder de loep genomen. Dat willen wij doen. Op die manier kunnen we onderzoeken hoe alle onderdelen in elkaar grijpen, waar de kansen voor optimalisatie liggen, en wat de kosten worden.” Dat laatste is essentieel, zegt Kramer. Ook hij deed, samen met een aantal collega's, onderzoek naar dit aspect van het productieproces: “De kosten voor een vat CO₂-neutrale brandstof van 159 liter schatten we momenteel op ruim 700 dollar. Dat moet fors dalen voordat een vat van deze brandstof in economisch opzicht kan concurreren met een vat fossiele brandstof.”

Die kostendaling krijg je alleen voor elkaar door ervaring op te doen met de

▲ Klaus Lackner, professor aan de Arizona State University, onderzoekt verschillende toepassingen voor de CO₂ die zijn *Lackner trees* uit de atmosfeer halen. Het gas kan onder andere in de glastuinbouw worden gebruikt om planten te laten groeien.

benodigde technologieën, stelt Haid: “Daarom is het essentieel dat we nu aan de slag gaan. Alleen dan kun je de kansen op het gebied van efficiëntie, kostendaling en opschaling identificeren en grijpen.” Het einddoel van de studie op Rotterdam The Hague Airport is een demonstratiefabriek met een productiecapaciteit van 1000 liter synthetische brandstof per dag. Het zal duidelijk zijn: het duurt nog wel even voordat vliegtuigen op brandschone brandstof rondvliegen. “Maar synthetische brandstoffen zullen absoluut een waardevolle rol spelen in het toekomstige energiesysteem. De grote vraag is alleen wanneer”, zegt Kramer. “Volgens mij kan het tegen het jaar 2100 een volwassene technologie op industriële schaal zijn. Maar in het klimaatakkoord van Parijs staat dat we in 2050 een duurzaam energiesysteem moeten hebben. Het zou een regelrecht wonder zijn als CO₂-neutrale brandstoffen dan al een vooraanstaande rol spelen. Aan de slag met andere oplossingen dus, terwijl we ondertussen op de achtergrond de technologie achter schone brandstoffen verder ontwikkelen.” Van de Sanden sluit zich daarbij aan: juist doordat er op technologisch vlak zoveel moet gebeuren, is het belangrijk om geen tijd te verspillen. Want dan kan deze brandstof op de markt worden gebracht zodra de tijd rijp is voor de grootschalige toepassing ervan. “Met het oog op de klimaatverandering hebben we synthetische brandstoffen keihard nodig”, benadrukt hij. “Of we stoppen in de toekomst met vliegen en varen, of we doen het op CO₂-neutrale brandstof. Andere opties zie ik nu niet.” ■



Hidde Middelweerd is freelance-journalist. Voor dit artikel raadpleegde hij onder andere de volgende bronnen: Peter Becker: *The role of synthetic fuel in World War II Germany. Implications for today?*, Air University Review (1981) | Oscar Kraan e.a.: *An energy transition that relies only on technology leads to a bet on solar fuels*, JOUL (2019).

Go voor meer informatie naar www.kijkmagazine.nl/artikel/synthetische-brandstof