



MET CO₂ KUNNEN WE ALLE KANTEN OP

VAN ASPIRINE TOT TOMAAT

Door CO₂ slim af te vangen en als grondstof te (her)gebruiken kunnen we de uitstoot terugdringen. Binnen de chemische route, bio- of geo-route kunnen we vele kanten op: CO₂ als grondstof voor onze aspirine, als voeding voor onze tomaten of als handig hulpje bij olie- en gaswinning.

Tekst: Joost van Kasteren

De Nederlandse chemische industrie gaat tot 2030 de uitstoot van broeikasgassen met 40 procent reduceren ten opzichte van de situatie in 2005. Deze ambitie staat beschreven in de 'Routekaart Chemie 2030', die toont welke initiatieven bedrijven al hebben genomen, welke ze nog oppakken, en hoeveel ze bijdragen aan vermindering van de emissie van broeikasgassen. De routekaart werkt zes oplossingsrichtingen uit. Een daarvan is *carbon capture and usage* (CCS/CCU), ofwel het afvangen en (her)gebruiken van CO₂ als grondstof. Hiervoor zijn drie routes mogelijk: de chemische route, de bio-route en de geo-route.

140 miljoen ton

Wereldwijd wordt momenteel 80 miljoen ton CO₂ per jaar gebruikt, waarvan meer dan de helft voor de winning van aardolie. Daarnaast gebruiken we CO₂ voor de productie van kunstmest en in de agro-foodindustrie, onder andere als prik in frisdrank. Volgens de Routekaart kan het gebruik van CO₂ als grondstof de komende jaren bijna verdubbelen tot 140 miljoen ton per jaar in 2020. Al blijft dat een druppel op de gloeiende plaat, want verstoken van brandstoffen in elektriciteitscentrales, fabrieken, woningen en vaar-, vlieg- en voer-

tuigen levert jaarlijks 32 miljard ton CO₂ op. Ongeveer een half miljard daarvan is relatief goedkoop te winnen (minder dan 15 euro per ton). Daarbij gaat het om CO₂ als bijproduct bij de winning van aardgas, de productie van kunstmest en waterstof en van enkele andere industriële bronnen. Van de rest kan ongeveer de helft (18 miljard ton) worden afgevangen bij elektriciteitscentrales, hoogovens en cementfabrieken. De prijs van dat CO₂ ligt tussen de 50 en 90 euro per ton.

Terugverdienen

Het motief voor hergebruik van CO₂ is dan ook niet zozeer het klimaatprobleem als wel het terugverdienen van een deel van de kosten die bedrijven betalen voor de uitstoot van CO₂. Bovendien oogt het een stuk aantrekkelijker dan het alternatief: het ondergronds opslaan van CO₂. Afgezien van de hoge investeringskosten, stuit ondergrondse opslag ook op groeiend maatschappelijk verzet. In Nederland hebben Eon en Electrabel hun plannen voor de opslag van een deel van de CO₂ van de twee kolen centrales op de Maasvlakte voorlopig in de ijskast gezet. De praktijkproeven met CO₂-opslag in Barendrecht en Groningen zijn twee jaar geleden stopgezet door de regering.

ONDERZOEK CO₂-NEUTRALE BRANDSTOF

In februari lanceert NWO het multidisciplinaire onderzoeksprogramma CO₂-neutrale brandstoffen, dat zich richt op de omzetting van CO₂ en water in vloeibare brandstof. Voor het programma, dat onderdeel uitmaakt van de NWO-bijdrage aan de Topsector Energie, is 10 miljoen euro uitgetrokken. Het zal zes jaar duren. In die periode hoopt men verschillende technieken te ontwikkelen voor de directe en indirecte omzetting van CO₂ en water in vloeibare brandstof met zonlicht. Bij de directe omzetting gebruiken de onderzoekers slimme katalysatoren die met nanotechnologie worden geoptimaliseerd. Bij indirecte methoden moeten we denken aan het - aanzienlijk - verbeteren van de elektrolytische omzettingen van water en CO₂ in syngas met duurzame elektriciteit en de omzetting ervan in vloeibare brandstoffen. De fondsen voor het onderzoeksprogramma zijn afkomstig van NWO, Shell en het netwerkbedrijf Alliander. Het Dutch Institute For Fundamental Energy Research (Differ) coördineert het onderzoek.

Bayer heeft in 2011 een proeffabriek gebouwd voor de omzettingen van CO2 en propyleenoxide in een meervoudige alcohol (polyol), een van de bouwstenen van polyurethaan. Polyurethaanschuim wordt onder meer gebruikt in matrassen.

Chemische route

Als grondstof voor chemicaliën gebruiken we CO2 al op grote schaal voor de productie van **ureum, een grondstof voor kunstmest**. Een andere traditionele toepassing is de productie van **natriumcarbonaat, ofwel soda**, dat uiteenlopende toepassingen kent, variërend van waterontharder tot glas. Ook bij de productie van **salicylzuur, het actieve bestanddeel van aspirine**, wordt CO2 gebruikt. Het ontwikkelen van nieuwe routes is nog niet zo makkelijk, omdat CO2 een zeer stabiel molecuul is,

dat traag of niet reageert met andere stoffen. Toch zijn er al enkele toepassingen ontwikkeld die - in ieder geval vanuit recyclingoogpunt - perspectief bieden.

Bayer heeft in 2011 een proeffabriek gebouwd voor de omzettingen van CO2 en propyleenoxide in een meervoudige alcohol (**polyol**), een van de bouwstenen van **polyurethaan**. Polyurethaanschuim is geschikt om in matrassen te gebruiken, maar ook als isolatiemateriaal in de bouw. De CO2 voor de proeffabriek komt uit het rookgas van een RWE-elektriciteitscentrale.

Bayer en RWE zijn ook betrokken bij het project CO2RECT, waarin ze CO2 afvangen uit rookgas van elektriciteitscentrales en met waterstof laten reageren tot onder meer **mierenzuur en andere chemische bouwstenen**. De waterstof maken ze door elektrolyse van water met - overtollige - elektriciteit van windmolens en zonnepanelen. DSM ontwikkelt samen met het Amerikaanse Novomer een proces waarbij CO2 reageert met epoxide tot **polycarbonaat, onder meer gebruikt als bindmiddel voor verf**. Op deze manier zou jaarlijks 180 miljoen ton CO2 worden vastgelegd. Tenminste, als iedereen de verf zou gaan gebruiken.

Productie van carbonaten is eveneens het doel van het EU-onderzoeksproject Cyclic-CO2R, een acroniem dat staat voor 'cyclische carbonaten uit CO2 met behulp van hernieuwbare bronnen'. Het idee is om twee reststro-

men, CO2 en glycerol dat vrijkomt bij de productie van biodiesel, te gebruiken voor **ringvormige carbonaten**. Volgens Coen Schuurbijs van TNO zijn deze carbonaten bruikbaar als grondstof voor **fijnchemicaliën, bijvoorbeeld als bindmiddel in verf, als oplosmiddel en als toevoeging in cosmetica en zeep**.

Wereldwijd is er een tiental proeffabrieken gebouwd, vaak in combinatie met kunstmestfabrieken, om CO2 te gebruiken als grondstof voor **methanol**. Daarbij wordt CO2 toegevoegd aan syngas, een mengsel van koolmonoxide en waterstof, dat vervolgens wordt omgezet in methanol. Een nieuwere variant is de directe omzetting van CO2 in methanol door het te laten reageren met waterstof (hydrogenering). De benodigde waterstof komt uit elektrolyse van water. Het idee is om daarvoor elektriciteit uit duurzame bronnen (wind, zon) te gebruiken op tijden dat het aanbod groot en de vraag naar elektriciteit klein is.

Methanol kan als brandstof worden gebruikt door het - net als alcohol - bij te mengen in benzine. Een iets andere route naar vloeibare brandstof wordt ontwikkeld door het Britse bedrijf Air Fuel Synthesis (AFS). Eind vorig jaar maakte het bekend dat het vijf liter **kerosine** had weten te maken met CO2 als grondstof. Daarvoor maakt het bedrijf gebruik van bestaande technieken, waarbij CO2 en water worden omgezet in het al genoemde syngas. In plaats van methanol wordt daar via de aloude Fischer-Tropschreactie kerosine van gemaakt.

Energetisch kan het proces niet uit: het kost meer energie dan het oplevert. Ook hier geldt dat de winst vooral zit in het feit dat duurzame elektriciteit in tijden van overaanbod wordt omgezet in waterstof en vervolgens kerosine. Volgens AWF blijven vloeibare brandstoffen de komende decennia noodzakelijk, omdat vliegtuigen voorlopig niet op waterstof of accu's kunnen overschakelen.



Bij de productie van salicylzuur, het actieve bestanddeel van aspirine, wordt CO2 gebruikt.

Bio-route

Door alle discussies over klimaatverandering zien we over het hoofd dat CO₂ de belangrijkste voedingsstof is van het leven op aarde. Via fotosynthese zetten planten CO₂ om in voedingsstoffen die wij vervolgens weer kunnen consumeren. In een recent artikel in *Nature* rekenen onderzoekers van de Universiteit van Colorado voor dat de opname van CO₂ door planten de laatste vijftig jaar verdubbeld is.

Glastuinders weten allang dat CO₂ goed is voor plantengroei. Al een jaar of veertig blazen ze extra CO₂ in de kas en verhogen daarmee de opbrengst van hun **tomaten, aubergines en paprika's** met 15 tot 20 procent. Vanaf 2005 gebruiken ze daarvoor CO₂ die vrijkomt bij industriële processen. Via de vroegere oliepijpleiding van Rotterdam naar Amsterdam wordt jaarlijks een half miljoen ton CO₂ getransporteerd naar vijfhonderd glastuinders in het Westland en in Lansingerland. Inmiddels gaan er stemmen op om ook het kassengebied rond Aalsmeer aan te sluiten op

de CO₂-leiding en om de leiding door te trekken naar het nieuwe kassengebied langs de A7 in de Wieringermeer.

Op de wat langere termijn kunnen we CO₂ ook gebruiken voor de teelt van **microalgen**, eencellige organismen die net als planten CO₂ omzetten in voor ons nuttige stoffen. Volgens Rene Wijffels, hoogleraar Bioproses-technologie in Wageningen, kan een hectare algen potentieel zo'n 20 tot 50.000 liter olie opleveren. Ter vergelijking: een palmolieplantage levert ongeveer 6000 liter per jaar. Maar vooralsnog is een rendabele toepassing nog ver te zoeken.

Glastuinders blazen extra CO₂ in de kas en verhogen daarmee de opbrengst van hun tomaten, aubergines en paprika's.



Geo-route

Nog veel ouder dan de fotosynthese, waarbij CO₂ wordt vastgelegd in en door planten, is het proces van verwerking. Bij verwerking leggen we **CO₂ vast in gesteenten** (silicaten). Olaf Schuiling, emeritus hoogleraar Geologie, is al jaren een warm pleitbezorger van versnelde verwerking om CO₂ vast te leggen met behulp van het magnesiumhoudende mineraal olivijn. Tijdens het Olivijnseminar eind november in Rotterdam, bleek dat zijn pleidooi voor versnelde verwerking gehoor krijgt.

De Nederlandse Spoorwegen bijvoorbeeld experimenteren met **gemalen olivijn** als verharding voor de kilo-



meters aan 'inspectiepaden' langs het spoor. In Wageningen wordt onderzoek gedaan naar het verspreiden van gemalen olivijn over akkers en weiden. Na binden van CO₂ zou het een interessante bron van **voedingsstoffen voor planten** zijn. De TU Delft ten slotte heeft in het EU-project CO₂Solstock gekeken naar de combinatie van afvalwaterzuivering met de productie van kalksteen, als grondstof voor **bouwmaterialen**.

Een andere 'geo-route' is de **verbeterde winning van olie en (steenkool)gas** met CO₂. *Enhanced oil recovery* wordt al ruim dertig jaar toegepast om meer olie uit reservoirs te halen. CO₂ blijft achter in het oorspronkelijke reservoirgesteente. Nieuwer is het gebruik van CO₂ voor *enhanced gas recovery*, onder meer voor de winning van Noordzeegas. Een variant is *enhanced coal bed methane*-winning: injectie van CO₂ zorgt voor verdrijving van methaan en adsorbeert bovendien aan de steenkool, zodat het niet meer kan ontsnappen. ■

Het Lange Voorhout in Den Haag werd recent opgesierd met een kerststal gemaakt van fijngemalen olivijn. De 50.000 kilo green sand is, nadat de kerststal was afgebroken, uitgedeeld aan bewoners en bezoekers. Door het uit te strooien in tuinen en plantsoenen worden net zo veel kilo's CO₂ vastgelegd. De daarbij vrijkomende reactieproducten voeden bovendien de planten.