

Auto & Motor
TECHNIEK

© **WWW.AMT.NL** - Dé internetsite voor de Automotive Professional

Nedstack-directeur bij ATC 't Sticht: "Het gaat nu snel met de brandstofcel"

In vergelijking met een verbrandingsmotor is een brandstofcel maar een saai ding. Het ziet er uit als een schoendoos, maakt geen geluid en er beweegt niets aan. "Toch gaan die saaie doosjes de wereld veroveren", hield Nedstack-directeur Erik Middelman de ATC-ers van 't Sticht voor. "En sneller dan u denkt!"

Geen zuigers, geen kleppen, geen veertjes, geen onderdeeljes, niets. Directeur Erik Middelman van Nedstack heeft alleen een laptop bij zich. De PowerPoint-plaatjes daarop ondersteunen zijn verhaal. Dat begint in 1838. Ene meneer Growth experimenteerde toen wat met water, stroom, twee elektroden en een voltmeter. Hij constateerde dat er aan de ene pool zuurstof vrijkwam en aan de andere waterstof. En belangrijker, als hij de stroom afsloot sloeg de voltmeter de andere kant op. Een jaar later publiceerde hij zijn idee van de brand-

stofcel. Een apparaat dat uit lucht en waterstof, elektriciteit en water maakt.

Wind in de rug

Pas in de Apollo's van de NASA werd zijn idee werkelijkheid. Een piepklein celletje van een half miljoen dollar leverde een klein beetje energie en wat drinkwater voor de astronauten. Middelman bemoeit zich met de brandstofcel sinds 1989. Zijn toenmalige werkgever Akzo zag emplot voor het ding in industriële processen. In 1998 besloot Akzo Nobel

echter dat de brandstofcel niet tot haar 'corebusiness' hoorde. "Een blunder", vonden Middelman en enkele collega's. Ze richtten Nedstack op en namen de brandstofcel-activiteiten van Akzo Nobel over. "We zijn gestart met spaargeld", vertelt hij. En: "De huizenprijzen stegen, dus gelukkig konden we de hypotheek op ons huis verhogen." Inmiddels telt Nedstack 50 medewerkers en is het de grootste brandstofcellenleverancier van Europa. "We hebben de wind in de rug", zegt Middelman. "Dat komt door milieu en klimaat, maar ook door George Bush die energieonafhankelijk wil zijn."

Brandstofcel in de praktijk

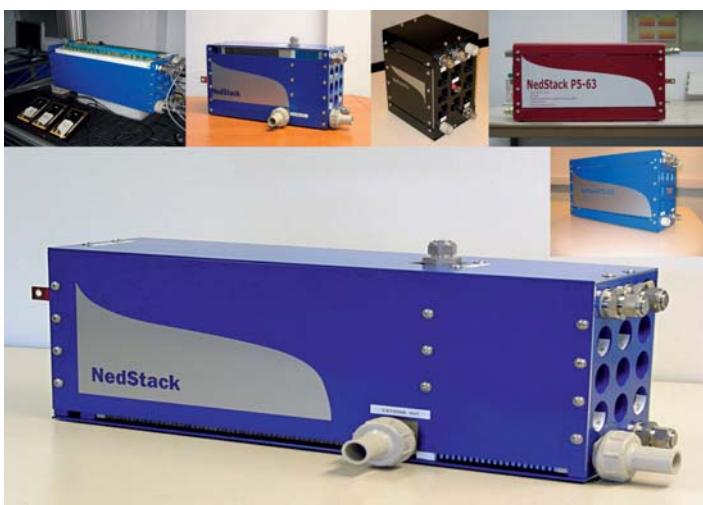
Middelman toont voorbeelden van toepassingen van Nedstack-brandstofcellen: "Dit Zwitserse pick-up truckje haalt 150 km/u met een 16 kW stack. Nog een hele aardige eerste toepassing is de HyTruck. Dat is een distributietruck. Zo'n ding staat de hele tijd stil: file, afleveren, stoplicht, maar levert wel een grote

Een saai doos met aansluitingen voor stroom, lucht, waterstof, koeling en bevochtiging. Verbant dit ding de verbrandingsmotor naar het museum?

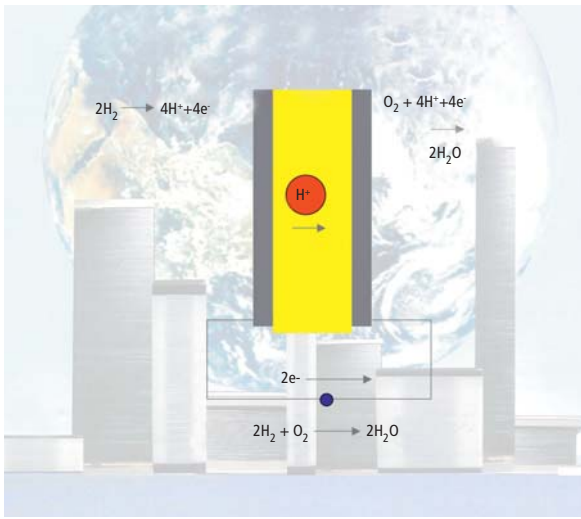


"De afgelopen zes jaar hebben we de prijs van onze brandstofcellenstacks ieder jaar gehalveerd", claimt Nedstack-directeur Erik Middelman. En: "Met het huidige prijsniveau zitten we heel dicht tegen een grote doorbraak aan."

bijdrage aan de lokale uitstoot. Bovendien loopt hij 1 op 5. Met dezelfde 16 kW brandstofcel, twee E-Traction-wielmotoren en een lithium-ion-batterijpakket rijdt hij 55 km op 1 kg waterstof." Soms is de winst nog groter: "Bij iedere liter chloor die onze oude werkgever in zijn chloorfabriek in Delfzijl produceert, komt een liter waterstof vrij." Tot voor kort werd dat afgeblazen, nu zet een Nedstack-brandstofcelstack dat energierijke goedje om in elektriciteit. En die gebruikt de fabriek weer voor zijn productieproces. Die industriële toepassing brengt Middelman op een belangrijk voordeel van de brandstofcel: "De techniek is volledig schaalbaar. Onze kleinste stacks tellen maar drie cellen en produceren 0,5 kW. Meer vermogen nodig? Dan komen er meer cellen bij. Liefst werken we met standaardmodules van 10 tot 50 kW. Nog meer vermogen nodig? Dan zetten we er meer stacks bij, net als batterijen, parallel of in



Hoe werkt een brandstofcel?



Veel autotechnici kennen inmiddels het werkingsprincipe van de brandstofcel. Voor alle zekerheid nam de Nedstack-directeur het nog even door: “De brandstof (waterstof) wordt aangevoerd aan de anode. Onder invloed van platina, vallen daar waterstofmoleculen ($2H_2$) uiteen in waterstofprotonen ($4H^+$) en elektronen ($4e^-$). Het membraan tussen anode en kathode laat wel protonen door, maar geen elektronen.

Aan de kathode wordt lucht toegevoerd. Onder invloed van de katalytische laag op de kathode wil de zuurstof (O_2) daaruit reageren met de waterstofprotonen ($4H^+$) tot watermoleculen ($2H_2O$). Voor die reactie zijn ook elektronen nodig, maar het membraan geleidt hen niet. Dat dwingt ze om door een extern elektrisch circuit te lopen. In dat circuit kan een elektrische belasting worden opgenomen. Bij transporttoepassingen is dat natuurlijk een elektromotor.”

serie. Zo kunnen we in een stadsbus precies dezelfde techniek gebruiken als in een energiecentrale.” Over stadsbus gesproken, volgende toepassingsvoorbeeld is de Phileasbus (zie: AMT-6 2004 of het Archief op www.AMT.nl): “Phileas, u weet wel, lichtgewicht bus, alle assen gestuurd en aparte rijbanen door Eindhoven. De huidige types hebben elektrische aandrijving en een LPG-motor om de accu’s op te laden, wij werken aan een Phileas met brandstofcel en lithium-ionbatterijen.”

Prijs per kW

Stichtse ATC-ers laten zich echter niet zomaar overtuigen: “In Amsterdam rijden toch Mercedes-bussen op brandstofcellen? Ik begrijp dat die dingen 2,5 miljoen euro per stuk kosten en niet eens zuinig met waterstof omspringen.” Middelman heeft zijn antwoord paraat: “Niet zo vreemd. Allereerst zijn dat niet onze brandstofcellen. Maar nog belangrijker, die bussen zijn nu vier jaar oud. Sindsdien zijn de prijzen ieder jaar gehalveerd. Bovendien, busbouwer Mercedes-Benz heeft het indertijd simpel gehouden: verbrandingsmotor eruit, brandstofcel erin. Verder niets geoptimaliseerd en de versnellingsbak bleef gewoon. De Phileas is een ander verhaal. Met zijn accu’s en naafmotoren is de bus al geschikt voor inbouw van brandstofcelstacks. De computer zorgt dat de brandstofcel onafhan-

kelijk van de gaspedaalstand voortdurend in de buurt van het optimale werkpunt blijft, en de kosten van zo’n brandstofcel-Phileas komen op het niveau van de trolleybus.”

Dat begint al ergens op te lijken, maar toepassing van de brandstofcel in het intern transport ziet er nog veelbelovender uit: “In magazijnen die vrij van uitlaatgassen moeten blijven werkt men met accu’s. Zijn ze leeg, dan moeten de accupakketten gewisseld en geladen



Maar twee onderdelen MEA, die letters staan voor Membrane Electrolyte Assembly. Zo’n MEA is het membraan dat wel protonen doorlaat maar geen elektronen geleidt. Aan beide zijden is het gecoat met een katalytische laag. Tussen iedere twee MEA’s zit een bipolaire plaat. Daarin zijn hele fijne kanaaltjes opgenomen voor de verspreiding van het waterstof en de lucht over de aangrenzende MEA’s. Een brandstofcelstack bestaat uit een hele serie MEA’s en bipolaire platen.

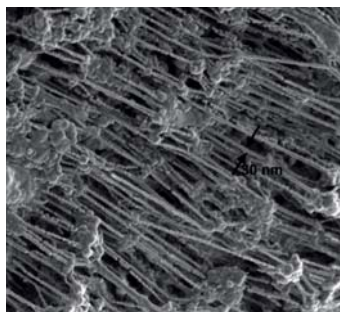
worden. Dat is tijdrovend en betekent stilstand.” Nedstack heeft de stacks geleverd voor een magazijn dat nu de heftrucks in 20 seconden van verse waterstof voorziet. Klaar voor de volgende shift! Tegenover dat tijdsvoordeel staat nauwelijks meer een kostennadeel: “De batterij-aandrijving van die heftrucks kost ongeveer 800 euro per kW. Wij zitten daar met onze stacks nog maar een fractie boven. Halen we eenmaal het batterijniveau, dan staan we voor een grote doorbraak. Meer magazijnen schakelen over op de brandstofcel, wij schalen de productie op en de kostprijs per kW zakt verder.”

Waar dat eindigt? “Met de huidige technologie kunnen we 50 euro per kW halen. Dat ligt al royaal onder de kostprijs van de huidige dieselmotor. En vergeet niet, met dank aan de emissie-eisen gaat die alleen maar verder omhoog. Uiteindelijk verwacht ik dat wij op 30 euro per kW uitkomen.”

Voldoende platina?

Ongelofelijk, die dure brandstofcel blijkt straks veel goedkoper dan de oude vertrouwde interne verbrandingsmotor. Maar een alert ATC-lid vermoed een addertje onder het gras: “Platina is de katalysator die de reacties in de brandstofcel op gang brengt. Hoeveel platina is er eigenlijk op de wereld? En is dat genoeg voor een paar miljard auto’s?” Hoewel Middelman de exacte om-

Platina: "Een forse ring per auto"



Platina is de katalysator die de reacties op gang brengt. Maar platina kost 30 euro per gram. Dus zoeken brandstofcelbouwers naar een zo groot mogelijk platinaoppervlak uit zo weinig mogelijk platina. Nedstack werkt met nanohaartjes. Hun doorsnede is ongeveer een dertigste van die van een menselijk haar. De nanohaartjes werken als coaxkabeltjes, de elektronen in de kern, de protonen in de huid. Dankzij deze techniek heeft een Nedstack-brandstofcel voldoende aan een halve gram platina per kW. Directeur Middelman: "Een forse ring is voldoende voor een auto."

vang van de wereldplatinavoorraad niet kent ("U vindt dat cijfer op de site van de American Geological Society.") is hij uitstekend op die vraag voorbereid: "Per auto heb je zo'n 15 gram platina nodig. Maar let op, dat is voor 98% recyclebaar! Wij geven nu al 10% statiegeld aan wie zijn afgedankte stack bij ons inlevert. Met de daling van de stackprijs, zal het statiegeld in de toekomst oplopen tot naar verwachting 50%."

Daarmee wordt de brandstofcel echt spotgoedkoop! Op termijn is de investering 30 euro per kW, en aan het eind van de levensduur betaalt Nedstack weer 15 euro terug. Overigens moet de brandstofcelkoper wel een tijd op zijn statiegeld wachten. De levensduur van een stack bedraagt namelijk zo'n 20.000 uur. Ter vergelijking: een personenwagendiesel heeft het na 5000 uur helemaal gehad.

Problemen

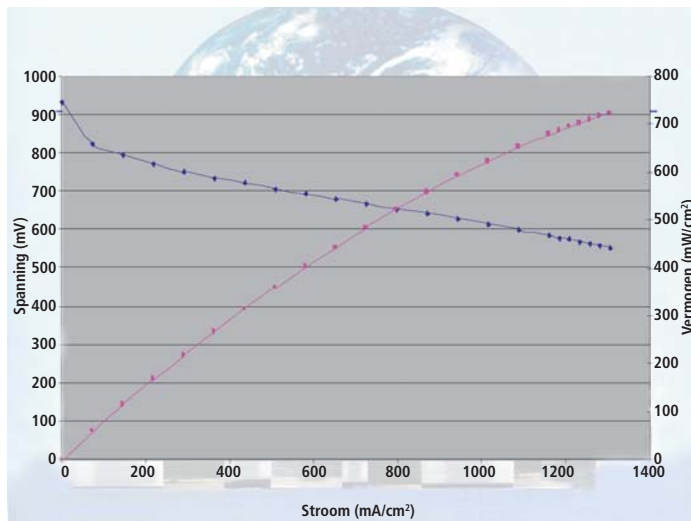
Veelbelovend, maar: "Waar halen we de waterstof vandaan?" "Waterstof is geen probleem", vindt Middelman. Alleen al in Rotterdam wordt voldoende geproduceerd om heel Nederland op te laten rijden. Je kunt het prima uit aardgas maken. De CO₂, die dan centraal vrijkomt, kun je ondergronds opslaan of gebruiken in kassen."

En: "Aardgas? Dat is toch niet duurzaam?!", vindt een kritische ATC'er. "Duurzaam? Wie heeft het over duurzaam? Duurzaam doen we over 50 jaar. Ik heb het over een halvering van het energieverbruik en de CO₂-uitstoot dankzij het gebruik van de brandstofcel. En dat doen we al binnen een paar jaar!"

"En de infrastructuur dan?", wil weer een andere toehoorder weten. "Geen probleem, het aardgasnet in ons land is in zes jaar gebouwd. Met dezelfde inspanning maak je een waterstofnet."

Ook in de opslag van waterstof aan boord van auto's ziet Middelman geen problemen: "Dankzij hybridisering kun je de stack in het juiste werkvenster gebruiken. Het rendement is dan zo hoog dat je met een

Hoogste rendement bij laagste belasting



Het vermogen en rendement van een brandstofcel wordt aangegeven in een zogenaamde J-V curve (J voor stroom, V voor spanning). De belasting staat op de horizontale as. De donkerblauwe lijn geeft de spanning weer, maar ook het elektrisch rendement. Dat wordt gevonden door de waarde op de linker verticale as te delen door 1200 mV. Dus als de cel 600 mV levert, wordt de helft van de energie-inhoud van het aangevoerde waterstof omgezet in elektriciteit en de andere helft in warmte.

De rode lijn geeft het vermogen weer dat iedere vierkante centimeter celoppervlakte levert. Kortom: hoe lager het vermogen, hoe hoger het rendement. Door te hybridiseren met accu's of supercapacitors probeert de ontwerper van een voertuig het werkgebied van zijn brandstofcel zoveel mogelijk links in de grafiek te houden.

Zal de J-V curve ooit de oude vertrouwde vermogens-koppelkromme vervangen?

tank gecomprimeerd waterstof 600 km ver komt."

Blijft over de veiligheid. "Goede vraag", vindt Middelman. "Waterstof is een energiedrager dus inherent brandbaar. Maar de eisen zijn extreem streng. Als we vergelijkbare eisen zouden stellen aan benzine of diesel, reed er geen auto meer op de weg."

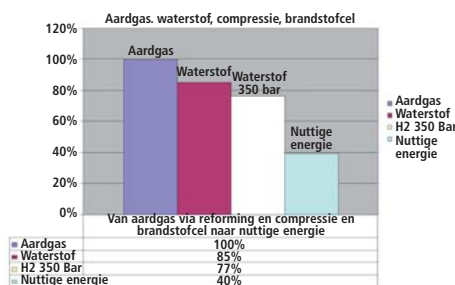
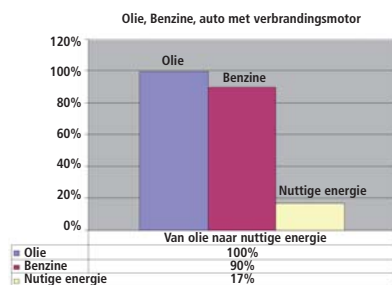
Kenniseconomie?

Zijn er dan helemaal geen proble-

men? Toch wel. Om al het werk aan te kunnen moet Nedstack nog dit jaar naar 70 medewerkers groeien. Maar Middelman kan de mensen niet vinden: "We zoeken werktuigbouwers, materiaalkundigen, chemisch technologen en nog veel meer hoogopgeleide specialisten. Dus mocht u mensen kennen die graag bij een brandstofcellenfabrikant willen werken..."

Erwin den Hoed

Brandstofcel scoort van bron tot wiel



Erik Middelman trok conclusies uit recente well-to-wheel studies: "De omzetting van olie naar benzine kost relatief weinig energie. Helaas zet de verbrandingsmotor het overgrote deel van de resterende energie om in warmte. Eindresultaat 17% rendement. Niet veel, maar altijd nog een stuk beter dan de 7% die stoommachines ooit uit kolen haalden." Dan de brandstofcel: "Bij de productie van gecomprimeerd waterstof uit aardgas gaat relatief veel energie verloren. Maar een gehybridiseerde brandstofcelauto springt met de rest wel heel zuinig om. Resultaat: 40%."