

Schone brandstofcel vervangt ronkende dieselmotor



Een trekker met brandstofcellen, gevoed door waterstof. Het is New Hollands verrassing tijdens de Sima. Een revolutionaire trekker? Wie weet. Hij is schoon en kan de boer onafhankelijk maken van energieleveranciers.

Stijgende brandstofprijzen en het milieu wakkeren het debat over alternatieve energie aan. Waterstof is een van die alternatieven. Het is een schone brandstof in tegenstelling tot de fossiele brandstoffen als diesel en benzine. Bij de verbranding daarvan komen onder andere koolstofdioxide en stikstofoxiden vrij; deze stoffen worden in verband gebracht met milieu- en gezondheidsproblemen. Het enige wat vrijkomt bij het omzetten van waterstof in energie is water. Al geruime tijd doen autofabrikanten als Ford, BMW, Opel en Honda onderzoek naar het gebruik van waterstof in hun auto's. En nu is er ook een trekker die op waterstof loopt. Het was trekkerbouwer New Holland die vriend en vijand verraste toen het bedrijf half december vorig jaar bekendmaakte dat zijn waterstoffrekkers, die is uitgerust met brandstofcellen, de Parijse Sima zou opsieren. De Italiaanse trekkerbouwer sleepte er meteen de belangrijkste prijs voor de meest in het oog springende noviteit tijdens deze Franse landbouwmachinetentoonstelling mee in de wacht. Toch is New Holland niet de eerste trekkerbouwer met het idee.

Allis Chalmers

Dat was Allis Chalmers. Op 15 oktober 1959 lieten de ingenieurs van dat Amerikaanse bedrijf in Milwaukee voor het eerst een trekker met een brandstofcel zien. Daarna maakte de trekker een tour langs regionale tentoonstellingen in de Verenigde Staten. Met een gewicht van 5.720 pond is de trekker van amper 15 kW (20 pk) zwaar. Een Allis Chalmers D-12 trekker vormt de basis van de nieuwe trekker. Alleen zijn 'buik' is vele malen groter. Dat komt door de grote hoeveelheid brandstofcellen die onder de traditionele motorkap van de trekker zijn te vinden: 1.008 in totaal. In 112 groepjes van negen worden zij gevoed door een mix van gassen, voornamelijk propaan. Dat levert stroom op die naar de Allis Chalmers elektromotor

wordt gevoerd. Die motor drijft op zijn beurt de transmissie aan. Het levert een trekkracht van ongeveer 1.400 kilo op. Voldoende om een kleine ploeg door de grond te trekken. Met een hendel kan de bestuurder de vier banken brandstofcellen serie of parallel schakelen. Zo varieert hij het voltage dat de gelijkstroommotor bereikt. Achteruitrijden is eigenlijk niet meer dan de polen omdraaien. De constructeurs van Allis Chalmers, zo weet de overlevering, waren verheugd over hun vinding. De trekker zou twee keer zo efficiënt zijn als gangbare trekkers uit zijn periode, had weinig tot geen bewegende onderdelen, er kwamen geen schadelijke gassen vrij en de trekker liep 'fluisterstil'. De ontwikkeling stopte echter al snel. Vooral vanwege de hoge kosten. Dat wil niet zeggen dat Allis Chalmers niet geïnteresseerd was in de brandstofcel. In 1960 bouwde het bedrijf nog een heftruck en in 1962 een golfkarretje met brandstofcellen gevoed door hydrazine, een chemische verbinding van stikstof en waterstof. Deze brandstofcel leverde continu 4 kW en 10 kW op zijn top. Het karretje wordt gedurende 1962 en 1963 voor promotie door de fabrikant gebruikt.

Tuin- en parkmachines

De ontwikkeling van brandstofcellen en het gebruik van waterstof werd de jaren erna onderzocht. In de ruimtevaart werd de techniek bijvoorbeeld in het Gemini-project toegepast. Toch duurde het tot december 2002 dat een volgende trekkerbouwer een machine liet zien met brandstofcel. De John Deere ProGator lijkt, technisch gezien, veel op het golfkarretje van Allis Chalmers. Alleen is de Gator met zijn 27 pk (20 kW) elektromotor net iets sterker. Het bedrijf werkte voor de ontwikkeling van deze transporter samen met het Canadese Hydrogenics, dat de brandstofcel ontwikkelde. De tank had een inhoud van 2,7 kg waterstof, waarin de waterstof onder 350 bar druk werd opgeslagen. De Gator kan er 3 tot 4 uur op rijden. In 2002



▲ De H2NDSU van de universiteit van North Dakota loopt op een mengsel van diesel en waterstof.

gaf Bruce Wood, toen nog directeur van de ePower Technology groep van John Deere, aan dat de techniek ook in grote trekkers zou worden toegepast. Maar vooralsnog is de Gator, laat staan een John Deere trekker, met brandstofcel niet te koop. De machine staat ergens in een loods in Amerika. Toro, een fabrikant van tuin- en parkmachines, toonde in 2005 al een prototype van een golfbaanmaaier met een brandstofcel. In 2007 tekende hetzelfde bedrijf een contract met het Niagara Falls State Park in de staat New York om drie Workman transporters met brandstofcel af te leveren. Ze worden dagelijks gebruikt om sneeuw te ruimen en gereedschap en werknemers van het park heen en weer te rijden.

Mengsel van diesel en waterstof
Ondertussen werkt professor Robert Pieri van de universiteit van North Dakota (NDSU) in Fargo, eveneens in de Verenigde Staten,

sinds de herfst van 2007 samen met energieleverancier Basin Electric Power Cooperative aan de H2NDSU, een landbouwtrekker die op waterstof rijdt. En die waterstof kan ook op het eigen bedrijf worden gemaakt met behulp van wind- maar ook van zonne-energie. Met elektrolyse. Dat maakt waterstof een gemakkelijker manier om energie op te slaan dan bij elektriciteit het geval is. De vierwielangedreven Challenger MT525B, een trekker die de universiteit van dealer Butler kreeg en een vermogen van 87 kW (120 pk) uit een viercilinder Perkins motor perst, rijdt sinds eind 2007 rond op de universiteit. Toch rijdt de trekker niet alleen op waterstof. Omdat hij na het programma weer terug moet naar de dealer, koos de professor ervoor om de trekker zijn verbrandingsmotor te laten behouden. En daarin wordt tevens diesel verstoekt. Zou je zo'n dieselmotor namelijk alleen op waterstof willen laten draaien, dan moet je het gas zover samenpersen dat het een temperatuur

tussen 400 en 550 graden Celsius bereikt zodat het spontaan ontbrandt. Wil je dat bereiken, dan moeten de cilinders bijna twee keer zo lang zijn als die van een conventionele krachtbron. Daarom pasten de NDSU-ingenieurs de motor zo aan dat hij een mengsel van diesel en waterstofgas verstoekt. Het waterstofgas wordt vanuit peperdure hogedrukwaterstoftanks onder een druk van 90 bar in het inlaatspuitstuk verneveld. Een inspuitsteeppje dat maar 200 dollar kostte. Zodra de diesel boven de zuiger ontbrandt, ontsteekt het ook het waterstofgas. Het aandeel waterstof in de brandstof is al iets hoger dan het aandeel diesel. Pieri hoopt echter het aandeel waterstof nog verder te kunnen vergroten. Hoever? Dat is nog onderdeel van het onderzoek. Vooralsnog werkt het elektronische systeem niet goed genoeg om de waterstof-diesilverhouding goed te kunnen sturen. Wel blijkt de trekker op het mengsel van meer dan 50 procent waterstof hetzelfde

vermogen aan de aftakas te leveren als toen de trekker nog op diesel reed. En dat stemt Pieri tevreden. Volgens hem is de H2NDSU een tussenfase in de evolutie naar voertuigen die volledig op waterstof rijden. "In die overgangstijd moet je uitzoeken wat de beste manier is om waterstof op te slaan en een netwerk bedenken waarover het gas wordt verdeeld", meent de professor. Vooral dat netwerk is er nog niet. Het blijkt een kip-of-eiverhaal. Want wie investeert in een trekker die op waterstof rijdt als je nergens waterstof kunt krijgen? En er is ook al niemand te vinden die een waterstofpomp neerzet als hij daar geen klanten voor heeft.

Zelfvoorzienend

New Holland denkt de oplossing te hebben gevonden. In juni 2008 bedacht Luca de Meo, toen nog marketingbaas van Fiat en directeur van Alfa Romeo en Fiats racebedrijfje Abarth, dat New Holland tijdens Sima een spectacu-



▲ De allereerste trekker met een brandstofcel. Allis Chalmers bouwde in 1959 een D12.

De New Holland NH2; de eerste meters van een ultraschone designtrekker

De NH2 van New Holland ziet er niet alleen futuristisch uit, zo klinkt hij ook. De trekker maakt namelijk niet het vertrouwde brommende, rommelende en bovenal grommende geluid van een trekker met een dieselmotor. Terwijl de blauw-gele trekker uit de fabriekshal van Fiat in het Italiaanse Turijn rolt, hoor je... bijna niets.

De trekker is weliswaar niet fluisterstil – de elektromotoren en vooral de aandrijflijn maakt een geluid dat we kennen van een elektrische heftruck of dito rolstoel – maar grommen kun je het niet meer noemen. Maakte het karakteristieke geluid van een trekker deel uit van zijn imposante verschijning, nu moet de NH2 het vooral van zijn uiterlijk hebben. En, toegeven, dat is indrukwekkend. De trekker is weliswaar gebaseerd op een T6000-trekker, maar door de vormgevers van het Fiat-concern, onder leiding van de Duitse 'style director' Peter Jansen,

onder handen genomen. Natuurlijk voert het New Holland-blauw nog steeds de boventoon, maar ook het geel dat al in de oogstmachines van de fabrikant tot uiting komt, is nu in de trekker terug te vinden. De gele panelen aan de zijkant van de trekker zijn zelfs doorzichtig, zodat je op een zonnige dag dwars door de trekker kunt kijken en de waterstoftank kunt zien. Jansen nam de karakteristieke koplampen van de trekker, die bekend staan als kattenogen, en vergrootte dat kenmerk uit. Doordat hij ledlampen liet monteren, was het mogelijk om het verlichtingsconsole los te maken van de grille (5). Immers, ledverlichting heeft minder ruimte nodig om te monteren dan gangbare gloeilampen. Daardoor ontstaat een groter koeloppervlak. En hoewel er geen verbrandingsmotor meer in de trekker is te vinden en de brandstofcellen onder de cabine van de trekker efficiënter met de brandstof omspringen dan een motor, moeten

ook die brandstofcellen gekoeld worden. Daarom is onder de fraaie motorkap een standaardradiator van de T6000 trekker gebleven en kan de trekker zijn warmte kwijt door grote koelribben aan de bovenkant van de 'motor'kap. Onder de kap ligt ook een ronde opslagtank (2). Onder een druk van 350 bar past er 100 liter waterstof in. Dat is voldoende om twee uur te rijden. Wil je langer werken, dan zul je meer gas in de tank moeten persen. Volgens New Holland kan de druk zonder problemen tot 700 bar omhoog, zodat je dubbel zo lang kunt werken. Maar voor een volle werkdag is nog meer brandstof nodig.

Tanken

Tanken blijkt een kwestie van vijf minuten. Dan is de 100 liter-tank vol. Onder de hogedruktank liggen de brandstofcellen (1). Drie 'stacks' om precies te zijn. Door gebruik te maken van de brandstofcellen

is de trekker 1.000 kg lichter dan een trekker uit de T6000-serie. Vooral de neus weegt met het verdwijnen van de motor bijna niets. De brandstofcellen krijgen de waterstof uit de tank toegeleverd en via een turbowiel wordt lucht aangezogen. De elektriciteit die vervolgens in de cel ontstaat, voedt twee elektromotoren nadat transformatoren de gelijkstroom omzetten in wisselstroom. Een motor levert zijn energie aan de aftakas en alle andere elektriciteit vragende onderdelen van de trekker. Een tweede elektromotor drijft middels een crossbox, die New Holland uit de bidirectionele T6070 haalde, de achterwielen en de voorwielen van de NH2 aan. Om de elektromotoren te koelen, is aan beide zijden van de trekker voor de trap naar de cabine een extra radiator te vinden (4). En hoewel een trekker met brandstofcel geen schadelijke gassen uitstoot, is er wel degelijk een uitlaat. Rechtsonder de trap is er eentje te vinden (3). Er komt water uit, voorna-

melijk in de vorm van damp: 19 liter op een 100 liter-tank om precies te zijn.

Ultieme cvt

De NH2 heeft veel trekjes van de Nastro D'Oro 90, het jubileummodel dat New Holland tijdens de Italiaanse Eima vorig jaar november liet zien. Zo heeft de trekker hetzelfde cabinedak waarin rode led-lampjes heen en weer bewegen. Ze vervangen het zwaailicht. Want, zo weet ontwerper Jansen, veel boeren rijden die uitstekende lampen er toch maar af. Daarnaast zijn ook de spiegels met ingebouwde breedteverlichting een rechtstreekse kopie van de spiegels op de Nastro D'Oro. In het cabinedak is verder de gps-antenne verzonken en volledig geïntegreerd. In de cabine is het vooral de kleur geel die in het oog springt. De stoel is geel, net als alle hendels en pedalen (6). En doordat een elektromotor traploos werkt, is traploos versnellen

mogelijk. Het levert zelfs de ultieme cvt op. Immers, er is geen deels hydraulische overbrenging van kracht meer nodig en ook blijven mechanische versnellingen, zoals er in veel cvt's nog steeds zijn, achterwege. Verlies van vermogen is er dus bijna niet. Daarom vind je in de cabine geen koppelingsspedaal, maar alleen een gaspedaal en twee rempedalen. Rijden gaat als vanzelf. Je geeft gas, letterlijk, en de trekker komt met gezoem in beweging. Omdat een elektromotor ook de aftakas aandrijft, is ook daarvan het toerental volledig traploos in te stellen. Een touchscreen waarop je de meeste instellingen van de trekker kunt bekijken en wijzigen, is in het prototype van de NH2 nog niet te vinden. Dat komt later. En dan is de kans groot dat de trekker ook is voorzien van elektrisch bediende hydraulische ventielen. Nu zijn dat nog mechanische. Maar daar zal niemand zich aan storen.



▲ Het hart van de NH2: de brandstofcel. Er liggen drie 'stacks' onder de tank.



▲ In deze 100 liter-tank slaat de trekker zijn waterstof op.



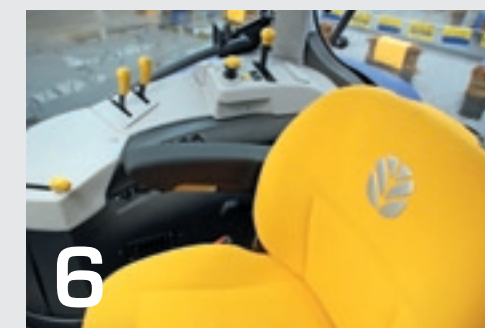
▲ De trekker heeft een uitlaat. Er komt water uit.



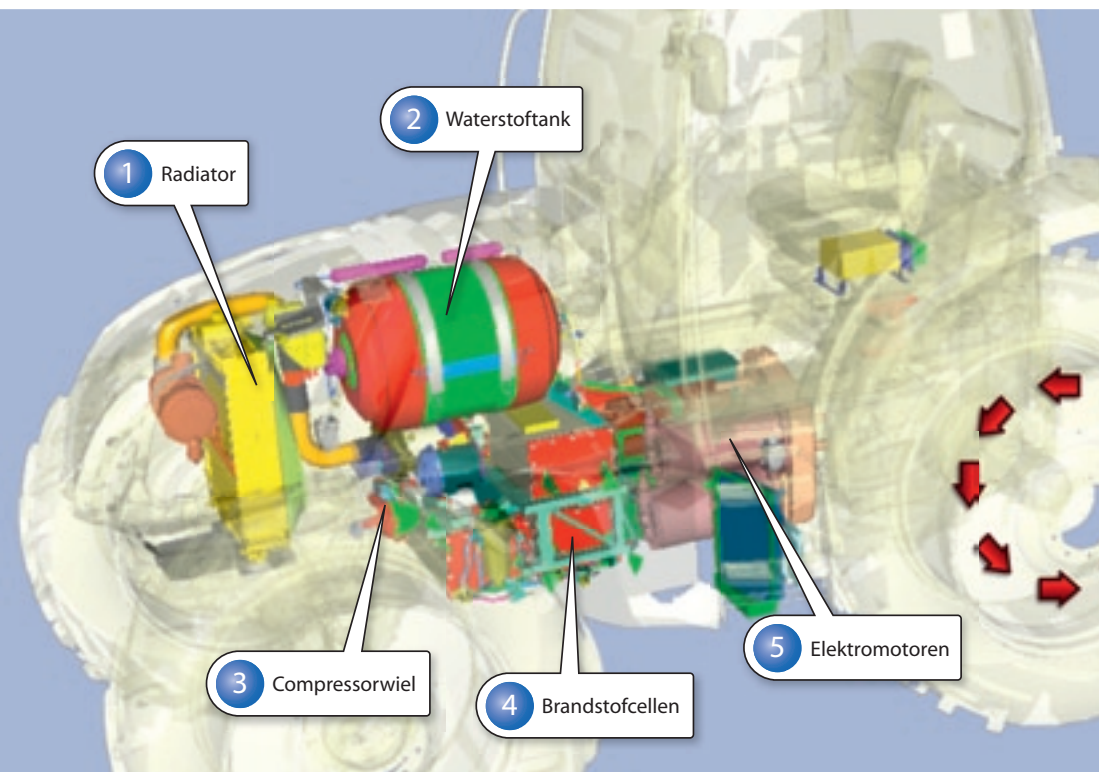
▲ Om de elektromotoren te koelen, zijn er twee extra koelers gemonteerd.



▲ De led-voorlampen van de NH2 staan los van de grille. Dat levert een groter koeloppervlak op.



▲ Het interieur van de NH2: een gele stoel en nu nog geen monitor.



laire noviteit moest tonen. Een waterstof-trekker. Binnen no-time ontwikkelde het idee zich tot een concept. Een concept waarbij boeren zelf waterstof produceren. Met windmolens, mestvergisters, waterkrachtcentrales of zonnepanelen wekken ze de elektriciteit op die water middels elektrolyse ontleedt in waterstof en zuurstof. De waterstof wordt opgeslagen in een hogedruktank. Het boerenbedrijf wordt daarmee zelfvoorzienend voor wat betreft energie.

10.000 uur

De tweede stap in het concept was de trekker. In augustus legden New Holland-ingenieurs er de eerste hand aan. Nog geen half jaar later is de 80 kW (106 pk) sterke machine klaar. Totale kosten? Een half miljoen euro. En dat is weinig voor een prototype. Niet in de laatste plaats doordat alle gangbare onderdelen van New Holland trekkers zijn gebruikt. Met uitzondering van de waterstof-tank en de brandstofcellen dan. Die komen van moederbedrijf Fiat, die er al proeven

mee deed in een Fiat Panda personenauto en in Iveco vrachtwagens. De brandstofcellen zetten het waterstofgas in zijn geheel om in elektriciteit. Die elektriciteit kun je gebruiken om de wielen en alle andere onderdelen van de trekker aan te drijven. Het grote voordeel van een brandstofcel is zijn efficiëntie. Een verbrandingsmotor zet van alle energie maar 35 procent om in beweging, de rest verdwijnt als warmte. Een brandstofcel zet 60 procent om in elektriciteit, waarvan het meeste weer wordt omgezet in beweging. Maar de brandstofcel is duur. De, weliswaar verouderde, Bower brandstofcellen in de NH2 van New Holland kosten al 300.000 euro: zo'n 3.000 euro per kW. Maar, zo meent de fabrikant, dat bedrag kan snel dalen. Dan moeten wel meer (auto-)fabrikanten waterstof als alternatieve brandstof omarmen zodat de productie van brandstofcellen stijgt. En hoewel brandstofcellen kostbaar zijn, valt dat in een trekker relatief mee, weet Pierre Lahutte, productmanager van New Holland trekkers en ver-

reikers. Zeker als de prijs daalt naar 30.000 euro of nog veel minder. Brandstofcelleveranciers spreken nu al over 6 euro per kW over tien jaar. Ook biedt een trekker voldoende ruimte om een grote brandstoftank in te bouwen, iets wat bij personenauto's niet zo gemakkelijk is. Onderhoud kent de brandstofcel niet. Hij gaat 10.000 uur mee zolang hij niet droogloopt en daardoor niet warmer wordt dan 90 graden. Gebeurt dat wel, dan verbrandt de cel. De optimale temperatuur is 70 graden Celsius, maar ook bij 0 graden Celsius doet de brandstofcel nog goed zijn werk.

Begin van een nieuw tijdperk

De NH2 is volgens Lahutte nog maar het begin van een nieuw tijdperk. "We willen een hele range aan machines bouwen die op waterstof lopen. Maar dat kunnen we niet alleen. We zullen moeten samenwerken met overheden en bedrijven. Het klinkt allemaal als een droom, dat weet ik, maar dit is de eerste stap. En binnen vijf jaar is deze trekker

praktijkrijp." Tot die tijd wil Lahutte het prototype in het veld uitproberen. Nog dit voorjaar gaat de NH2 aan het werk. Daarna zal in 2010 een tweede en verbeterd prototype aan het werk gaan. En uiteindelijk, ergens tussen 2012 en 2015, wil hij een 140 pk waterstoffrekker introduceren. Dat is immers de meest populaire vermogensklasse. Dat die trekker er anders uit zal zien dan de huidige NH2, staat voor Lahutte als een paal boven water. "Door elektriciteit en elektromotoren ben je veel flexibeler. Je kunt het ontwerp van de trekker helemaal aanpassen aan zijn taken." Een lange neus die veel trekkers nu nog kenmerkt, is immers niet meer nodig en ook een achterbrug is overbodig als elektromotoren de wielen aandrijven. Het staat de ontwerpers vrij de meest ideale trekker te bedenken. In 2015 zullen ook al de eerste boerderijen die geheel zelfvoorzienend zijn in energie een feit zijn. New Holland wil met het project in Europa – waarschijnlijk in Duitsland, Frankrijk en wellicht Nederland – starten. **LM**

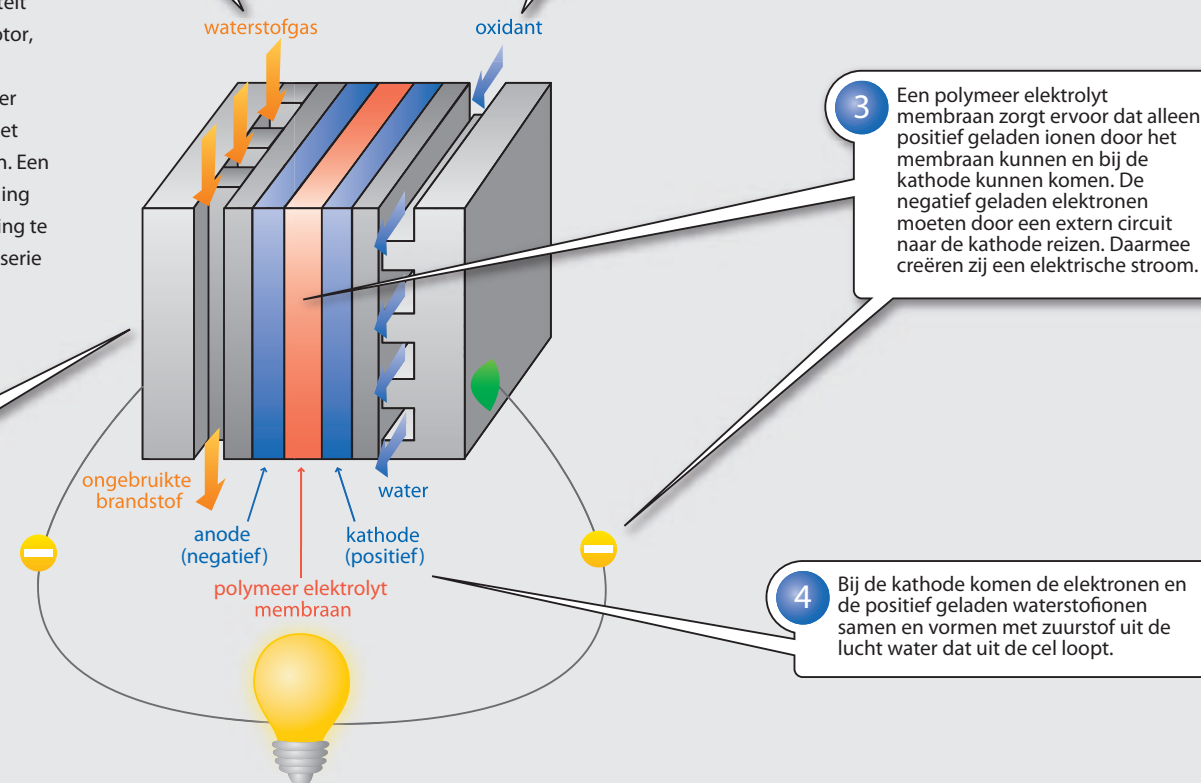
Zo werkt de brandstofcel

Waterstof werd in 1670 voor het eerst gemaakt door Robert Boyle. Je maakt het door water (H₂O) te splitsen in zuurstof (O₂) en waterstof (H₂) door middel van elektrolyse. Daarbij jaag je elektriciteit door water. Om een kilo waterstof te produceren heb je 60 kWh aan elektriciteit en 22 liter water nodig. Die kilo waterstof bevat evenveel energie als 3,5 liter diesel. Maar alleen met waterstof kun je geen trekker laten draaien. Het hart van het meest efficiënte voertuig op waterstof is namelijk de brandstofcel. Al in de negentiende eeuw, in 1839 om precies te zijn, werd die brandstofcel door de Engelsman William Grove ontdekt. Toch duurde het nog tot de vijftiger jaren voor er een werkende versie kwam. Deze brandstofcel zet waterstof om in energie. Hoe? In een hogedruktank is de waterstof opgeslagen. De waterstof, maar het kan ook een andere gasvormige brandstof met veel waterstofmoleculen zijn, loopt via een buis naar de brandstofcel. Of liever: naar de anode van de brandstofcel. Tegelijkertijd wordt aan de andere kant van een elektrolytlaag in de brandstofcel in een constante stroom zuurstof aangevoerd. Dat is de kathode. De oxidatie- en reductiereacties vinden plaats aan verschillende elektroden. Daar reageren waterstof en zuurstof met elkaar. Door de scheiding van deze reacties wordt er een negatieve lading opgebouwd in de anode en een positieve lading bij de kathode. Door een stroomkring aan

te brengen kun je elektriciteit onttrekken aan deze reactie. Tussen de elektroden bevindt zich een elektrolyt dat de overdracht van lading tussen beide elektroden mogelijk maakt en de stroomkring sluit. Bij de reactie van de twee gassen ontstaat dus water(damp) en elektriciteit. Met die elektriciteit kun je een elektrisch apparaat, een elektromotor, maar ook het elektriciteitsnetwerk voeden. De waterdamp condenseert en wordt als water afgevoerd. Je kunt het zelfs opvangen en in het reservoir voor ruitenwisservloeistof gebruiken. Een enkele brandstofcel heeft een uitgangsspanning van ongeveer 0,7 volt. Om een hogere spanning te krijgen, worden meerdere brandstofcellen in serie geplaatst. Dit heet een 'stack'.

2 Bij de anode zorgt een platina katalysator ervoor dat de waterstof zich splitst in positieve waterstofionen (protonen) en negatief geladen elektronen.

1 Waterstof wordt door een plaat geleid naar de anode aan de ene kant van de brandstofcel, terwijl aan de andere kant een oxidant (zuurstof of gewoon lucht) naar de kathode wordt geleid.



3 Een polymeer elektrolyt membraan zorgt ervoor dat alleen positief geladen ionen door het membraan kunnen en bij de kathode kunnen komen. De negatief geladen elektronen moeten door een extern circuit naar de kathode reizen. Daarmee creëren zij een elektrische stroom.

4 Bij de kathode komen de elektronen en de positief geladen waterstofionen samen en vormen met zuurstof uit de lucht water dat uit de cel loopt.

Waterstoffrekker: mislukking of kans? De meningen...

Robert Pieri, professor NSDU

"New Hollands NH2 ziet er schitterend uit. Het is een mooi project. Als je de waterstof zelf kunt produceren uit zonne-energie, waterkracht of wind, dan is dat prachtig. Zolang dat niet het geval is, is biodiesel als brandstof een eenvoudigere milieuvriendelijke optie. In de toekomst zullen elektromotoren, doordat ze een hoog koppel overbrengen, op landbouwtrekkers verschijnen. Als je waterstof tegen lage kosten kunt gebruiken en dat kunt omzetten in elektrisch vermogen, kan dit de weg zijn die we moeten gaan. Om wereldwijd voedsel efficiënt en duurzaam te produceren, zullen in de toekomst naar mijn mening meerdere technieken gebruikt worden."

Oliver Neumann, woordvoerder machinebouwer John Deere

"We kijken naar alle mogelijke technologieën om landbouwmachines schoner en zuiniger te maken. We zullen echter alleen een waterstoffrekker introduceren als daar voldoende vraag naar is. De grootste problemen van waterstof zijn de te hoge kosten van de brandstofcel en de distributie ervan."

Mauno Ylivakeri, directeur ontwikkeling motorfabrikant Agco Sisu Power

"Ik geloof niet in brandstofcelltrekkers. Bij zwaar veldwerk moet je ieder uur de tank bijvullen. De hoge druk in de tank kan gevaarlijke omstandigheden opleveren. In de toekomst is een vorm van elektrische energie belangrijk, maar dan vooral gegenereerd door een dieselmotor. Die bestaat de komende dertig tot veertig jaar nog wel. Die motor zal schoner en zuiniger worden. De NH2 is een publiciteitsstunt en goed voor het groene imago van een bedrijf, maar zakelijk gezien biedt het geen kansen."

Barry Engle, CEO landbouwmachinefabrikant New Holland

"Voor de nabije toekomst is diesel nog steeds de belangrijkste vorm van brandstof. Echter, als we nu al zien dat boeren elektriciteit op de boerderij kunnen opwekken, dan is de NH2 niet zomaar een concept. Zeker als de brandstofcel binnen korte tijd flink in prijs zakt, wordt zo'n trekker commercieel interessant. Als er ook nog eens een politicus met visie opstaat, die zijn energie in deze techniek steekt, is alles mogelijk. Daar willen wij bij zijn."