



Leren leven van de lucht

Door het gebruik van fossiele brandstoffen neemt het CO₂-gehalte in de atmosfeer jaar na jaar toe. Maar je kunt het broeikasgas er ook weer uithalen om er iets nuttigs van te maken.

Door Michael Marshall

Elk aal eens adem. Je hebt zojuist circa 0,6 gram lucht ingeademd, waarvan 0,4 milligram koolstofdioxide. Maar wanneer je in de 17e eeuw had geleefd, was dat minder dan 0,3 milligram geweest. En hoewel dat geen groot verschil lijkt, verandert de toegenomen hoeveelheid van het broeikasgas in de atmosfeer het klimaat op een tempo dat de wereld dreigt te ontwrichten.

Maar wat als we CO₂ gewoon weer uit de lucht konden halen om er iets nuttigs mee te doen? Wat als dit gevaarlijkste afvalproduct uit de menselijke geschiedenis de basis zou kunnen vormen van nieuwe industrieën die de aarde schoner maken in plaats van haar te schaden – en bedrijven daar nog geld mee zouden verdienen ook?

Dit is exact de belofte die CO₂-afvang en hergebruik (*carbon capture and utilization*, oftewel CCU) in zich houdt. CCU is een ontluikende industrie die – onder andere van grote olie- en gasbedrijven – miljarden

dollars aan investeringen heeft weten aan te trekken. En er zijn reeds opmerkelijke successen te melden. Bedrijven maken nu al plastic, brandstof en beton van koolstofdioxide – wat betekent dat je je huis kunt bouwen en verwarmen met producten die het CO₂-gehalte in de atmosfeer verlagen.

De hamvraag is of deze start-ups snel genoeg kunnen groeien om het verschil te maken. Want om een deuk te slaan in de miljarden tonnen die we elk jaar uitstoten, dienen ze uiteraard genoeg CO₂ te verbruiken.

174 landen hebben met elkaar afgesproken hun emissies zo ver terug te dringen dat de opwarming van de aarde beperkt blijft tot 1,5 à 2 graden Celsius. Deze internationale doelstelling is vastgelegd in het klimaatverdrag van Parijs van 2016. Maar zelfs wanneer we onmiddellijk grote emissiereducties zouden doorvoeren, is de doelstelling vrijwel onmogelijk nog te halen.



WELKOME WINDHANDEL

Talloze bedrijven verkopen producten waarvoor koolstofdioxide een grondstof is. Het gas wordt afgevangen van een industriële emissie, maar wordt soms ook rechtstreeks uit de atmosfeer gewonnen.

Carbon8 Aggregates (Groot-Brittannië)

Maakt bouwmetaal uit industrieel afval, verontreinigde grond en CO₂.

CCm Research (Groot-Brittannië)

Heeft een systeem ontwikkeld om bemestingsstoffen te verrijken met koolstof afkomstig uit CO₂ en maakt vezels met een CO₂-coating voor de versteviging van plastics.

Covestro (Duitsland)

Maakt polyurethaan-plastics voor schuimrubberen matrassen.

Sunfire (Duitsland)

Heeft onder de naam Blue Crude een synthetische brandstof ontwikkeld. In 2020 moet de massaproductie op basis van atmosferisch CO₂ van start gaan. Werkt samen met Audi.

Oberon Fuels (Californië)

Maakt dimethylether, een synthetische diesel die minder fijnstof produceert en geen zwavel. Werkt samen met Volvo, Ford en de Britse vrachtwagenfabrikant Mack.

CarbonCure (Canada)

Verkoopt een systeem dat CO₂ in beton inbrengt. Het bedrijf kondigde in januari aan dat de grote Amerikaanse betonproducent Thomas Concrete de technologie in 22 fabrieken zal doorvoeren.

Solidia Technologies (New Jersey)

Maakt een betonsoort die CO₂ insluit. Beweert daarmee energie- en watergebruik terug te brengen.

Vandaar dat beleidsmakers een jaar of tien geleden met het idee begonnen te spelen om CO₂ uit de lucht te halen om het ondergronds op te slaan – een techniek die CO₂-afvang en opslag (CCS) wordt genoemd. Olie- en gasbedrijven doen dit op kleine schaal al sinds de jaren zeventig om hun opbrengsten te maximaliseren. Ze pompen broeikasgassen uit hun industriële installaties terug in bijna uitgeputte oliebronnen om er zo de laatste druppels ruwe olie uit te persen.

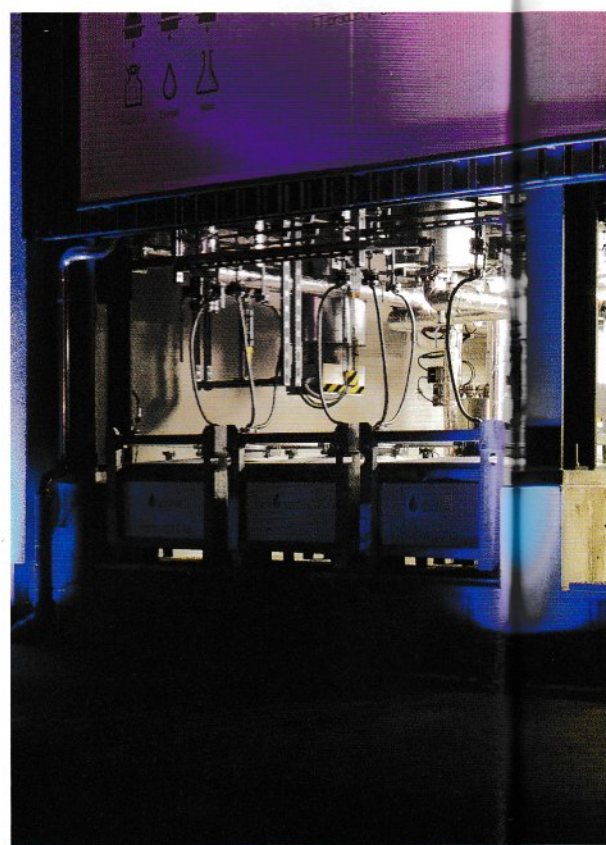
Technisch werkt CCS gewoon. Zo heeft de kolengestookte Boundary Dam-centrale in Canada sinds 2014 een groot deel van zijn emissies ondergronds opgeslagen. Maar hoewel een aantal landen deze techniek aanvankelijk leken te steunen, komt CCS nog altijd niet op grote schaal van de grond. De sector ziet zich namelijk voor een aanzienlijke uitdaging gesteld: de afvang van koolstof is duur, terwijl de opslag ervan geen omzet genereert.

Dit is het punt waar CCU om de hoek komt kijken. Zou je CO₂ misschien kunnen omzetten in geld? Wellicht. Want je kunt er niet alleen je olieproductie mee optimaliseren, het dient ook als groeibevorderaar in kassen en als prik in mousserende dranken. Deze markten zijn op zich al goed voor een vraag van 80 miljoen ton CO₂ per jaar, aldus een rapport van het Global CCS Institute uit 2011. Maar helaas vormt dat slechts 0,2 procent van de 37 gigaton die in

Aspirine was het eerste commerciële, van CO₂ vervaardigde product

2017 werd uitgestoten. Om dat aandeel te vergroten stellen onderzoekers voor om CO₂ niet alleen puur te gebruiken, maar ook als grondstof voor andere producten.

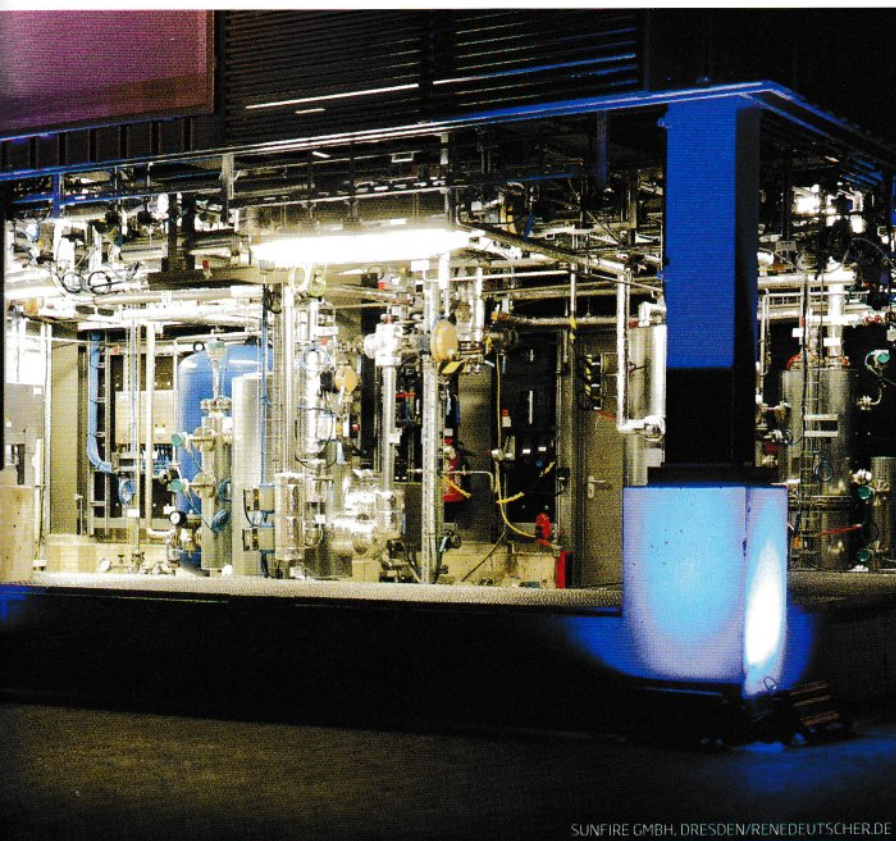
Zo wordt van het gas op dit moment al ureum – een bemestingsproduct – gemaakt. Overigens ontwikkelden scheikundigen al in de 19e en vroege 20e eeuw reacties om op basis van koolstofdioxide iets te maken wat de meesten van ons wel in het medicijnenkastje hebben staan: acetylsalicylzuur. 'Aspirine was hoogstwaarschijnlijk de eerste commerciële toepassing van CO₂,' zegt Peter Styring van de universiteit van Sheffield in Groot-Brittannië. Aanvankelijk werd het medicijn uit wilgenbast gehaald.



In 1859 ontdekte Hermann Kolbe van de universiteit van Marburg in Duitsland dat hij de voorloper van aspirine, salicylzuur, kon maken door natriumfenolaat te laten reageren met CO₂.

Sinds deze vroege experimenten zijn er echter weinig nieuwe toepassingen bijgekomen, zegt Charlotte Williams van de universiteit van Oxford. Het gevolg is dat tal van fundamentele aspecten van de chemie van CO₂ nog altijd onbekend zijn. Zo weten we niet hoe we de bindingen kunnen breken tussen de zuurstofatomen en het koolstofatoom in het centrum van het molecuul. Koolstofdioxide is behoorlijk weinig reactief – maar zeker niet inert, zegt Styring. 'Het heeft alleen een beetje hulp nodig om te reageren.' Die hulp is afkomstig van katalysatoren die de hoeveelheid energie verlagen die nodig is om een reactie op gang te brengen. Veel van het onderzoek rondom CCU draait dan ook om het vinden van de juiste katalysatoren.

Het proberen te verbreken van koolstofdioxidebindingen heeft Williams zelf ook



SUNFIRE GMBH, DRESDEN/RENEDEUTSCHER.DE

de nodige hoofdbreken gekost. Ze is gespecialiseerd in polymeren: de lange, kettingvormige moleculen waaruit plastic is opgebouwd. Bij de aanvang van haar academische carrière, in het begin van de eeuw, raakte ze gefascineerd door het idee dat je de koolstof uit CO_2 zou kunnen gebruiken als basis voor deze polymeren. Maar zonder de juiste katalysator om de reacties op gang te brengen was dit onmogelijk te realiseren. 'We hebben vier jaar lang geen enkel succes geboekt,' zegt ze. Maar ten langen leste zouden de onderzoekers een aantal katalysatoren ontdekken die werkten.

Misschien merkwaardig

De groep vroeg onmiddellijk patenten aan en richtte Eonic Technologies op. Tegenwoordig verkoopt dit bedrijf, dat gevestigd is in het Britse Macclesfield, katalysatoren aan grote chemieconcerns die polyurethaan maken, een plastic dat wijd en zijd gebruikt wordt in isolatieschuim, keukensponzen, wielen van boodschappenkarren en skateboards, en zelfs in latexvrije condooms.

In oktober 2017 nam Williams enkele voorbeelden van de plastics die gemaakt worden met de katalysatoren van Eonic mee naar een CCU-bijeenkomst in de buurt van Londen. Daar waren tientallen onderzoekers, investeerders en vertegenwoordigers van de industrie bijeengekomen om de vooruitzichten van deze groeiende sector te bespreken. De bijeenkomst was geïnitieerd door het Sackler Forum, een samenwerkingsverband tussen de Britse Royal Society en de Amerikaanse National Academy of Sciences, om het potentieel van diverse CCU-technieken te bespreken en bestaande initiatieven – van synthetische brandstoffen tot bouwmaterialen – tegen het licht te houden (zie kader 'Welcome windhandel').

Sommige ideeën lijken op het eerste gezicht merkwaardig. Want waarom zou je koolstofdioxide omzetten in kunstmatige benzine? Het idee is echter dat we op die manier onze bestaande infrastructuur voor vloeibare brandstoffen kunnen blijven gebruiken zonder nog meer fossiele bronnen aan te boren. In theorie zou een

brandstof die gemaakt wordt van CO_2 bovendien klimaatneutraal zijn en dus geen broeikasgassen produceren. De CO_2 die vrijkomt bij het verbranden van zulke synthetische brandstof wordt immers gerecycled bij de productie van nog meer van zulke brandstof.

Dit is vooral nuttig voor vliegtuigen. Die hebben bij het afleggen van lange afstanden veel energie nodig, maar zijn niet in staat de hele reis de zware batterijen mee te torsen die nodig zijn om groene stroom in op te slaan. Daarom verbranden ze energierijke maar vervuilende kerosine. Synthetische kerosine gemaakt van CO_2 zou weleens de beste manier kunnen zijn om vliegtuigen klimaatvriendelijk te maken, zegt Styring.

Op vergelijkbare wijze lijkt het niet zo voor de hand te liggen dat CO_2 gebruikt kan worden om te bouwen. Toch is het gas maar een eenvoudige chemische stap verwijderd van leiste en andere carbonaten. 'Ik kan een slurrie van calciumoxide maken en daar CO_2 bij doen,' zegt Styring. 'Goed schudden is dan genoeg om er calciumcarbonaat van te maken.'

Al deze reacties berusten op nieuwe katalysatoren als die van Eonic. Tijdens het Sackler Forum concentreerden veel discussies zich dan ook op het onderzoek om uit te vinden welke ervan het beste de hoeveelheid energie minimaliseren die voor een bepaalde reactie nodig is.

De andere uitdaging die op de bijeenkomst werd uitgelicht is waterstof. Veel CCU-producten – waaronder sommige synthetische brandstoffen – zijn opgebouwd rond een koolwaterstofstructuur die we alleen kunnen maken door een grote hoeveelheid waterstof te laten reageren met CO_2 . Het probleem is dat waterstofgas schaars is. De moleculen ervan zijn zo licht dat de jonge aarde al snel bijna al haar vrije waterstof naar de ruimte zag weglekken. Vandaag de dag zit de resterende waterstof opgesloten in moleculen als water. Het opbreken van zulke moleculen kost energie.

Deze waterstofhorde kan de toekomst van CCU ernstige schade berokkenen, zegt Styring. Want het is misschien niet de moeite waard om synthetische brandstof voor auto's te maken als we in plaats daarvan ook elektrische auto's kunnen bouwen. In de luchtvaart kan het plaatje dan wel weer kloppen, omdat accu's daar vanwege hun lage energiedichtheid gewoon niet werken.



Het is ontegenzeggelijk toekomstmuziek. Toch verhindert dat het grote geld niet om toe te stromen. 'We denken dat rond 2030 deze markt een omvang kan hebben van 800 miljard tot 1,1 biljoen dollar per jaar', zegt Issam Dairanieh van het Global CO₂ Initiative, een private instelling die zowel investeert in onderzoek als in ontluikende bedrijfjes. Het bedrijf verwacht dat de CCU-markt potentieel twee keer zo groot is als de huidige markt voor smartphones – al is het natuurlijk geen verrassing dat juist een organisatie met belangen in de sector dat zegt. Niettemin valt op dat ook de grote oliebedrijven hun teen in het CCU-water hebben gestoken. Het Oil and Gas Climate Initiative (OGCI) is een samenwerkingsverband tussen grote fossiele brandstofbedrijven, waaronder Shell, BP, Statoil en Total. Samen hebben ze toegezegd de komende tien jaar een miljard dollar te steken in CCU-start-ups. Volgens Pratima Rangarajan, CEO van de investeringstak van het OGCI en voorheen werkzaam in de duurzame energie, staat CCU nu even ver als de recycling van grondstoffen twintig jaar geleden.

Moeilijke fase

'Iedereen zei toen dat het belachelijk is om te denken dat mensen hun afval zullen gaan bewaren en sorteren', zegt hij. Kranten drevén de spot met het idee dat ze op een dag gedrukt zouden worden op 'hergebruikt papier van tweederangs kwaliteit'. Toch werd volgens de Amerikaanse Forest & Paper Association in 2016 in de VS 67 procent van het papier hergebruikt.

Rangarajan zegt dat CCU even normaal moet worden als recycling nu is. 'Wanneer

alleen wij en tien andere bedrijven succesvol zullen blijken, dan gaan we misschien veel geld verdienen maar zullen we niet de omslag bewerkstelligen die nodig is', zegt ze.

Gezonde winst is datgene waarvan mensen als Rangarajan hopen dat het CO₂-hergebruik zal onderscheiden van

We moeten naar een circulaire economie toe waarin alles wordt hergebruikt

diens voorganger: CO₂-opslag. 'Het moet commercieel te rechtvaardigen zijn', zegt Dairanieh. CCU-bedrijven hebben wellicht in het begin nog steun nodig, maar uiteindelijk zullen sommige ervan succesvol worden en geld gaan verdienen.

Overheden zouden daar op een aantal manieren aan bij kunnen dragen – bijvoorbeeld door patentaanvragen sneller te honoreren of door emissies steviger te belasten. Dat laatste is een langgekoesterde droom van klimaatactivisten. En hoewel een wereldwijde heffing op koolstof nog ver weg lijkt, geven regionale overheden al het goede voorbeeld. Zo trad vorig jaar in de Canadese provincie Ontario een prijszettingssysteem in werking.

Maar zelfs als deze trend doorzet, zal CCU lang niet onze totale broeikasgasuitstoot kunnen neutraliseren. In 2015 schetste Styring met zijn collega Katy Armstrong een 'realistisch maar niettemin uitdagend' scenario waarin we rond 2030 jaarlijks 1,3 gigaton aan CO₂ hergebruiken.

Dat is nog altijd maar 3,5 procent van de huidige jaarlijkse uitstoot. Volgens een optimistischer rapport uit 2016 van het Global CO₂ Initiative op grond van data van onderzoeksbureau McKinsey, zou tegen 2030 7 gigaton per jaar kunnen worden hergebruikt. Dat is nog altijd veel te weinig.

Dan is er nog de kwestie van de timing. De meeste CCU-technieken bevinden zich nog 'in de moeilijke fase waarin bewezen moet worden of opschaling ervan mogelijk is en of er daadwerkelijk een markt voor bestaat', zegt Williams. CCU is geen wondermiddel tegen alle kwalen. 'De allerbeste manier om klimaatverandering aan te pakken is stoppen met het verbranden van fossiele brandstoffen – sterker nog: dat is de enige manier', zegt Styring zonder voorbehoud.

Het goede aan CCU is dat het de schijnwerpers richt op een enorm belangrijk principe. Elk jaar wijzen milieuactivisten de Earth Overshoot Day aan. Dat is de datum waarop onze collectieve honger naar hulpbronnen het punt passeert dat de aarde deze zonder milieuschade kan leveren. In 2017 viel deze dag op 2 augustus. Veel milieuactivisten betogen dat we moeten stoppen met op de pof leven door een zogenoemde circulaire economie in te voeren waarin alles wordt hergebruikt. Dat zou dus niet alleen voor papier en glas moeten gelden, maar voor elk bijproduct van industriële processen, waaronder gassen. Zoals een van de deelnemers aan het Sackler Forum het verwoordde: 'Koolstofdioxide is het enige gas dat we in de atmosfeer mogen dumpen zonder tegen boetes aan te lopen.' Het is de hoogste tijd dat we het leren hergebruiken. ■