

Laboratorium opstelling van een elektrode bij de TU Delft

Slimme Nederlandse 're-take'
op een ontwerp van Edison

Battolyser: Elektriciteit opslaan en waterstof produceren in één applicatie

Meer dan honderd jaar geleden ontwierp Edison een accu met ijzer en nikkel elektrodes. De accu kon echter maar beperkt worden ingezet, omdat het apparaat bij een capaciteit van rond de 70% waterstof begon te produceren. Nederlandse onderzoekers pakten het ontwerp in 2013 opnieuw op en gaven met de Battolyser nieuw leven aan een ontwerp dat perfect past in de energietransitie.

Redactie Process Control

Edison ontwierp hem: de nikkel-ijzer batterij. De batterij moest destijds de bestaande lood-batterijen verbeteren. Maar wat bleek: zodra de batterij voor zo'n zeventig procent was opgeladen, begon de batterij waterstof te produceren. Een groter deel van de beschikbare energie ging boven dat niveau in de productie van waterstof zitten dan dat er in de accu aan elektriciteit werd opgeslagen. En dat maakte de accu ineens minder interessant, want wie zat er nou op een batterij te wachten die je eigenlijk maar voor zeventig procent kon benutten en daar boven een gevaarlijk gas begon te produceren?

Manko wordt USP

Edison's batterij brak niet door. En dat wat er daarna aan onderzoek werd gedaan, was gefocust op het onderdrukken van die waterstofproductie: dat was namelijk een ongewenst bijeffect. In Rusland wordt de batterij gebruikt bij toepassingen rondom het spoor. Verder zijn er weinig toepassingen waar de nikkel-ijzer accu in de praktijk wordt gebruikt. De batterijen die de weg naar de praktijk hebben gevonden, worden tot maximaal zeventig procent opgeladen. Vanaf dat punt vermeldt de batterij-indicator dat de batterij voor honderd procent is opgeladen.

TU-onderzoeker Professor Dr. Fokko Mulder begon zo'n tien jaar geleden in eerste instantie zijn onderzoek naar de Edison batterij met het idee om te kijken of de laadcapaciteit van de accu zou kunnen worden opgerekt, zonder dat er daarbij waterstof zou worden geproduceerd. Het basisprincipe van Edison, namelijk dat energie zou kunnen worden opgeslagen in een batterij die nikkel en ijzer als grondstof voor de elektrodes gebruikt, is per slot van rekening nog altijd interessant. Die grondstoffen zijn namelijk goed voorhanden. Maar naarmate Mulder zich verder begon te verdiepen in de werking van de batterij, kwam hij tot het inzicht dat het 'manko' van de batterij - de productie van waterstof - misschien juist wel een unieke positieve eigenschap van het product zou kunnen zijn. Ter verduidelijking: in 2013 dachten we nog niet over waterstof zoals we dat nu doen.

Werking

We zijn dertien jaar verder. Uit het eerste onderzoekende werk van Mulder is inmiddels een bedrijf ontstaan. Maarten van Heel, Head of Projects & Engineering bij Battolyser Systems, weet zelf niet of ze nu een start-up of een scale-up zijn, zo snel gaan de ontwikkelingen inmiddels.

Maar hoe werkt de Edison batterij nu eigenlijk?

Van Heel: "We hebben een cel met een ijzer en nikkel elektrodes. Daarin vinden eigenlijk twee electrochemische reacties plaats. In de eerste wordt elektriciteit in de elektroden opgeslagen. Op het moment dat die elektrodes vol zijn, begint de tweede reactie: de productie van waterstof en zuurstof."

Het (alkaline) elektrolyt dat door het systeem gaat, heeft daarbij als primaire functie om de OH- stroom tussen de elektroden te laten plaatsvinden. Daarnaast zijn er drie additionele functies: de toevoer van water (die nodig is om waterstof te produceren), de afvoer van zuurstof en waterstof, en als koelmiddel voor het systeem.

"In de stack stoppen we aan de ene kant water en elektrolyt in en komt er aan de andere kant elektrolyt met zuurstof en waterstof uit. Daarnaast hebben we de balance of plant (BOP). Daarin vindt de scheiding van zuurstof en waterstof uit het elektrolyt plaats en wordt de waterstof verder gezuiverd."

Minder warmte-ontwikkeling

Bij de eerste experimenten werd op postzegelschaal aangetoond dat de Battolyser inderdaad een vernuftig en bovendien efficiënt apparaat is. Van Heel: "De productie van waterstof gaat in dit systeem met een efficiency van zo'n tachtig tot negentig procent. Dat is een hogere efficiency dan je in de elektrolyzers ziet die nu worden ontwikkeld."

Die efficiency wordt bereikt door een aantal factoren die precies op de juiste plek bij elkaar komen. Ten eerste bestaan de elektroden uit nikkel en ijzer: die materialen zijn in geruime mate voorhanden. Dat is interessant, maar heeft niet direct invloed op de efficiency. Wat wél invloed op de efficiency heeft, is het feit dat die elektrodes tamelijk groot zijn, omdat de functie van de Edison accu vooral het opslaan van elektriciteit is. Met grotere elektroden, kan meer elektriciteit wor-

“Het ‘manko’ van de batterij zou misschien juist wel een unieke positieve eigenschap van het product kunnen zijn”

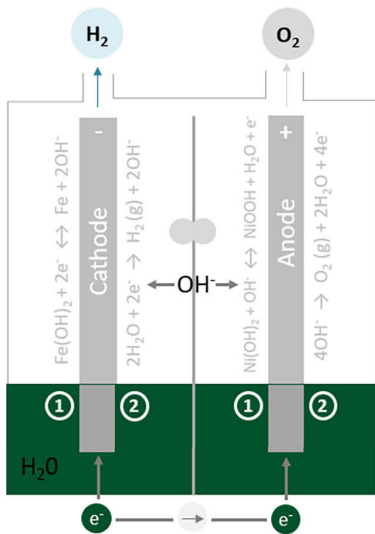
den opgeslagen. "Door dat grote oppervlakte van die elektroden kan je met veel lagere stroomdichtheden werken dan in andere technologieën", legt Van Heel uit. "En door die lage stroomdichtheden heb je met minder warmte-ontwikkeling te maken en dus een hogere efficiency."

Iridium en platinum

Bij de meeste elektrolyzers die ontwikkeld worden voor de synthese van waterstof werkt het precies andersom: die maken doorgaans vanuit een kostenoogpunt gebruik van cellen met kleinere elektrodes van edeler materialen zoals iridium en platinum. Daarbij wordt er zoveel mogelijk stroom door een zo



Battolyser® is the world's only integrated electrolyser and battery system – it is flexible, robust and efficient



How does it work?

- 1 In a first electrochemical reaction, the electrodes are charged and store electrons
- 2 When overcharged, hydrogen and oxygen are formed in a subsequent reaction

Advantages of the technology

- Flexible** Battolyser can instantly switch back and forth between charging and discharging
- Efficient** Stack is 80-90% energy efficient
- Sustainable** Technology is using only abundant available materials
- Robust** Battery allows deep discharging and no risk of overcharging (electrolysis)
- Versatile** System can arbitrage between power and hydrogen markets

klein mogelijk oppervlakte geleid (een hoge stroomdichtheid dus) en daardoor daalt de efficiency. En dan hebben we het in bovenstaande vergelijking ook nog eens over de stack pressure. Van Heel: "Wij denken in de Battolyser op hogere druk te kunnen werken dan in een standaard alkaline elektrolyser. Daarmee bespaar je dus ook nog een hoop energie die je anders in de compressie moet steken. Wij denken rond de 25 tot 30 bar te kunnen opereren. Bij standaard alkaline elektrolyzers wordt er op omgevingsdruk gewerkt en vervolgens gecomprimeerd tot de gewenste druk."

Footprint

Op dit moment wordt er gewerkt aan een pilotunit van 15 kilowatt (en dus ook 15 kilowattuur) die dit jaar wordt opgeleverd. De pilotunit, die samen met Proton Ventures, Orsted, Vattenfall, Yara en BASF en het Waddenfonds werd ontwikkeld, past in een twintig voets container en zal naar verwachting ergens dit jaar aan Vattenfall worden geleverd. "De stack heeft een doorsnede van ongeveer een meter. De footprint is ten opzichte van een alkaline of PEM elektrolyser iets groter en zwaarder. Dat zit hem in het feit dat we meer actief materiaal, ijzer en nikkel dus, in de stack hebben zitten. Wij combineren uiteraard twee functies in één apparaat."

Data

De technische uitdagingen bestaan onder andere uit het beheersen van de cross-over van zuurstof naar waterstof en andersom, net als bij een 'reguliere' elektrolyser. "Eenzijds is dat wel een uitdaging uiteraard, maar anderzijds maken we daar gebruik van bestaande technologie. De meet- en regelsystemen in de balance of plant zijn allemaal bestaande en dus ook bewezen systemen. Ik verwacht wel dat allerlei partijen nieuwere technieken gaan ontwikkelen, bijvoorbeeld op het gebied van analysers. Onze

pilotplant levert straks ook weer allerlei interessante data op die we zullen inzetten om een slimmere opvolger te bouwen. Daarbij zullen we ook weer gebruik maken van nieuwere, slimmere meet- en regeltechniek."

Schaal

Hoewel de productie van groene waterstof nog in de kinderschoenen staat, is er al wel ervaring met grootschalige productie van grijze waterstof, bijvoorbeeld voor de kunstmestindustrie. De ervaring met grootschalige productie middels de Battolyser is nog beperkt. "Dat is uiteraard een valide punt" geeft Van Heel toe. "De concurrentie loopt op ons voor als het om schaalgrootte gaat. Wij hebben echter, in ieder geval theoretisch gezien, het voordeel als het om efficiency gaat. Dat is wel een zeer relevant punt uiteraard. Daarnaast zijn er nog meer voordelen, zoals de grote beschikbaarheid van grondstoffen, de flexibiliteit van het systeem (instantaan schakelen tussen batterij en elektrolyse) en het systeem opereert in een relatief milde (druk & temperatuur) en niet corrosieve omgeving."

Een van de eerste proof points op systeemniveau zal de genoemde pilotunit zijn. Halverwege volgend jaar denkt Van Heel een commerciële unit te kunnen presenteren met een vermogen van tussen de half en één megawatt (en megawattuur). "We gaan dus wel echt snel opschalen."

Die snelle opschaling kan worden verklaard door het feit dat de Battolyser die volgend jaar beschikbaar moet zijn, gebaseerd is op de pilotunit die dit jaar uit de werkplaats zal rollen. "In de pilotunit werken we nu aan een lijst met verbeteringen die we ook in de eerste commerciële unit kunnen toepassen. Denk bijvoorbeeld aan de elektrodes; tot nu toe hebben we geëxperimenteerd met elektrodes die niet specifiek voor de Battolyser zijn ontwikkeld. Door onder andere

Battolyser Stack van de Battolyser Pilot Unit



dat in de pilotunit wel te doen, kunnen we straks makkelijker opschalen. Bovendien denken we in de pilotunits, mede door die specifieke elektroden, ook weer een hogere efficiency te realiseren.” Er is dus geen reden om aan te nemen dat de Battolyser niet op (zeer) grote schaal zou kunnen opereren.

Groeimarkt

Van Heel wil het Battolyser product als OEM in de markt gaan zetten. Het is dus nadrukkelijk niet de bedoeling dat het bedrijf zelf enorme centrales gaat aanleggen die gebaseerd zijn op de werking van de Battolyser. “Wij gaan ons product verkopen aan klanten die zelf elektriciteit willen opslaan en waterstof willen produceren. We hoeven ons geen zorgen te maken dat er teveel elektrolyse-capaciteit zal zijn op korte termijn. Integendeel, er is nu zo’n 22 gigawatt manufacturing capacity voor 2030 wereldwijd op papier aangekondigd. Dat moet in 2030 al 50 gigawatt zijn om het IPCC 1.5 graad scenario te halen. In 2040 zal dat nog eens een keer of twaalf zoveel meer moeten zijn. Met andere woorden: er is een gigantische groeimarkt.”

Competitief

Voor bedrijven als Yara en Tata zou een Battolyser een zeer interessante oplossing zijn en Van Heel bemerkt nu al een gezonde interesse vanuit de markt. “Ik noem geen namen uiteraard, maar de industrie heeft ons inmiddels wel in de gaten.”

Over de prijzen van de Battolyser versus die van een alkaline of PEM-elektrolyser wil Van Heel nog niet zoveel zeggen. “Maar het is ook een beetje appels met peren vergelijken. De Battolyser combineert elektriciteitsopslag en waterstofproductie in één applicatie. Voor een echte prijsvergelijking zou je dan naast een PEM-elektrolyser ook nog een batterij moeten zetten.” Toch weet Van Heel dat de Battolyser ‘competitief’ zal



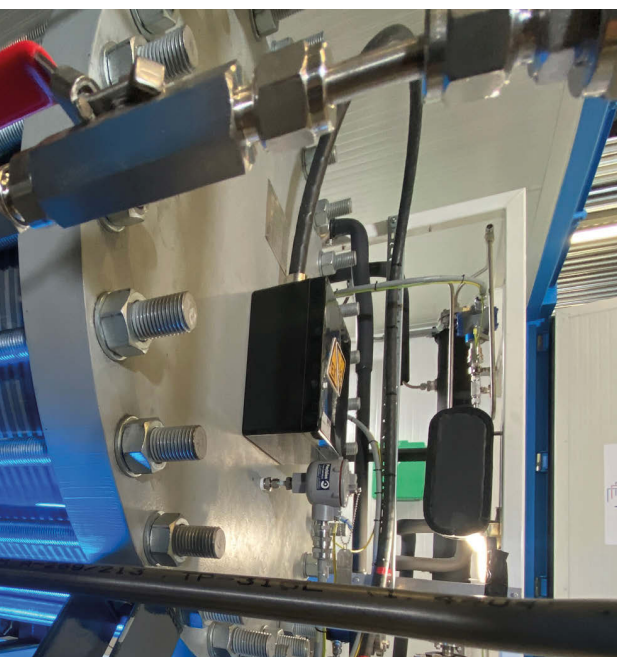
Controlepaneel van een analyser bij de TU Delft

worden ten opzichte van een elektrolyse-systeem. De focus van de toepassing van de Battolyser zijn de plaatsen waar nu al (grijze) waterstof wordt geproduceerd. Waar er bij elektrolyzers al vroeg werd gesproken op toepassing in de utiliteit en zelfs op huishouden-niveau, is Van Heel daar realistisch over. “Ik denk dat je de grootste CO2-reductie juist in die industriële toepassingen kunt realiseren, dus daar focussen we op. Denk daarbij niet alleen aan kunstmest, maar ook aan productie van staal en cement.”

Flexibel

Los van de prijs per vermogen, levert de Battolyser ook op een andere manier waardecreatie. “Met de Battolyser kan je, zolang er voldoende stroom beschikbaar is en er niet meer stroom wordt gevraagd door je proces, de stroom opslaan in de batterij. Blijft het aanbod van stroom hoog en de vraag gelijk, gaat de Battolyser over op waterstofproductie. Het is een andere manier van denken. De Battolyser moet je eigenlijk als een energiesysteem zien. Met de steeds grotere mismatch in de toekomst tussen stroomaanbod en stroomvraag, wordt de noodzaak voor opslag steeds groter. Voor korte tijd dus in een batterij en op langere termijn in waterstof.”

Daarbij blijkt de Battolyser ook een flexibel energiesysteem te zijn. Van Heel: “Bij traditionele elektrolyzers moet je veel draaiuren kunnen maken om de hoge investeringen terug te kunnen verdienen. Dat betekent



“De productie van waterstof gaat in dit systeem met een efficiency van zo’n tachtig tot negentig procent. Dat is een hogere efficiency dan je in de elektrolyzers ziet die nu worden ontwikkeld”

dus dat je ook gedwongen bent om soms dure waterstof te maken, omdat je ook bij dure elektriciteit moet door produceren. Bovendien zijn dit soort elektrolyzers lastiger in en uit te schakelen dan de Battolyser."

Bij een hoge elektriciteitsprijs kan een bedrijf dat een Battolyser heeft staan er eventueel voor kiezen om stroom terug te leveren aan het net. "Je kunt makkelijker inspelen op de prijzen en de beschikbaarheid van energie."

Klanten die een Battolyser aanschaffen kunnen wellicht aanspraak maken op een subsidie uit de SDE++ pot. Het bedrijf Battolyser kan gebruik maken van een andere innovatie ontwikkeling subsidie: de MOOI-SIGOHE subsidie, een potje waaruit missiegedreven innovaties voor grootschalige opwekking van elektriciteit kunnen worden gesubsidieerd. Gelukkig hoeft Battolyser het niet alleen van subsidies te hebben: ondernemer Kees Koolen van Koolen Industries heeft geïnvesteerd in het bedrijf.

Verzwaren

Grote elektrolyseplants die op centrale punten in het land van elektriciteit en water waterstof maken, hebben te maken met allerlei infrastructurele uitdagingen. Zo moet de stroom er naartoe geleid worden en de waterstof vanuit de plant naar de diverse afnemers worden getransporteerd. Een decentraal, voor een specifieke klant opererende Battolyser heeft daar in mindere mate mee te maken. De klant die de applicatie aanschaf heeft zelf behoefte aan groene waterstof en daarmee wordt het transport van waterstof alvast overbodig.

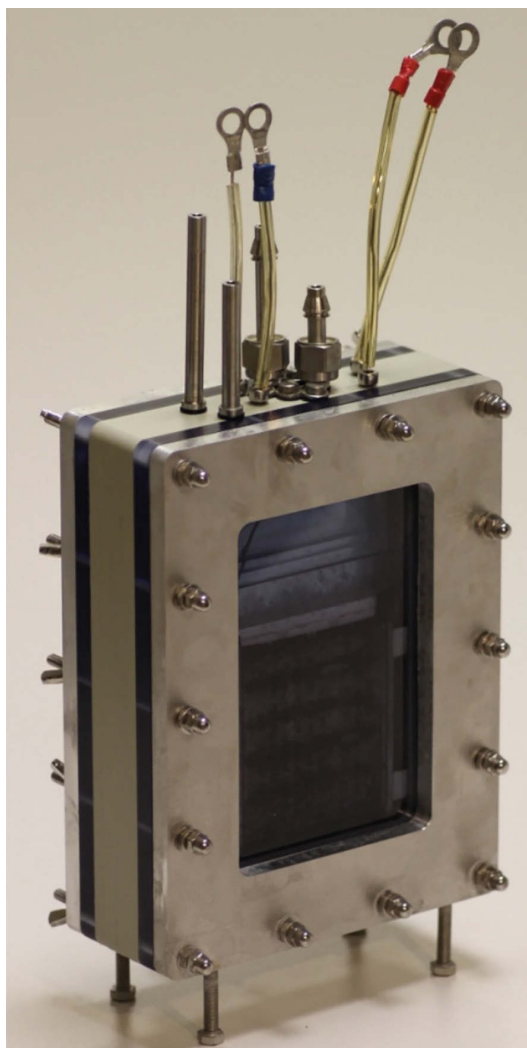
Maar ook als het gaat om load-shifting is de Battolyser zeer relevant. "Op het moment dat er veel aanbod van stroom is, sla je die dichtbij de bron op diverse decentrale locaties op in de Battolysers. Dat betekent dat je het net door het land heen minder zou hoeven te verzwaren. En ook voor decentrale bedrijven betekent het dat de lokale aansluiting op het net minder sterk verzaamd zou hoeven worden."

Nederlandse maakindustrie

Waar er bij het realiseren van windmolenparken - door tegenstanders - vaak geklaagd werd over het ontbreken van windmolens van eigen bodem, dreigt hetzelfde te gebeuren als het over waterstof gaat. Er zijn geen bedrijven in Nederland die zelf - op enige schaal - elektrolyzers produceren. Battolyser is daar een uitzondering in. Van Heel: "Ik denk dat we een hele mooie bijdrage kunnen leveren aan de Nederlandse maakindustrie met ons product. En dat zullen we zeker graag doen."

Dat betekent echter ook dat er bij Battolyser Systems

"De Battolyser moet je eigenlijk als een energiesysteem zien"



Single cell setup op laboratoriumschaal.

heel snel geschakeld zal moeten worden. "We schalen dus, zoals ik al zei, in behoorlijk tempo op om dus niet die boot te missen. De Battolyser van een halve tot anderhalve megawatt is nu nog niet verkocht aan een partij, maar we zijn wel met diverse serieus geïnteresseerde bedrijven aan het praten."

Oproep

Een van de grootste uitdagingen voor Battolyser is het vinden van voldoende technische mensen. Van Heel: "Wat mij betreft roep ik de lezers graag op om te overwegen of ze interesse hebben in carrière bij een echt Nederlands bedrijf dat een verschil kan maken in de energietransitie. We zoeken elektrochemici, proces operators en allerlei andere soorten technici. We zullen in korte tijd naar een personeelsbestand van een paar honderd mensen gaan groeien om Battolysers te kunnen bouwen."

Hoe ziet de Nederlandse waterstofeconomie er over twintig jaar uit? Hoeveel procent van de totale hoeveelheid groene waterstof komt er uit een Battolyser? "Daar durf ik eerlijk gezegd niks over te zeggen", lacht Van Heel. "Dat is echt koffiedik kijken in het extreme. Ik denk dat het gepast is dat we daar een beetje bescheiden in blijven. Feit is dat de markt gigantisch is."