

Als we kampen met een overschot aan zonne-energie, moeten we er brandstof van maken

Zon maakt benzine

Zonne-energie is de toekomst, maar die energie laat zich niet goed opslaan. Onderzoekers van het DIFFER-instituut in Eindhoven hebben een oplossing bedacht: ga omgekeerd verbranden. Als je benzine verbrandt, stoot je kooldioxide uit. De Eindhovenaren zoeken uit hoe je met zonne-energie van die kooldioxide weer benzine en andere brandstoffen maakt.

Tekst: Jop de Vrieze





Goed hoor, die windmolens en zonnepanelen, maar waar laat je de energie die je ermee opwekt?

Als de zon erg fel schijnt in Duitsland kan er iets gekes gebeuren. Omdat dat land inmiddels vol zonnepanelen (en windmolens) staat, kan de hoeveelheid opgewekte stroom zó groot worden, dat het elektriciteitsnet eronder kan bezwijken, zoals een riool overstroomt na een extreme hoosbui. Maar ook als het net niet bezwijkt, treden ongewenste effecten op. Zo is er geen afnemer voor al die stroom. De prijs daalt daardoor zo snel dat de producenten er geen geld voor krijgen, maar moeten betalen voor de afname ervan, alsof het bedrijfsafval is.

Zulke problemen kunnen in Nederland ook gaan optreden, want ook in ons land wordt steeds meer energie opgewekt uit zonlicht en wind. Het probleem is dat er nog geen technologie bestaat waarmee je die stroom op een zuinige manier kunt opslaan. Dat is vervelend op momenten dat er veel opgewekt wordt, maar ook als de zon weinig of niet schijnt en er juist wél veel energie nodig is. De oplossing die er is, is niet ideaal: om te voorkomen dat het elektriciteitsnet bezwijkt kan de stroom tegen betaling naar Noorwegen worden geleid, waar die wordt gebruikt om stuwmereen vol te pompen. Op momenten dat er juist veel stroom nodig is, kunnen de Noren de meren laten leeglopen om er stroom mee op te wekken. Dan betalen we ze opnieuw, ditmaal om deze stroom af te nemen.

Opslag is lastig

De Nederlandse overheid wil graag dat we zoveel mogelijk duurzame energie gaan gebruiken. Maar als die energievoorziening grotendeels op zonne- en windenergie gaat draaien, zal die energie efficiënter opgeslagen moeten kunnen worden. Wereldwijd zijn er de laatste jaren daarom allerlei technieken ontwikkeld om het bewaren van stroom mogelijk te maken (zie het kader: 'Zo sla je energie op'). Voorbeelden zijn betere accu's en vliegwheels. Het nadeel van al die technieken is dat er nog altijd een hoop energie bij verloren gaat. In de meeste gevallen verdwijnt zeker de helft tijdens het opslaan en weer omzetten, vooral in de vorm van warmte. Bovendien zijn de meeste technieken niet erg flexibel, waardoor het niet mogelijk is om snel om te schakelen als er op een stralend mooi dagje een tijdelijk overschot aan zonnenergie ontstaat.

Gerard van Rooij van het NWO-onderzoeksinstituut DIFFER wil daar wat aan doen. Gevestigd op de campus van de Technische Universiteit Eindhoven wordt daar gewerkt aan een heel andere manier om energie vast te leggen. Hier borduren ze verder op een technologie die al is ontwikkeld tijdens de Koude Oorlog in



‘Omgekeerd verbranden’ verbruikt CO₂ en produceert nieuwe brandstof

- ▷ de Sovjet-Unie. De Russen waren toen niet geïnteresseerd in duurzame energie of het opslaan daarvan, maar ze zochten een manier om te voorkomen dat hun onderzeeboten kooldioxide (CO₂) uitstootten en daarmee hun positie zouden verraden. De CO₂ ontstaat als je fossiele brandstoffen verbrandt. Russische onderzoekers bedachten dat ze die CO₂ weg konden moffelen door die weer om te zetten in brandstof. Inderdaad: door het principe van verbranding omgekeerd toe te passen.

Beter dan fotosynthese

Bij een normale verbrandingsreactie gaan zuurstofmoleculen verbindingen aan met andere moleculen, bijvoorbeeld aardgas. Daar komt energie bij vrij in de vorm van

licht en warmte, en meestal ontstaat ook CO₂. Bij het omgekeerd verbranden wordt die CO₂ met behulp van energie weer afgebroken tot koolmonoxide (CO), wat vervolgens wordt gebruikt als bouwsteen om er weer brandstoffen als benzine en kerosine van te maken. Bij omgekeerd verbranden produceer je dus geen CO₂, maar verbruik je het juist. Een voordeel daarvan is dat de energie beschikbaar komt voor processen die niet op stroom werken, legt Van Rooij uit. ‘Een auto kun je op elektriciteit laten rijden, maar een vliegtuig heeft kerosine nodig omdat stroom niet krachtig genoeg is om het toestel de lucht in te krijgen. Zo’n tachtig procent van ons energieverbruik draait nog altijd op dit soort brandstoffen.’

Om precies te zijn: brandstoffen die uit koolwaterstofmoleculen bestaan. Nu is het maken van koolwaterstofmoleculen uit CO₂ en zonlicht een trucje dat al lang voorkomt in de natuur. Planten (en een aantal bacteriën) bedrijven fotosynthese, een proces waarmee ze koolwaterstofmoleculen (met name koolhydraten zoals glucose) bouwen. De energie daarvoor halen ze uit lichtdeeltjes (fotonen uit het zonlicht) die ze met de bladgroenkorrels in hun bladeren opvangen. Toch gaat Van Rooij's voorkeur uit naar zijn niet-biologische aanpak. Daarbij wordt eerst via zonnepanelen stroom opgewekt, die vervolgens met behulp van omgekeerd verbranden wordt opgeslagen in brandstofmoleculen zoals benzine. ‘De zonnepanelen van tegenwoordig zijn gewoon heel goed, in feite hebben we daarmee de natuur al afgetroefd.’

Magnetron maakt plasma

Het apparaat waarmee Van Rooij en zijn collega's de stroom willen omzetten, is gebaseerd op een alledaagse magnetron. Het zendt net als het apparaat bij ons in de keuken elektromagnetische golven uit, maar dan in een kleine, smalle koker. In die koker produceren de golven plasma, een gasvormige stof waarin sommige atomen elektronen kwijt zijn geraakt. ‘Je trilt met die golven in feite elektronen los van een klein deel van de CO₂-moleculen, en deze vrije elektronen gaan als het ware dansen op het elektromagnetische veld’, zegt Van Rooij. Die dansende elektronen volgen de golven van de magnetron en botsen met de andere CO₂-moleculen, die dan uit elkaar vallen en CO vormen. Met deze CO-broekstukken kunnen de onderzoekers vervolgens (in een ander proces) hoogwaardige moleculen zoals benzine en kerosine vormen.

Vuile olie sloop katalysator

Om van aardolie benzine, kerosine en andere brandstoffen te maken, moet je de olie in raffinaderij verwerken. Hoe minder de olie verontreinigd is met metaal en andere stoffen, hoe beter dat gaat. Maar de ‘schone’ olie is minder voorradig. Het is voor olie-maatschappijen dan ook winstgevender om vuilere olie uit de grond te pompen. Het gevolg? De metaal-ionen ‘vergiftigen’ de katalysatoren in de raffinaderij die de ruwe olie helpen om te zetten in brandstoffen. Hoe die vergiftiging gaat is in beeld gebracht door onder andere scheikundigen van de Universiteit Utrecht onder leiding van Bert Weckhuysen, hoogleraar anorganische chemie en katalyse. Een katalysatordeeltje gaat dood zoals een appel rot: van de schil verplaatst de vergiftiging zich naar de kern. Dat ontdekten de chemici met röntgentomografie, een zeer nauwkeurig soort 3D-röntgenscan. Dat betekent dat een katalysator al ‘dood’ is als het binnenste van het deeltje nog niet door de metaalionen in de vuile olie is aangetast. Het was al bekend dat katalysatoren na verloop van tijd minder goed werken. Nu hebben de onderzoekers er ook een idee van hoe dat proces verloopt. Met een beetje geluk kunnen ze daarmee ook iets verzinnen om het probleem op te lossen.



Bovenaan: bij een appel gaat de rot van buiten naar binnen. Onder is te zien dat een katalysatordeeltje ook eerst van buiten vergiftigd raakt.



Nu is omgekeerd verbranden alleen in het lab mogelijk, maar misschien doen we dit ooit in boerderijen en fabrieken.

Techniek wordt verbeterd

Van belang is dat je de CO₂-moleculen zo geleidelijk mogelijk stuk moet trillen. Als je dat abrupt doet, blijft er in de brandstof die je uiteindelijk produceert van elke honderd kilojoule zonne-energie die je erin stopt, maar veertig kilojoule over. Door dat geleidelijke trillen halen de Eindhovenaren op dit moment de vijftig procent, maar in theorie valt dit op te schroeven tot bijna negentig procent. Dat zou dus betekenen dat je niet meer dan tien procent van je energie verliest. De meeste energie gaat nu nog in de vorm van warmte verloren: in de plasmakoker loopt de temperatuur op tot 3500 graden Celsius. Voorlopig is het dus nog geen



Het kokertje met plasma waarin CO₂ wordt omgezet in CO.



reële optie om er brandstof mee te gaan produceren, ook al omdat de olieprijs de laatste tijd erg laag is. Daarom sleutelen de Eindhovenaren nog het een en ander aan de plasmaopstelling. En ze meten zoveel als ze kunnen zodat ze de fundamentele processen die aan de reactie ten

Zo sla je energie op

Er zijn veel manieren om (elektrische) energie op te slaan, met elk hun voor- en tegens.

Accu's: de stroom wordt via een elektrochemische reactie omgezet. Nadelen: er is veel energieverlies door warmte, de levensduur van accu's is beperkt en ze zijn niet erg snel, het opladen van een elektrische auto duurt bijvoorbeeld lang. Het rendement is tot negentig procent.

Condensatoren: de stroom wordt niet omgezet maar opgeslagen als elektrische lading. Helaas lekt er na enige tijd wel wat weg, en 'supercondensatoren' met een hoog vermogen zijn nog erg duur.

De ontlading gaat snel en is soms moeilijk te controleren.

Waterstof: wordt uit water geproduceerd via elektrolyse. Waterstof is op te slaan en naar wens te verbranden. Deze brandstof is wel zeer explosief. Het rendement is zestig tot zeventig procent.

Vliegwiel: met stroom wordt een vliegwiel aangedreven. Dat blijft in beweging en kan via een dynamo weer stroom opwekken. Het rendement is hoog, tot 99 procent, maar een vliegwiel vergt te veel

onderhoud om toe te passen voor grootschalige energie-toeslag.

Water: water wordt omhoog gepompt om het later weer te laten vallen, waarbij turbines worden aangedreven die opnieuw stroom opwekken. Maar het is niet erg flexibel en niet op grote schaal mogelijk in eigen land. Het rendement is ongeveer 75 procent.

Magneten: het magneetveld van een elektrische stroom in gekoelde, supergeleidende spoelen is te gebruiken om

elektrische energie op te slaan. In Japan is een pilot-installatie die honderd kWh energie opslaat en twintig MW vermogen levert. Nadeel: het werkt alleen bij extreem lage temperaturen. Het rendement is 95 procent.

Perslucht: de stroom wordt gebruikt om lucht in bijvoorbeeld een lege mijnschacht te persen. Als die lucht weer vrijkomt worden hiermee turbines aangezwengeld die stroom opwekken. Het rendement is ongeveer 40 procent.



Vroeger heette vallend water dat turbines aandrijft 'witte steenkool', vanwege het witte schuim.

grondslag liggen beter in kaart kunnen brengen: de temperatuur, de vibraties, de lichtproductie en de totale omzetting van CO₂. Een van hun doelen is de reactie net zo soepel te laten verlopen bij een lagere temperatuur. Dat doen ze door de magnetron steeds aan en uit te zetten.

Ook experimenteren ze met het toevoegen van zout aan het plasma. Dat verstoort de reactie een beetje, waardoor de temperatuur niet zo hoog oploopt en er ook minder energie in de vorm van warmte verloren gaat. Voorwaarde is wel dat de plasmavorming dan niet belemmerd wordt. Dat gaat niet altijd even soepel, zegt Van Rooij. 'Eén keer bleek het zout gesmolten, en een andere keer verdampte het

en eindigde het op de magnetronwanden voor het in het plasma kon komen.'

Politici zijn voor

De Eindhovense onderzoekers priegelen voorlopig nog wel even door. Van Rooij hoopt over vijf jaar duidelijk voor ogen te

hebben of de techniek al dan niet snel is klaar te stomen voor de praktijk. Er is in elk geval al belangstelling voor: diverse grote bedrijven komen regelmatig bij hem informeren hoe het ervoor staat. Hebben we dan over een paar jaar allemaal op zolder een magnetron staan die aan onze zonnepanelen is gekoppeld en brandstof uit CO₂ voortbrengt? Van Rooij: 'Dat verwacht ik niet. Want die paar zonnepanelen op mijn dak leveren net genoeg stroom voor eigen huishoudelijk gebruik. En als mijn panelen eens een keer wat teveel produceren, dan volstaat in die kleinschalige situatie opslag in een accu ook prima. Het zou meer iets zijn voor een boerderij of fabriek met veel meer panelen. Per tien panelen heb je dan een keukenmagnetron nodig.'

Heel wat politici zouden in elk geval erg blij zijn met de techniek, want wie zelf brandstof kan produceren uit CO₂, hoeft die niet meer te importeren uit andere landen, zoals Rusland. Het grootschalig produceren van brandstof uit CO₂ met zonne-energie zou ons misschien dus energieonafhankelijker kunnen maken. En dat zou bijzonder welkom zijn in deze roerige tijden. □