

Een Gedurfd Bod

Nederland zet in op de
brandstofcel

Diederik van der Hoeven



Een Gedurfd Bod

EEN GEDURFD BOD

Nederland zet in op de
brandstofcel

Diederik van der Hoeven

Uitgave:
BetaText
Prins Bernhardlaan 10
1862 EM Bergen NH

Omslagontwerp:
Ineke Heijn

Foto's en illustraties:
Aris Homan (ECN)
N.V. Nederlandse Gasunie

ISBN 90 75541 08 2

© BetaText, Bergen NH, 2001

INHOUD

	blz.
Hoofdstuk 1	De inzet
	7
Hoofdstuk 2	De spelers komen op
	21
Hoofdstuk 3	De kaarten worden geschud
	31
Hoofdstuk 4	Eindelijk: eerste spel
	41
Hoofdstuk 5	Tussenspel
	51
Hoofdstuk 6	Tweedespel
	59
Hoofdstuk 7	De troeven achter de hand
	73
Hoofdstuk 8	Naspel: het perspectief van de spelers
	85
Afkortingen	101
Naamregister	103

Voor de totstandkoming van dit boek konden vele, maar niet álle nauw-
betrokkenen worden geïnterviewd. Het aantal keren dat een persoon in
het boek voorkomt moet daarom niet worden gezien als een maat voor
diens rol en betekenis in de hier geschetste geschiedenis.

1

DE INZET

HET IS 1983 EN DE 'KOUDE OORLOG' tussen het Westen en de Sovjet-Unie is nog in volle gang. In Nederland ontstaat een heftige discussie over de plaatsing van kruisraketten ter verdediging van een aanval uit het Oosten. De Amerikaanse president Reagan heeft in zijn verkiezingscampagne de Sovjets 'monsters' genoemd, met weinig achting voor mensenlevens; en later noemt hij de Sovjet-Unie in een grote speech zelfs het 'Rijk van het Kwaad', waar de beschaafde wereld zich met alle mogelijke middelen tegen moet verdedigen. Uit reactie tegen zijn stellingname ontstaat eerst in de Verenigde Staten, en later ook in Europa, een sterke vredesbeweging.

In Nederland is het eerste kabinet-Lubbers aangetreden. De idealistische jaren '70 zijn voorbij en er moet bezuinigd worden. De werkloosheid is sterk toegenomen. Er komen steeds meer mensen in de WAO. De sociale zekerheid dreigt een ondraagbare last te worden. Het ideaal van de jonge generatie wordt een goede baan. *No nonsense* is het parool.

Energie staat in het midden van de maatschappelijke belangstelling. Samen met de internationale veiligheid, het milieu en de grote werkloosheid wordt energie ervaren als een van de grote maatschappelijke problemen. De tweede oliecrisis van 1979 ligt nog vers in het geheugen. Voor de tweede keer draaiden de OPEC-landen de oliekraan dicht, en de kwetsbaarheid van de energievoorziening is pijnlijk duidelijk geworden. De prijs van een liter benzine is gestegen naar het onvoorstelbare bedrag van één gulden vijftig. Er moeten dringend oplossingen worden gevonden om de energiepositie van de westerse wereld veilig te stellen. Door de milieubeweging wordt energie bovendien als een maat voor milieu-problemen gezien. Er is een krachtige roep om energiebesparing, en om de inzet van schone technologieën voor energieopwekking.

Kernenergie heeft jaren lang een sleutelrol gespeeld in het beleid van vele overheden; maar het blazen van kernenergie is aan het afbladderen. 'Tsjernobyl' is nog niet geweest, maar 'Harrisburg' wel. In de kerncentrale bij deze Amerikaanse stad heeft een bijna-ongeluk plaatsgevonden; en hoewel de veiligheidssystemen betrouwbaar zijn gebleken (er is uiteindelijk géén ongeluk gebeurd), is aan de andere kant pijnlijk duidelijk geworden hoe kwetsbaar deze technologie is voor de publieke opinie. In Nederland tobt men al jaren met de besluitvorming over nieuwe kerncentrales. Minister Gijs van Aardenne heeft zich genoodzaakt gezien, een 'Maatschappelijke Discussie Energiebeleid' te organiseren, in een poging om de patstelling in de besluitvorming te overwinnen. Deze discussie moet ook antwoord geven op de vraag: indien geen kernenergie – wat dan wel?

In dit klimaat komen voortdurend voorstellen voor nieuwe energietechnologieën aan de orde. De milieubeweging wil kleinschalige vormen van energievoorziening, en duurzame energie. De industrie beziet het energieterrein met nieuwe ogen, op zoek naar nieuwe toepassingen en technologieën die goed zullen vallen, en waarvoor subsidie kan worden gekregen. Geleidelijk dringen nieuwe gedachten en initiatieven ook door tot de gas- en elektriciteitsbedrijven. Sommige nieuwe ideeën komen met grote vaart op, en verdwijnen weer net zo snel; andere nemen blijvend een plaatsje in op de agenda.

In dit klimaat wordt ook gedacht aan het ontwikkelen van een eigen Nederlands speerpunt op het gebied van de energievoorziening. Nederland heeft een troef op energiegebied: een grote aardgasbel. Opeenvolgende ministers van Financiën waren hier maar al te blij mee: ze hebben met graagte gebruikgemaakt van de groeiende staatsinkomsten door stijgende gasprijzen. Maar het besef groeit dat de aardgasvoorraad in de eerste plaats gebruikt moet worden als strategische verzekering van de eigen energiepositie.

Onder deze omstandigheden vallen ideeën om nuttig gebruik te maken van de aardgasbel zeer goed. Daarvoor moet een eigen op aardgas gebaseerde technologie ontwikkeld worden. Daarmee zal Nederland nog iets 'overhouden' na het opraken van de aardgasbel. Zo'n technologie moet vanzelfsprekend ook energiebesparend én schoon zijn.

Diverse ideeën zijn in de loop der jaren langs deze lijn uitgewerkt. In dit kader past bijvoorbeeld de ontwikkeling van de kleine gasturbine; de ondersteuning van warmte/kracht-koppeling met diverse beleidsinstrumenten, waaronder vooral betere prijzen; en de ontwikkeling van duurzame ener-



De ontdekking van het Groningse aardgasveld in 1959 vormde een keerpunt in de Nederlandse energiesituatie. In enkele jaren tijd werden alle fornuizen omgebouwd van stadsgas naar aardgas; kolen- en oliehaarden maakten plaats voor gaskachels.

Met dat Groningse aardgas en de brandstofcel als energieomzetter zou behalve warmte ook elektriciteit overal in Nederland met hoge efficiëntie beschikbaar kunnen komen, zowel groot- als kleinschalig.

giebronnen, met name windenergie. Het relaas van al deze pogingen kan een boek vullen; maar het meest smeuïge verhaal wordt toch wel geleverd door de gebeurtenissen rond de brandstofcel. Het was gewaagd in te zetten op brandstofcellen. Men heeft risico's genomen. De keuze voor de brandstofcel was, in kaarttermen gesproken, *een gedurfd bod*.

1983 is het jaar waarin voor het eerst een grote bijeenkomst over brandstofcellen plaatsvindt. Sinds die tijd is in Nederland door diverse partijen zo'n 170 miljoen gulden gestoken in de ontwikkeling van deze technologie. Weliswaar niet in één klap, maar geleidelijkaan. Daarvan is het grootste deel betaald door het Ministerie van Economische Zaken (EZ). Een aardig bedrag. Wij zullen nagaan 'hoe dat zo is gekomen', en waaraan dat geld besteed is. En: wat ervan is overgebleven.

De brandstofcel is dus één van de technologieën die door de overheid is gestimuleerd. Vanaf het begin wordt als groot voordeel van brandstofcellen gezien dat zij een veel hoger rendement halen dan de meeste thermische opwekkingsinstallaties. Rendement is hier de output van elektriciteit gedeeld door de input van brandstof. Bij brandstofcellen kan tot circa zestig procent van de brandstof worden omgezet in elektriciteit; de meeste verbrandingsinstallaties (gas-, benzine- en dieselmotoren, gas- en stoomturbines) zitten lager, soms zelfs veel lager. Dit komt doordat bij de zogenaamde Carnot-cyclus (opwarmen, uitzetten en afkoelen van gasen) veel van de energie die bij de reactie vrijkomt, als onbruikbare warmte verloren gaat. Bovendien zijn de verliezen in de Carnot-cyclus groter naarmate de installatie kleiner is. Brandstofcellen hebben deze cyclus niet, en daardoor halen zij – ook al bij kleine vermogens – hoge rendementen. Dat wil zeggen: in theorie.

Waarden van rendementen hebben een belangrijke rol gespeeld in de gebeurtenissen die hier zullen worden beschreven. Hoge rendementen werden beschouwd als een goed teken voor het belang en de slaagkansen van de brandstofcel. Maar wat is een rendement? Soms valt daarover te discussiëren. Ten eerste worden rendementen van apparaten opgegeven in een bepaald werkingsspunt; in de praktijk is het niet altijd mogelijk dat werkingsspunt te handhaven ('draaien in deellast'), en dan is van belang hoe groot het rendement dan is. Ten tweede moet goed worden gekeken naar de omstandigheden waaronder het rendement wordt gemeten. Een wetenschapper zal bijvoorbeeld allereerst kijken naar het rendement van een brandstofcel uitgaande van zuivere waterstof als brandstof. Er kan echter nog veel energie voor nodig zijn om uit aardgas zulke zuivere waterstof te maken. Bij vergelijkingen met apparaten die aardgas verbranden moet die energie natuurlijk in de berekening worden betrokken. Zulke systeemverliezen worden niet altijd goed meegerekend. En ten derde moet worden bedacht dat sommige gebruikers niet alleen elektriciteit maar ook de vrijkomende warmte gebruiken (warmte/kracht-koppeling), waardoor een hoog rendement van *elektriciteitsproductie* niet altijd zinvol is. Er moet dan worden gekeken naar het rendement van de productie van elektriciteit plus warmte.

Tussen haakjes is ook naarvoren gekomen dat er uitsluitend water wordt gevormd bij de brandstofcel die met waterstof wordt gevoed. De brandstofcel kan dan ook met recht 'schoon' worden genoemd: vervelende bijproducten van verbrandingsprocessen komen in de brandstofcel bijna

niet vrij. Dat geldt met name voor stikstofoxiden en fijn stof. Naarmate het milieu belangrijker wordt gevonden, en een hogere premie wordt gezet op het voorkómen van de uitworp van zulke stoffen, zullen brandstofcellen dan ook hoger scoren. Anno 2000 geldt dat vooral voor toepassingen in het verkeer: op het moment van schrijven gaat de meeste aandacht uit naar de ontwikkeling van brandstofcellen voor schone auto's.

In één opzicht is ook de brandstofcel niet 'schoon': de uitworp van kooldioxide. Weliswaar komt in de brandstofcel zelf, bij de omzetting van waterstof in water, geen kooldioxide vrij; maar in de voorbereidende stap, de omzetting van aardgas in waterstof, is dat wel degelijk het geval. Brandstofcellen leveren dan ook een aanzienlijk kleinere bijdrage aan de bestrijding van het broeikaseffect dan duurzame energiebronnen. Dat ze tóch een bijdrage leveren, komt door hun hoge rendement: per eenheid opgewekte energie geven ze mínder uitstoot van kooldioxide dan de concurrenten. Kortom: brandstofcellen worden ingezet als middel om fossiele brandstoffen schoon te gebruiken, met alle voordelen van het benutten van de voorraad fossiele brandstoffen én een schone omzetting; maar tevens met het nadeel van een bijdrage aan het broeikaseffect, dat inherent is aan het gebruik van fossiele brandstoffen.

Wanneer Pim Pietersz op een goede dag in 1980 de kamer van Peter Campen bij het Ministerie van Economische Zaken binnenstapt, hoeft hun gesprek niet lang te duren. "Hij had aan een paar woorden genoeg", zegt Pietersz jaren later. Het onderwerp is brandstofcellen. Pietersz heeft gegrasduind in de literatuur van het energie-onderzoek en is op de brandstofcel gestoten. Het lijkt zo voor de hand te liggen dat Nederland, met zijn aardgasbel, aan brandstofcellen zou werken; maar het onderzoek in Nederland is al jaren geleden afgesloten. Er is nog maar weinig belangstelling voor het werk van de drie laatst overgebleven hoogleraren in de elektrochemie, J.A.A. Ketelaar in Amsterdam, G.H.J. Broers in Utrecht, en E. Barendrecht in Eindhoven. De steun aan hun onderzoek naar brandstofcellen is door TNO in 1969 stopgezet, omdat de industrie er geen belangstelling meer voor had. Maar in onderzoeksringen wordt heel positief gedacht over de potenties van de brandstofcel. Zou EZ er geen geld in moeten steken?

Pietersz en Campen werken bij het Directoraat-Generaal voor de Energievoorziening (DGE). Pim Pietersz is, na een verleden bij Shell en de LSEO (waarover verder) bij EZ komen werken om het energie-onderzoek

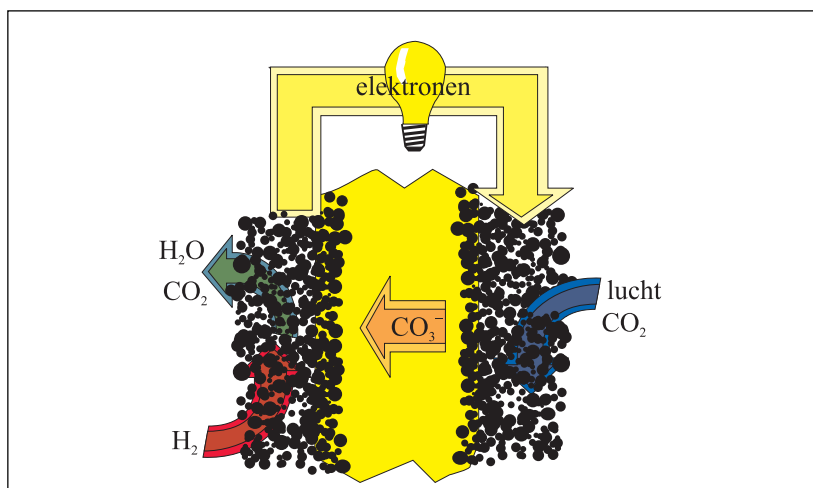
op poten te zetten, waarin EZ groot wil investeren. Peter Campen is plaatsvervangend Directeur-Generaal, en werkt als zodanig nauw samen met de DG, M.J. Tieleman. “De taakverdeling tussen Campen en Tieleman was heel eenvoudig”, vertelt Pietersz. “Tieleman deed het bestuurlijke werk en liet alles wat techniek was over aan Campen. Hij en ik waren toen zo ongeveer de enige ingenieurs bij DGE. Dus toen ik Campen had overtuigd, stond niets een commitment aan brandstofcellen meer in de weg.”

Dat wil zeggen: eerst moet het overlegcircuit rond DGE het er nog mee eens zijn. In een paar jaar tijd is er rond het nieuwe en belangrijke thema energie een heel woud aan organen ontstaan, die elkaar half concurreren en half met elkaar samenwerken. Er is de tijdelijke Landelijke Stuurgroep Energie Onderzoek (LSEO); deze rapporteert aan O&W in het kader van het wetenschapsbeleid. EZ heeft daar de Raad voor het Energie Onderzoek (REO) tegenover gesteld. Ook heeft EZ de Industriële Raad voor Energie en Milieu (IREM) opgericht, bedoeld voor het

Werkingsprincipe van de gesmolten-carbonaatcel

In de poreuze ‘lucht’-elektrode, de kathode, kunnen zuurstof en koolzuurgas de dichte elektrolyt bereiken die (dubbel-negatieve) CO_3^- -ionen transporteert naar de poreuze ‘brandstof’-elektrode, de anode, waar de redox-reactie wordt gecompliceerd:

$2\text{H}_2 + \text{O}_2$ reageert tot $2\text{H}_2\text{O} + \text{energie}$ (stroom en warmte).



adviseren over de commercialisatie van nieuwe energietechnologieën; en verder de Nederlandse Energie Ontwikkelings Maatschappij (NEOM), die deze commercialisatie met geld van EZ moet ondersteunen. Onder leiding van EZ zijn er ook twee bureaus opgericht voor de projectmatige begeleiding van energie-onderzoek: het Bureau Energie Onderzoeks Projecten (BEOP) en het Project Bureau Energieonderzoek (PBE). Spoedig zal het grootste deel van deze organen samenvloeien. Eerst vormen BEOP en PBE samen het Projectbureau Energie Onderzoeksprojecten (PEO), en kort daarop gaat PEO samen met NEOM tot de Nederlandse Organisatie voor Energie en Milieu (Novem), terwijl de adviserende taken worden overgeheveld naar de Algemene Energie Raad (AER).

De hordes in het overlegcircuit worden echter snel genomen. EZ wil ergens geld in steken en in het veld zegt men daar geen neen tegen. In 1984 verruilt Pim Pietersz zijn plek bij EZ voor het directeurschap van de nieuw opgerichte Stichting PEO (Projectbeheerbureau Energieonderzoek), waarin BEOP en PBE samenvloeien; en in deze positie is hij nog beter in staat om leiding te geven aan de inspanningen voor de ontwikkeling van brandstofcellen.

Met de kennis van 2000 ligt het voor de hand, kritische vragen te stellen bij deze inspanningen. Wij weten nu dat alléén aan de ontwikkeling van de Molten Carbonate Fuel Cell (MCFC) honderdvijfendertig miljoen Nederlands overheidsgeld is uitgegeven, terwijl dat niet heeft geleid tot het op de markt brengen van een commerciële versie. Is dat geld wel goed besteed? Wat heeft Nederland eraan overgehouden? Had hetzelfde resultaat niet kunnen worden bereikt met een aanzienlijk kleinere inspanning?

In de loop van dit relaas zullen nog meer vragen naarboven komen. Hebben beleidsmakers de informatie uit de wetenschappelijke wereld wel kritisch genoeg bekeken? Heeft men niet te snel geloof gehecht aan positieve verhalen van mensen met belang bij onderzoeksgeld? Heeft men zich wel genoeg ingespannen om de industrie te betrekken bij de brandstofcel-ontwikkeling, en heeft men niet te veel geld besteed in fases waarbij de industrie niet betrokken was? Is het wel te verantwoorden dat tot tweemaal toe een grootscheepse poging is gedaan tot commercialisatie van een MCFC-ontwerp? En anderzijds: was het wel verantwoord om het programma te stoppen op het moment waarop dat uiteindelijk is gebeurd? Om deze vragen in perspectief te plaatsen, moeten we het proces van technologische ontwikkeling nader bezien.

Veel ondernemingen en landen hebben hun rijkdom te danken aan hun technologische potentie. Deze potentie bestaat uit de mate waarin de onderneming of het land beschikt over nieuwe technologieën, die een voor-sprong geven op de concurrentie. Onderzoek en ontwikkeling (op natuur-wetenschappelijk gebied) zijn daarom van groot belang voor de toekomstige positie van vele ondernemingen. Datzelfde geldt ook voor nationale economieën. Stimulering van onderzoek en ontwikkeling be-hoort dan ook al zeker een halve eeuw tot het vaste instrumentarium van economisch beleid.

In onderzoek en ontwikkeling wordt een aantal in elkaar overlopende fasen onderscheiden. Het *zuiver wetenschappelijk onderzoek* heeft be-trekking op vergroting van de kennis van natuurwetenschappelijke pro-cessen, zonder dat daar een concrete toepassing mee verbonden is. Het economisch belang van dit onderzoek ligt vooral in het feit *dat* het plaats vindt. In dit stadium heeft het weinig zin om te sturen op economische perspectieven, al was het alleen maar omdat de toepassingsmogelijkheden vaak buiten het gezichtsveld van het moment liggen. Zo is de computer oorspronkelijk alleen als rekenapparaat ontwikkeld, en lag het bij de ont-dekking van de laser in het geheel niet voor de hand om te denken aan een toepassing in een CD-speler. Wanneer zo'n toepassing wordt bedacht, en men meer gericht gaat zoeken naar vergroting van de wetenschappelijke kennis, spreken wij van *toegepast wetenschappelijk onderzoek*. Het werk aan brandstofcellen in de beschreven periode (1980-2000) valt in deze laatste categorie.

Bij de *ontwikkeling* van nieuwe technologieën gaat het om het ontdek-ken van concrete en betaalbare toepassingen. Men zoekt met andere woor-den naar een apparaat waarin deze technologie voor een concrete toepas-sing wordt gebruikt. In deze fase komt het erop aan iets te maken dat enerzijds aan industriële standaarden voldoet (bijv. in serieproductie ge-maakt kan worden), terwijl anderzijds de nieuwe technologie daarin ade-quaat wordt toegepast.

De ontwikkeling van een nieuwe technologie wordt vaak afgesloten met een veldtest. Hierbij beproeft men een werkend apparaat onder praktijkomstandigheden, zonder dat nog is voldaan aan de economische voorwaarden om zo'n apparaat in productie te nemen. Ook ontwikkeling is een categorie waarin een deel van het werk aan de brandstofcel is ge-vallen. Onderzoek en ontwikkeling (O&O) worden ook wel aangeduid met hun Engelse namen: research and development (R&D).

Demonstratie van de nieuwe technologie is de volgende stap. Er is een werkend apparaat gemaakt, en nu wil men weten of het in de praktijk voldoet aan de gestelde eisen. Is het te fabriceren? Kan het apparaat werken onder wisselende omstandigheden? Voldoet het voor verschillende klanten? Wat zijn de kinderziekten en hoe kunnen deze worden verholpen? Kan het apparaat worden gemaakt voor de prijs die de afnemers ervoor willen betalen?

Marktintroductie is de laatste stap. De afnemers moeten er nu daadwerkelijk van worden overtuigd dat het nieuwe apparaat nuttig is voor hen. In deze fase moet men voornamelijk niet-technische problemen overwinnen.

De hoeveelheid geld en menskracht die in technologische ontwikkeling moet worden gestoken, verschilt sterk per fase. Voor zuiver wetenschappelijk onderzoek is naar verhouding weinig geld nodig – maar anderzijds is de bereidheid om geld voor dit doel uit te geven niet zo groot, gegeven het gebrek aan direct economisch belang. Vervolgens groeit de vereiste inzet van mensen en middelen sterk; deze bereikt een piek in de fasen van ontwikkeling en demonstratie. Ook in de fase van marktintroductie is soms nog een grote inspanning nodig (afhankelijk van de markt waarin men werkt). Daarna gaat het geld besteed aan de verdere ontwikkeling van de technologie op in de normale verlies- en winstrekening van de onderneming.

Het hele proces, van onderzoek tot marktintroductie, brengt risico's met zich mee. In elke fase kan het afbreken. Veelbelovend fundamenteel onderzoek kan leiden tot niets in de fase van toegepast onderzoek, omdat apparaten niet blijken te werken. Uitstekende research kan leiden tot nul ontwikkeling, namelijk als de technologie te duur blijkt te zijn. Een mooi apparaat kan plat vallen in de markt, omdat de klanten andere wensen of behoeften hebben.

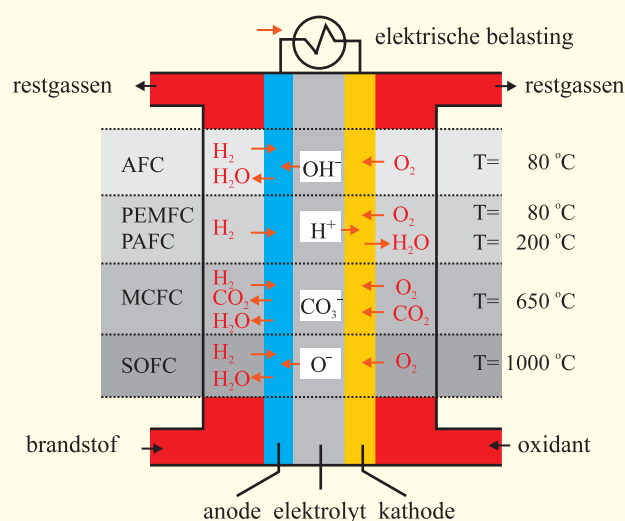
Toch raken overheden aan het eind van de twintigste eeuw meer en meer betrokken bij alle fasen van dit proces. Dit wordt aan de éne kant gestuurd door de steeds grotere sommen geld die voor technologische ontwikkeling nodig zijn. Veel bedrijven zijn niet in staat om het gehele proces van de ontwikkeling van een nieuwe technologie te financieren. Hun beroep op geld van overheden wordt in principe positief beoordeeld omdat deze daarin de mogelijkheid zien, hun nationale economie te stimuleren. Het betreft hier dus overwegingen van industriepolitiek. Binnen Europa krijgt het bevorderen van technologische ontwikkeling een extra impuls, doordat dit binnen de mededingingsregels van de Europese Unie één van de weinige geoorloofde middelen is om de nationale industrie te ondersteunen.

De brandstofcel

In een brandstofcel stroomt een ‘brandstof’ (meestal waterstof) langs een elektrode van een reactief poreus metaal (de anode); deze brandstof reageert met zuurstof (meestal uit de lucht) die langs de andere elektrode (de kathode) stroomt. Beide elektroden zijn gescheiden door een vaste stof, pasta of vloeistof die elektrische stroom geleidt door middel van ionen (de elektrolyt). Onder deze omstandigheden ontstaat tussen de elektroden een elektrische spanning. Deze kan worden omgezet in wisselspanning en in deze vorm in het elektriciteitsnet worden gevoerd. Of er wordt een elektromotor mee gevoed, die een auto aandrijft. Of de elektriciteit én de vrijkomende warmte worden direct nuttig gebruikt: in een warmte/kracht-installatie in een fabriek, een gebouw (bijvoorbeeld een ziekenhuis) of een huishouden. De brandstofcel kan worden beschouwd als een batterij of accu, waarvan de reagerende stoffen voortdurend van buiten worden aangevoerd.

Er zijn veel verschillende soorten brandstofcellen (zie tabel bladzijden 12 en 13). Ze verschillen vooral van elkaar in de elektrolyt, die tevens de werkingstemperatuur bepaalt. Brandstofcellen worden dan ook genoemd naar hun elektrolyt. Daarnaast worden ze aangeduid met een afkorting, afgeleid van de Engelse naam. Zo heet de brandstofcel waarvan wij de wederwaardigheden in dit boek vooral zullen volgen, de ‘gesmolten-carbonaat-brandstofcel’, omdat de elektrolyt bestaat uit gesmolten kalium- en lithiumcarbonaat. In het Engels is dat ‘molten carbonate fuel cell’, afgekort MCFC. Er zijn brandstofcellen met een vloeibare elektrolyt: een loogoplossing (AFC), of fosforzuur (PAFC). Brandstofcellen met een vaste elektrolyt bevatten zirconiumoxide (SOFC) of een vast polymeer (PEMFC, ook wel bekend onder de afkortingen PEM, PEFC en SPFC).

Voor elke soort brandstofcel geldt een verschillende optimale werkingstemperatuur. Deze wordt ook vermeld in de tabel. Andere kenmerken hangen samen met de aard van elektrolyt en werkingstemperatuur. Naarmate de temperatuur hoger is en de elektrolyt agressiever, moeten meer speciale materialen worden gebruikt in membraan, separatorplaten, reactievat en leidingen, om corrosie te voorkomen. Verder zijn doorgaans speciale materialen nodig als katalysator (om



Belangrijkste brandstofceltypen

Het elektrochemisch proces verschilt per celtype. De naam van de cel is gebaseerd op de grondstof/eigenschappen van de elektrolyt.

de reactie te vergemakkelijken). Bij lage temperaturen gebruikt men vaak platina of een legering daarmee. De werking van katalysatoren gaat veelal snel achteruit onder invloed van verontreinigingen in de reagerende gassen; dit gaat sneller naarmate de werkingstemperatuur lager is. Bij de ontwikkeling van brandstofcellen met een lage werkingstemperatuur gaat daarom veel aandacht uit naar het voorkómen van vervuiling van de katalysatoren.

Een brandstofcel gebruikt waterstof. En de brandstofcel wordt beschouwd als middel om *aardgas* te gebruiken. Hoe is dat verband? Het is mogelijk aardgas in waterstof om te zetten. Juist in de jaren '70 en '80 wordt het procédé ontwikkeld waarlangs dit op industriële schaal kan plaatsvinden (de zogenaamde reforming). Zodoende kan de brandstofcel toch worden gebruikt om aardgas te benutten. In de jaren '90 wordt een proces ontwikkeld waarbij aardgas direct in de brandstofcel zelf wordt omgezet in waterstof.

Overzicht brandstofcellen Stand van zaken 2001

	AFC	DMFC	PEMFC (SPFC)
ENGELSE NAAM	Alkaline Fuel Cell	Direct Methanol Fuel Cell	Proton Exchange Membrane Fuel Cell Solid Polymer Fuel Cell
NEDERLANDSE NAAM	Alkalische brandstofcel	Directe methanol brandstofcel	Vast-polymeer-brandstofcel
ELEKTROLYT	Kaliloog	Vast proton geleidend polymeer	Vast proton-geleidend polymeer
WERKINGS-TEMPERATUUR	80°C	60–130°C	80°C
PRAKTISCH TOEPASBAAR VERMOGEN	Tot 10 kW	Enkele watts tot 100 kW	Tot 1000 kW Misschien meer
MOGELIJKE TOEPASSINGEN	Draagbare toepassingen Ruimtevaart	Draagbare toepassingen Transport	Draagbare toepassingen Transport Huishouden (el.+ warmte) Mogelijk ook: ziekenhuizen, kantoren, fabrieken
VOORDELEN	Onduidelijk t.o.v. SPFC	Vloeibare brandstof Compact	Compact
NADELEN	Afhankelijk van zuivere waterstof en zuurstof Zeer gevoelig voor CO ₂ -lucht (oxidant)	Laag rendement	Zeer gevoelig voor CO-verontreiniging Complexe fuel processing bij koolstof-houdende brandstof
BESTEDE NEDERLANDSE OVERHEIDSMIDDELEN SINDS 1985	–	–	23 miljoen gulden

PAFC	MCFC	SOFC
Phosphoric Acid Fuel Cell	Molten Carbonate Fuel Cell	Solid Oxide Fuel Cell
Fosfuzure brandstofcel	Gesmolten-carbonaat-brandstofcel	Vast-oxide-brandstofcel
Fosforzuur	Kalium- en lithium-carbonaat	Zircoonoxide
200°C	650°C	700–1000°C
Tot 10.000 kW	50–100.000 kW	1–100.000 kW
Ziekenhuizen, kantoren, fabrieken e.d. (el.+ warmte)	Ziekenhuizen, kantoren, fabrieken e.d. (el. + warmte) Openbare elektriciteitsvoorziening In combinatie met biomassa- of kolenvergasser	Individuele huizen Ziekenhuizen, kantoren, fabrieken e.d. (el.+ warmte) Openbare elektriciteitsvoorziening In combinatie met biomassa- of kolenvergassing
Minder CO-gevoelig dan SPFC	Tolerantie voor CO, toepasbaarheid synthesesgas Hoge-temperatuur-proceswarmte	Combinatie met gasturbine Hoge-temperatuur-proceswarmte
Kostprijs	Kostprijs Start-stop gedrag Cel-degradatie	Start/stop-gedrag
4 miljoen gulden	136 miljoen gulden	37 miljoen gulden

Een ander motief voor de overheid om bepaalde technologieën te stimuleren, ligt in het belang van deze technologie voor het beleid. Op het gebied van energie stelt de overheid (DGE) zich sinds circa 1980 beleidsdoelen waarvan het welslagen afhankelijk is van de doorbraak van nieuwe technologieën. Het gaat hier om energiebesparing, toepassing van duurzame bronnen, en schoner gebruik van brandstoffen. De industrie is niet altijd bereid de onderzoeksmiddelen in te zetten voor juist deze doeleinden. Dat betekent dat de overheid een stimulans moet geven in deze richting, door geld te steken in de ontwikkeling van zo'n nieuwe technologie.

Ook achteraf beschouwd, met de kennis van 2000, is de keuze die in de jaren '80 voor stimulering van de brandstofcel is gemaakt voor de hand liggend. De brandstofcel past immers met gemak in twee van de drie zojuist genoemde speerpunten van energiebeleid. De brandstofcel is energiebesparend, omdat de omzetting van brandstoffen hierin met hoog rendement plaatsvindt, en de brandstofcel is schoon, omdat er geen stikstofoxiden worden geproduceerd. Daar komt het belang van de nuttige aanwending van de aardgasbel nog bij, wat in de jaren '80 een belangrijk thema van publiek debat vormde.

Tegen deze achtergrond kunnen we de eerder genoemde vragen uitwerken. Is de fase waarin de ontwikkeling van de brandstofcel zich bevond steeds goed ingeschat door DGE (of de organen die namens DGE optraden: PEO en Novem)? Waren de toegekende geldstromen en andere ingezette beleidsmiddelen adequaat voor het bereiken van de gestelde doeleinden? En waren DGE en andere partners bereid om de risico's te dragen die met technologische ontwikkeling samenhangen?

Met deze vragen in het achterhoofd zullen wij ons nu wenden tot de geschiedenis van de brandstofcel in Nederland vanaf het besluit van DGE om de ontwikkeling van deze technologie te stimuleren. We zullen daartoe alle fasen van deze bewogen historie nalopen: de verkennende fase, die loopt tot 1986 en uitmondt in de beslissing, de MCFC te gaan ontwikkelen; het begin van het werk aan de MCFC en het zoeken naar industriële partners (1987-1991); de eerste poging tot ontwikkeling van een toepasbare MCFC (1992-1993); het afblazen van dit project en het in stand houden van het onderzoek (1994-1995); de tweede poging en het afblazen van ook dit project (1996-1998); en het naspel (1999-2000). Ook het werk aan de overige soorten brandstofcellen en de huidige positie van Nederland in de wereld van de brandstofceltechnologie zullen de revue passeren. Tot slot zal worden geprobeerd antwoorden te formuleren op de gestelde vragen.

2

DE SPELERS KOMEN OP

DE AMERIKANEN EN JAPANNERS liggen een straatlengte op ons voor! Dat is de boodschap van drie artikelen over brandstofcellen die begin 1980 in de Nederlandse vakpers verschijnen. Achtereenvolgens in het Chemisch Weekblad, Elektrotechniek en De Ingenieur wordt geschreven over brandstofcelonderzoek; en in alle drie wordt melding gemaakt van de ongelooflijke ontwikkeling in de Verenigde Staten. Daar heeft het nutsbedrijf Consolidated Edison voor Manhattan een brandstofcelcentrale besteld van maar liefst bijna vijf megawatt, ofwel vijfduizend kilowatt.

Manhattan! Het centrum van de wereldeconomie! En vijf megawatt! Groot genoeg voor de elektriciteitsvoorziening van zo'n zesduizend huishoudens! En dat terwijl men in Europa op dit gebied nog *niets* heeft, nauwelijks een paar proefopstellingen op laboratoriumschaal! Een duidelijker beeld van de technologische superioriteit van de Amerikanen kan nauwelijks worden gegeven!

En dan: de Amerikanen én de Japanners! Die combinatie werkt direct in op de minderwaardigheidsgevoelens die in Europa in die tijd heersen. De 'Oude Wereld' voelt zich aan alle kanten gepasseerd door deze twee 'economische supermachten'. Het boek van de Fransman Jean-Jacques Servan-Schreiber, 'De Amerikaanse uitdaging', geeft de Europese houding tegenover de Amerikanen goed weer. Amerika heeft technologisch de leiding genomen en Europa moet zich daartegen wapenen, en zich in de concurrentie omhoog vechten, om niet helemaal overklast te worden. Dat boek is op dat moment al zo'n vijftien jaar oud; maar de geest ervan is nog levend en wordt zelfs versterkt wanneer ook de Japanse uitdaging aan de orde komt. Japanse auto's, zakrekenmachines, en radio- en TV-toestellen overspoelen de Europese markten.

Brandstofcellen voor flexibele elektriciteitsopwekking

Nadat er de laatste tien jaar relatief weinig onderzoek is gedaan op het gebied van brandstofcellen zijn de laatste tijd weer nieuwe ontwikkelingen gaande. In Nederland bijvoorbeeld is, nadat het C-TI-TNO te Amsterdam en Delft in 1969 om financiële redenen is bevestigd, het onderzoek naar de ontwikkeling van brandstofcellen (temperatuur) ten behoeve van het onder-



de rij brandstofcellen, wa-
an. Het vermogen ervan



M. Alfenaar
DSM, Centraal Laboratorium,
Geleen.

brandstofcellen als krachtbron voor tractie*

In dit artikel zal kort worden ingegaan op de v
bouw van brandstofcelbatterijen (BCB), de tec
consequenties van de toepassing van BCB's, in
combinatie met secundaire batterijen, vooral in
stadbus en een verdergaande technisch-econ
evaluatie van deze toepassingen tegenover alte
systemen, thans en in de toekomst.

inleiding

De grote voordelen van elektrische tractie, vooral in het stadsverkeer, mogen door de verschillende publikaties op dit gebied bekend verondersteld worden. Echter de toepassing van secundaire batterijen brengt tengevolge van de geringe energiedichtheid van deze batterijen een aantal bezwaren mee met nomische



W. Visscher en E. Barendrecht

De brandstofcel als generator van elektrische energie

Het brandstofcelonderzoek kent zijn ups and downs. Aan het einde der zestiger jaren (vóór de uitspraken van de Club van Rome en vóór de energiecrisis) werd het concept als weinig opportuun meer beschouwd, reden waarom toen alle bestaande kennis haastig werd bijgeschreven in een aantal - waaronder zeer goede - handboeken (3, 4, 5). Nu, na de energiecrisis laat het zich aanzien, dat het brandstofcelconcept zich een blijvende plaats heeft weten te veroveren; waarmee niet gezegd is dat alle voorgestelde uitvoeringsvormen van gelijke importantie zijn: methanol-oxydatie levert nog vele problemen op, hydrazine is te duur. Op dit ogenblik vraagt een verdere bestudering van de waterstof-zuurstofbrandstofcel bij lage tot middelhoge temperaturen, alsmede van de gesmolten carbonaatcel, alle aandacht.

Brandstofcel en batterij zijn beide galvanische stroombronnen, dat wil zeggen systemen waarin chemische energie in elektrische energie wordt omgezet. De brandstofcel verschilt van de batterij hierin dat bij ontlading een batterij na enige tijd 'leeg' is, omdat de in de platen opgeslagen actieve massa geheel

toegepast (General Electric). Heden ten dage vindt echter type d de meeste toepassing, omdat de hydrofobe teflonlaag doorslag van gas verhindert en de hydrofiele laag (katalysator - bijv. Pt op koolpoeder - vermengd met teflonpoeder, etc.) het driefasengrensvlak genereert en in stand houdt. In figuur 2 is

* Lucht
Uitlaat
zeibae
ursvnr

En nog een factor: de tweede oliecrisis. Opnieuw is Europa lamgelegd geweest door een olieboycot, en ditmaal zijn de gevolgen ernstiger dan bij de eerste crisis. De voosheid van de sinds 1973 genomen maatregelen is duidelijk gebleken; er moet écht werk gemaakt worden van energie; energie wordt met stip ervaren als het belangrijkste maatschappelijke probleem. En bovendien zet een heuse recessie in, gaande gemaakt door de hoge olieprijsen.

Alle ingrediënten zijn dus aanwezig om de ontwikkeling van brandstofcellen als een echte 'uitdaging' op te pakken. Dat het allemaal met een sisser af gaat lopen, kan men op dat moment nog niet weten. Bijvoorbeeld niet dat de olieprijsen in 1985/86 voor vele jaren zullen instorten. Bijvoorbeeld niet dat de centrale van vijf megawatt in New York nooit stroom zal leveren (onder meer ligt de brandweer van New York op het laatste moment dwars tegen wat zij zien als een 'raffinaderij' midden in Manhattan; en dit is het begin van een reeks bizarre gebeurtenissen die zóveel uitstel met zich meebrengt, dat de centrale helemaal niet meer werkt wanneer hij in 1983 eindelijk stroom mag gaan leveren).

Wat men wél weet, maar waar in het enthousiasme van het moment weinig aandacht aan wordt besteed, is dat de brandstofceltechnologie razend moeilijk is. Wie ooit een oude en verroeste batterij heeft gezien, kan zich een voorstelling maken van de problemen waarmee ontwikkelaars te maken krijgen, die deze processen op een miljoen keer zo grote schaal onder de knie proberen te krijgen. In brandstofcellen treden de meest bizarre en ongewenste reacties op: elektroden die mee reageren en oplossen in de elektrolyt, omhullingen en pakkingen die razendsnel achteruitgaan door corrosie (roest), vergiftiging van katalysatoren door reactieproducten enzovoort. Het onderzoek naar brandstofcellen is een jarenlange worsteling om de fundamentele processen in zulke cellen te doorgronden. De historie van hun ontwikkeling wordt gekenmerkt door een aaneenschakeling van teleurstellingen en zeer langzame voortgang. Er haken partijen af, nieuwe treden toe, altijd met nieuwe hoop, maar vrijwel allemaal moeten ook zij hun portie teleurstellingen incasseren.

Die moeilijkheid van de technologie is ook een van de redenen waarom juist de Amerikanen en Japanners er in 1980 mee bezig zijn. Het zwaartepunt van het brandstofcelonderzoek had in de jaren '50 en '60 in Europa

De vaderlandse vakpers meldt in 1980 dat Nederland op het nieuwe, veelbelovende gebied van brandstofcellen bezig was de boot te missen.

gelegen, met name ook in Nederland. Dit onderzoek was steeds weer gestuit op grote fundamentele problemen, zodat een commerciële toepassing nooit ook maar in zicht was gekomen. De enige echte toepassing was die in de (Amerikaanse) ruimtevaart geweest, waar brandstofcellen de Apollo-astronauten niet alleen van energie maar ook van water hadden voorzien; maar deze cellen waren ongeveer vijfhonderd keer zo duur geweest als nodig voor commerciële toepassing. (Wie daarover, en over de rest van de hier beschreven gebeurtenissen, meer wil weten, kan onder meer te rade gaan bij het proefschrift van Gerrit Jan Schaeffer: *Fuel Cells for the Future*. Het feitenmateriaal van dit boek is voor een deel gehaald uit Schaeffers proefschrift).

Gegeven het gebrek aan resultaat of zelfs maar uitzicht daarop, had het ene na het andere Europese land in de jaren '60 en '70 besloten, het onderzoek naar brandstofcellen stop te zetten. In Nederland was veel werk verricht, met name aan de MCFC, door G.H.J. Broers. Broers is de geestelijke vader van de huidige MCFC: de fundamentele processen in deze brandstofcel zijn door hem doorgrond. Hij promoveerde in 1958 bij J.A.A. Ketelaar aan de Universiteit van Amsterdam, en zijn proefschrift veroorzaakte in die tijd wereldwijd een opleving van het brandstofcel-onderzoek.

Maar in het vervolg werd slechts moeizaam voortgang geboekt. Broers werd hoogleraar in Utrecht en verrichtte daar onderzoek dat door TNO werd gefinancierd, eerst samen met het Amerikaanse leger, later samen met Philips, Koninklijke Zout (nu: AKZO-Nobel) en DSM. In een intern TNO-rapport uit 1969 concludeert Broers mismoedig: "dat de carbonaatcel ... het enige type brandstofcel is dat ... tot praktisch aanvaardbare resultaten komt. De zeer moeilijke technologie vergt echter naar mijn schatting een intensief onderzoek, dat eerder nog tien dan vijf jaar zou kunnen duren en waarvoor in Nederland geen financieringsbasis te vinden lijkt." Hij had gelijk: toen de voormalige financiers geen brood meer zagen in dit lange-termijnonderzoek, en ook Gasunie niet geïnteresseerd kon worden, stopte TNO in 1969 met het in stand houden van de patenten.

Ook in de VS daalde in die tijd de financiering voor brandstofcel-onderzoek, maar door twee factoren bleef het nog op redelijk niveau voortbestaan. De eerste was opnieuw toepassing in de ruimtevaart. De VS bereidden de space shuttle voor, en ook hierin werd plaats ingeruimd voor brandstofcellen. De tweede factor was de strijd tussen gas- en elektriciteitsbedrijven. Elektriciteitsbedrijven hadden veel werk gemaakt

van het propageren van een 'all-electric society', gebaseerd op onder andere kernenergie; gasbedrijven waren begonnen aan een tegenoffensief en wilden de richting op van een 'all-gas home', waarin een hoofdrol was weggelegd voor... brandstofcellen. NASA en gasbedrijven betaalden zodoende samen het merendeel van het brandstofcelonderzoek in de VS in het begin van de jaren '70.

De oliecrisis van 1973 maakte in de VS zo mogelijk nog meer indruk dan in Europa. De Verenigde Staten, wereldmacht nummer één, waren uitgedaagd door de OPEC-landen. Alle mogelijkheden die er waren om aan nieuwe boycots het hoofd te bieden werden uit de kast gehaald om onderzocht te worden; daaronder ook brandstofcellen. Zo kwam het dat aan het eind van de jaren '70 in de VS weer een groot brandstofcel-programma bestond.

Japan had vóór de oliecrisis van 1973 vrijwel geen kennis op dit gebied. Meer dan enig ander industrieland was Japan afhankelijk van olie-import, waardoor het de gevolgen van de prijsstijgingen het sterkst ondervond. Daarom werd hier na 1973 het sein gegeven voor een grootscheeps onderzoekprogramma naar alle besparende energie-technologieën, waaronder ook brandstofcellen.

Zo ligt dus de situatie wanneer in 1980 de spraakmakende energie-gemeenschap in Nederland ontdekt dat men een straatlengte achter ligt bij de Amerikanen en Japanners. Pietersz begint aan een ronde langs Nederlandse wetenschappers en ontdekt dat het onderzoek ruim tien jaar geleden is stopgezet. In deze kring ontmoet hij overal enthousiasme voor het idee dit onderzoek opnieuw op te pakken met het doel een eigen Nederlandse brandstofcel te ontwikkelen.

Eén van zijn gesprekspartners is Embrecht Barendrecht, hoogleraar in de elektrochemie in Eindhoven. Barendrecht begint een campagne om brandstofcellen weer meer in de aandacht te brengen. Dat gaat niet vanzelf. In een studie uit 1981 over technologieën voor elektriciteits-opwekking, opgesteld door Tebodin op verzoek van EZ, worden brandstofcellen nog als te duur betiteld. Begin 1983 worden in een NEOM-rapport gunstiger cijfers genoemd, afkomstig uit Amerikaanse publicaties. Dit leidt uiteindelijk tot een 'expert meeting' in mei 1983, waar universiteiten, bedrijfsleven en EZ vertegenwoordigd zijn. Pietersz stelt voor deze bijeenkomst een discussiestuk op, onder meer gebaseerd op het NEOM-rapport.

Het resultaat van deze bijeenkomst is de instelling van een Werkgroep Brandstofcellen, kortweg WGBC, onder voorzitterschap van Barendrecht. Verder zitten in deze werkgroep M. Alfenaar namens DSM, J.W.M. van Rijnsoever voor Gasunie, G.K. Troost namens VMF-Stork, en N. Woudstra van de TU Delft, mede namens prof. J.J.C. van Lier. Vanuit PEO wordt het werk begeleid door Lucas Boreel, en ook NEOM verleent ondersteuning. De commissie wordt eind 1983 geïnstalleerd, en brengt na een werkbezoek aan de VS in maart 1984 een 'Interimrapport' uit. Omdat de keuze van de commissie belangrijk is voor de rest van de historie, staan we er hier wat langer bij stil.

Er zijn op dat moment vijf typen brandstofcellen in beeld. Twee daarvan, de PEMFC en de SOFC worden al in de notitie van EZ terzijde geschoven, omdat hun ontwikkeling nog te veel in het onderzoekstadium is. Er blijven er drie over. Deze worden door de WGBC gerangschikt naar hun mogelijke toepassingen.

Aan de *alkalische brandstofcel* (AFC) wordt gewerkt door DSM met de Belgische partners Bekaert en het Kernenergie Onderzoekcentrum in Mol. Een deel van het werk is ondergebracht in de gezamenlijke dochter Elenco. De commissie vindt dat de AFC in een 'pre-commercieel stadium' verkeert. Toepassingen worden gezien in de militaire sector (voedingsaggregaten voor communicatiesystemen, wellicht pantservoertuigen en onderzeeboten) en verder in auto's.

Toepassing van de *fosforzure brandstofcel* (PAFC) wordt gezien in stadsverwarming, en in dié vormen van industriële warmte/krachtkoppeling, waarbij lage-temperatuurwarmte nodig is. De eenheid die in Manhattan geplaatst zou worden, was een PAFC. De commissie stelt dat deze cellen in de VS en Japan "onder praktijkomstandigheden" beproefd worden, maar dat er daarnaast nog "fundamenteel onderzoek" aan gebeurt, ter verbetering van rendementen en duurzaamheid.

De *gesmolten-carbonaat-brandstofcel* (MCFC) zal volgens de commissie vooral worden toegepast in de openbare elektriciteitsvoorziening, en in dié vormen van industriële warmte/krachtkoppeling waarbij hogetemperatuurwarmte nodig is. En daarover schrijft de commissie: "Vergelijken met de andere twee typen is de ontwikkeling van deze brandstofcel het minst ver gevorderd. Gezien de prille stand van onderzoek en ontwikkeling in zowel de Verenigde Staten als Japan ligt hier nog een groot terrein braak voor de ontplooiing van eigen activiteiten".

De commissie meent dat "ontplooiing van activiteiten alleen dan zin heeft als internationaal een positie kan worden opgebouwd als volwaardig partner". Met het oog daarop wordt een aanzienlijk programma voorgesteld, dat naar schatting 25 miljoen gulden moet omvatten over vijf jaar. Dit bedrag wordt verdeeld over de drie uitverkoren technologieën, waarvan ongeveer de helft naar MCFC.

Op het interimrapport komt veel commentaar, vooral van Ketelaar en van J.R. Selman. Deze laatste, een Nederlander, is verbonden als hoogleeraar aan de Universiteit van Chicago, en wordt gezien als autoriteit op het gebied van brandstofcellen. Beiden beschouwen ondersteuning van de AFC als weggegooid geld, omdat deze al voldoende ontwikkeld is en kan worden beschouwd als een commercieel product. Selman vindt zelfs dat al het geld op de MCFC ingezet moet worden, zodat de schaarse middelen van een klein land tenminste geconcentreerd worden besteed.

Hun gedachten vinden weerklank in het definitieve rapport, 'Advies inzake een Nationaal Onderzoekprogramma Brandstofcellen', dat september 1984 verschijnt. Ondanks verzet van DSM-vertegenwoordiger Alfenaar in de commissie wordt de AFC geschrapt, en het merendeel van het voorgestelde budget (22 van de 30 miljoen) wordt bestemd voor de ontwikkeling van de MCFC.

De reden die de doorslag geeft bij de keuze voor MCFC is al genoemd. Juist omdat de MCFC het minst ver ontwikkeld is van de drie in beschouwing genomen typen, ziet de WGBC hier de meeste kansen voor een Nederlandse inspanning. En de achterliggende reden om volgens de commissie aan brandstofcellen te gaan werken, is natuurlijk gelegen in het hoge rendement, met gunstige vooruitzichten op energiebesparing. Van de brandstofcel wordt verder gezegd dat deze uitstekend regelbaar en milieuvriendelijk is. Verder wordt als voordeel genoemd dat de apparaten modulair zijn opgebouwd, zodat de ontwikkeling naar grotere vermogens zeer geleidelijk kan plaatsvinden.

Het stokje wordt nu overgenomen door de nieuw gevormde Stichting PEO, met Pim Pietersz als directeur. PEO begint met het uitbesteden van de markt- en systeemstudies die de WGBC heeft aanbevolen. De marktstudie wordt uitbesteed aan Haskoning, KTI in Zoetermeer kijkt naar het werktuigbouwkundig ontwerp en naar reforming van brandstoffen, Fluor Nederland doet een systeemstudie. Aan het Amerikaanse adviesbureau GDC, een arm van de Amerikaanse gasbedrijven, wordt opdracht gege-

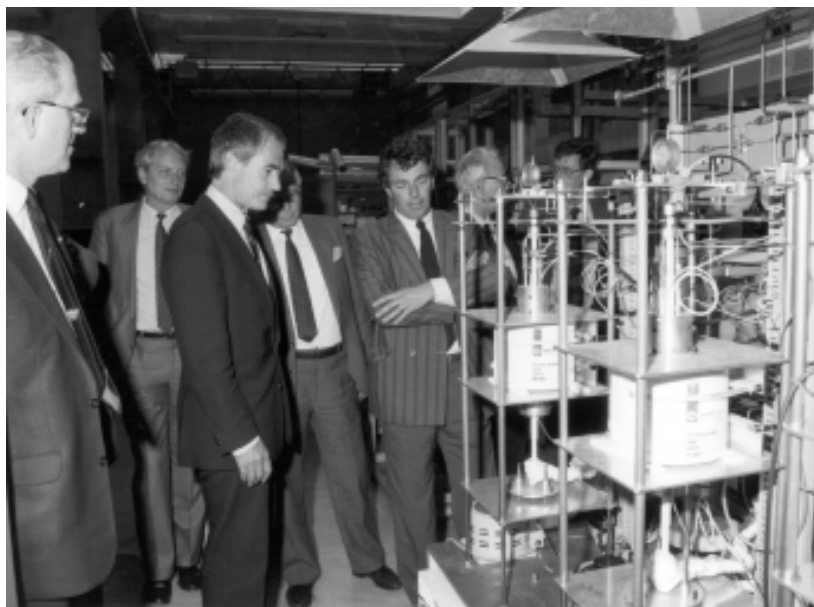
ven voorstellen te ontwikkelen voor een Nederlands nationaal programma voor onderzoek naar brandstofcellen.

De IREM wordt ingeschakeld om advies uit te brengen over de bedrijven en instellingen waarbij het nationaal programma moet worden ondergebracht. Dit leidt echter tot hooglopende onenigheid tussen de twee meest in aanmerking komende instituten: TNO en ECN. Omdat er geen eenvoudige uitweg kan worden gevonden, geeft PEO aan GDC opdracht, óók advies uit te brengen over déze kwestie. Het wordt ECN.

Hein Willems, opvolger van Pietersz bij EZ (en tegenwoordig bij ECN), zelf gepromoveerd op brandstofcellen bij Broers, vat de situatie als volgt samen. “De zwakte van TNO lag in hun arrogante houding; verder hadden zij gebrek aan keramische kennis. ECN was niet gewend om projecten in competitie binnen te halen; verder bezaten ze geen elektrochemische kennis. EZ had een duidelijke voorkeur voor ECN, omdat de basis van het instituut werd bedreigd. Dat bleek eens te meer na het ongeluk in Tsjernobyl in 1986. De infrastructuur was goed bij ECN. De politieke oplossing was MCFC bij ECN onder te brengen en andere typen bij TNO. Dit laatste is overigens doodgebloed.” In 1985 heeft EZ nog steeds een zorgenkind aan ECN, dat zich moest omvormen van reactorcentrum (RCN) tot energie-onderzoekcentrum (ECN). En EZ heeft het geld.

De hooggespannen verwachtingen krijgen echter een geduchte knauw door de resultaten van de Haskoning-marktstudie. Haskoning ziet voor de MCFC slechts toekomst in een beperkt deel van de warmte/krachtmarkt in Nederland; in de rest van Europa worden de perspectieven nog lager ingeschat, omdat de Nederlandse elektriciteitsprijzen op dat moment gunstig (=hoog) zijn voor warmte/kracht, en dus voor de MCFC.

Het idee dat op korte termijn een afzetmarkt voor de MCFC gevonden zal worden, moet worden verlaten. Willems maakt een reis langs Amerikaanse en Japanse bedrijven om een reactie te krijgen op de Nederlandse studies. “We kregen twee soorten reacties. De Amerikanen waren laaiend, want iedere twijfel bracht het werk in gevaar. Ze konden ook andere dingen doen dan wij, want ze hadden andere niche-markten. In New York City betaalde je in de binnenstad vijfenzeventig cent per kilowattuur, dat leidde tot aanzienlijk aantrekkelijker niche-markten dan bij ons. De Japanners zagen daarentegen brandstofcellen als één schone technologie temidden van andere. Bij MITI zei men: wij doen alles wat elders ook wordt gedaan, zodat wij er altijd bij zijn als er winnaars worden ontdekt.”



ECN kreeg, dankzij de kennisoverdracht-overeenkomst met het Amerikaanse IGT, binnen het jaar een negental MCFC-proefopstellingen in bedrijf. Een Haagse delegatie kwam zich daar in juni 1987 van vergewissen.

Op de foto van links naar rechts: Jan Geerlings van EZ, Rob van der Wart, PEO-medewerker, later Novem-adjunctdirecteur, EZ-minister Rudolf de Korte, met de handen over elkaar Jan de Vries van ECN en achter de opstelling Bert van Spiegel, directeur-generaal Wetenschapsbeleid O&W, en Nico van der Kley, technisch adjunctdirecteur ECN.

Er komt per saldo geen duidelijk antwoord op de hamvraag naar de marktkansen, maar de basis onder een industrieel programma is weggeslagen. Het PEO-budget voor brandstofcellen wordt naar beneden gebracht, van 50 naar 10 miljoen over 3 jaar, en de doelstellingen worden meer gesteld in de sfeer van toegepast wetenschappelijk onderzoek. De hoofdmoot van het onderzoek wordt ondergebracht bij ECN. Projectleider voor de MCFC wordt Klaas Joon. Het project wordt ondergebracht in het ECN-programma 'Niet-nucleair', waarvan Nico van der Kley programmaleider is.

Partners in de wetenschappelijke wereld worden gevonden in Hans de Wit en Kas Hemmes van de TU Delft. Barendrecht was graag erbij betrokken geweest, maar het College van Bestuur van de TU Eindhoven

haalt daar een streep doorheen. Barendrecht loopt tegen zijn pensioen en het College van Bestuur wil geen meerjarig commitment op het gebied van elektrochemie – de leerstoel van Barendrecht vervalt later, met zijn emeritaat. Barendrecht (die overlijdt in 1998) wordt overigens wel adviseur van PEO, samen met Ketelaar, Broers en Selman.

Het Amerikaanse adviesbureau GDC adviseert voor de kennisopbouw een licentie-overeenkomst aan te gaan met een andere poot van de Amerikaanse gaswereld, het Institute of Gas Technology (IGT). Ironisch genoeg is de MCFC-kennis van IGT oorspronkelijk afkomstig van het werk van Broers. Toen TNO de patentrechten niet meer in stand hield, was GDC op basis van deze kennis verder gegaan met het ontwikkelen van de MCFC; en deze kennis moet nu door ECN opnieuw worden ingekocht. Willems: “We hadden niet veel keus. Een ander Amerikaans instituut deed voornamelijk PAFC, een derde instelling had geen zin om de technologie over te dragen. De contacten met potentiële Japanse partners gingen moeizaam. Het werd dus IGT.”

Vanwege de veel bescheidener opzet van het programma lijkt een licentie-overeenkomst echter te duur voor de beperkte ambitie en geldmiddelen. Daarom wordt deze in tweeën gesplitst. In 1986 sluit ECN met IGT een ‘Overeenkomst voor ondersteuning en opleiding’ af, waardoor ECN-medewerkers bij IGT kunnen worden ingewerkt. In een tweede overeenkomst wordt een optie genomen op de IGT-patenten, voor het geval een Nederlandse industrie betrokken zal raken bij het Nederlandse MCFC-onderzoek.

De informatie uit IGT is echter beperkter dan gesuggereerd wordt, met name ten aanzien van de werktuigbouwkunde (hoewel de elektrochemie naar ECN-ervaring prima is). Daardoor lopen de Nederlanders al snel tegen een punt op, waarbij de Amerikanen geen kennis meer willen of kunnen overdragen. ECN wordt daardoor gedwongen, een eigen werktuigbouwkundig concept te gaan ontwikkelen. Dit heeft nogal wat financiële consequenties die pas in de loop van de tijd duidelijk zullen worden.

3

DE KAARTEN WORDEN GESCHUD

IN 1986 IS ER EEN RUIM OPGEZET ‘Nationaal Onderzoekprogramma Brandstofcellen’ (NOB), vooral gericht op MCFC-technologie. Het doel is ‘... een brede basiskennis opbouwen op een zodanige wijze dat Nederlandse industriële partijen hierin geïnteresseerd zouden kunnen worden’. Het programma bevat tien miljoen gulden EZ-geld in drie jaar, en met bijdragen uit de EU (Joule) en van ECN (dit laatste ook afkomstig van EZ) in totaal zelfs het dubbele. De bedoeling is dat de ambitieuze opzet van het programma industriële partners zal aantrekken, zodat verbreding tot stand gebracht zal worden. Interesse van de industrie is een eis van EZ en PEO (later Novem) voor een programma op deze schaal.

De gevolgen van deze ambities voor de opzet van het programma zijn groot. Kees van der Klein, bij ECN vanaf 1987 programmaleider van de eenheid waarin brandstofcellen zijn ondergebracht, verwoordt dit als volgt. “Het gevolg was een vlucht voorwaarts: om de industrie te interesseren was een groot programma met commercialisatie-ambities nodig, maar zonder dat er duidelijkheid over de perspectieven was – want die kon pas ontstaan als de industrie daadwerkelijk betrokken zou zijn. Achteraf beschouwd is dit ook één van de redenen waarom we in deze fase zo gemakkelijk over de corrosie-problematiek zijn heen gestapt, die ons later zoveel parten heeft gespeeld. Corrosie (en de daarmee samenhangende lekkage en achteruitgang van de prestaties) was voor ons op dat moment één van de problemen waar we aan moesten werken, en we namen vanwege de geboden haast niet de tijd éérst dit probleem op te lossen – uiteindelijk is dat ons pas in 1998 gelukt”.

Midden 1986 meldt zich Hoogovens (nu Corus) via haar dochter, het ingenieursbureau ESTS (nu HTS). De doelstellingen van het programma worden anders, namelijk van opbouw basiskennis naar industriële ontwikkeling. PEO ziet aanleiding tot een extra kapitaalinjectie, waarmee

het programma versneld kan worden uitgevoerd (Versneld Industrieel Programma, VIP). Het ECN-jaarverslag 1987 meldt over het VIP: “Hiermee streeft Nederland er naar over enkele jaren een positie in te nemen op het gebied van MCFC-technologie, vergelijkbaar met die van Japan en de Verenigde Staten”.

Van der Klein: “Een jaar lang was ik dagelijks bezig met Hoogoven-partners. De onderhandelingen werden gevoerd door Piet Joustra en Arie Kalkman, en Bill Nijs hield op directieniveau voortdurend de vinger aan de pols. Bij PEO waren programmaleider Pieter van Dijkum en adviseur Bernd Brodard betrokken. De bedoeling was een nieuw programma te formuleren.”

Het is een grote teleurstelling, als de voorstellen het niet halen bij de Raad van Bestuur van Hoogovens. Bill Nijs over de redenen daarvan: “Er was sprake van een complex van argumenten. In de eerste plaats was Hoogovens een staalbedrijf, en alles dat direct met de staalproductie ver-

Hoogovens, de staalfabrikant die zijn (waterstofhoudend) kolengas graag zo efficiënt mogelijk ten nutte wilde maken, was aanvankelijk buitengewoon enthousiast voor het brandstofcellenproject. Het concern maakte een eerste ontwerp van een brandstofcellencentrale en bouwde daar een maquette van.



bonden was, had voorrang in de investeringsstrategie. Dat betekende dus ook dat aan alle ontwikkelingen buiten die sector extra eisen werden gesteld in termen van rendement. In dat licht viel de ontwikkeling van MCFC buiten de boot, want de payback-tijd was erg lang.”

“Wij vonden dat wij bij deze beslissing niet over één nacht ijs konden gaan, omdat er ook enkele partijen bij betrokken waren met wie wij goede relaties onderhielden, met name EZ en ECN. Ik zat bijvoorbeeld in het ECN-bestuur, en daar zat ook EZ in. Daarom hebben wij ter onderbouwing van deze beslissing een rapport laten opstellen door Stone & Webster, een groot ingenieursbureau uit Boston. Uit dit uitvoerige rapport bleek ook de lange payback-periode, en bovendien dat er op termijn hoge investeringen vereist zouden zijn om deze optie te realiseren. De lange-termijn-onzekerheid van het ontwikkelingstraject, samen met het ontbreken van voldoende rendement, gaf voor ons de doorslag.”

We schrijven eind 1988. Er is nu een groot programma gaande met industriële ambities, waarbij de industriële partner plotseling wegvalt. Dit is een cruciale fase. Door Hoogovens is het besluit om zich terug te trekken vooral gepresenteerd als een ‘strategische’ beslissing, waardoor de harde economische argumenten voor de buitenwereld niet goed zichtbaar zijn. Er zijn twee opties: terug naar een onderzoeksprogramma óf doorgaan met een industrieel programma, waarbij andere partners gezocht moeten worden.

De hoofdrolspelers, EZ, Novem en ECN, kiezen vol overtuiging voor het laatste. Bij Novem staat nog steeds Pietersz aan het hoofd. Bij EZ en ECN zijn er belangrijke wijzigingen aan de top en in de strategie.

Bij EZ staat sinds eind 1987 Stan Dessens aan het hoofd van DGE. Dessens is een ambitieuze en moderne ambtenaar, die iets wil bereiken en zijn werkzaamheden niet op klassiek-ambtelijke wijze als ‘passen op de winkel’ invult. DGE staat onder druk, want VROM is in opkomst, eerst met Pieter Winsemius en later met Ed Nijpels. Het VN-rapport ‘Our common future’, beter bekend als het Brundtland-rapport, is net uitgekomen. Onder leiding van Nijpels werkt VROM aan het Nationaal Milieubeleidsprogramma (NMP), en daarin worden voor het eerst ook doelstellingen op energiegebied geformuleerd. Deze zijn een gevolg van de erkenning van het broeikaseffect. Om dit effect te bestrijden moet de uitworp van CO₂ worden beperkt. De belangrijkste manier om dit te doen is energiebesparing. VROM dreigt het terrein van DGE te betreden, en daarop moet een antwoord worden gevonden.

Het antwoord van DGE, later gepubliceerd in de Nota Energiebesparing van 1990, is technologie-ontwikkeling. Aan energiebesparing worden ambitieuze doeleinden gesteld, die alleen kunnen worden bewaarheid door ontwikkeling van nieuwe technologie op vele terreinen. Eén zo'n technologie is die van de brandstofcel.

Bij ECN wordt Harry van den Kroonenberg op 1 januari 1989 directeur. Zijn missie is de omvorming van reactorcentrum tot energiecentrum te voltooien en ECN in zijn nieuwe vorm op de kaart te zetten. De ambities van EZ en Novem passen zeer goed in zijn straatje. Onder zijn leiding gaat ECN zich oriënteren op het ontwerp van een "schone en betrouwbare energievoorziening voor de wereld van morgen". Dit project, genaamd ENGINE (ENergy Generation In the Natural Environment) staat in het midden van de ECN-strategie. Een deel van de EZ-basissubsidie aan ECN wordt hiervoor ingezet. En hoewel de MCFC nooit uit ENGINE is betaald, past hij wonderwel in deze visie. ECN, voor de keus geplaatst hoe verder te gaan met de brandstofcel, kiest voor de maximale strategie.

Bij DGE vindt men dat de tijd van het stimuleren aan de zijlijn maar eens afgelopen moet zijn, en dat men zich nu echt moet inzetten voor resultaat. Onder leiding van Dessens en zijn plaatsvervangend DG Rens Knecht worden sessies gehouden om nieuwe industriële partners te vinden. Zo ongeveer iedereen die in aanmerking komt, krijgt een uitnodiging. En de industrie en de nutssector gaan erop in. Niet alleen EZ, ook het bedrijfsleven neemt op hoog niveau aan deze besprekingen deel. Een belangrijke potentiële partner is G.H.B. Verberg, voorganger van Dessens als DG Energie, en nu aan het hoofd van Gasunie. Maar hij haakt af. Evenals Shell. Drie potentiële partners blijven over: Stork, De Schelde, en de Samenwerkende Elektriciteits Productiebedrijven (SEP).

Alles is in 1989 gebaseerd op het optimisme dat de doorbraak in de ontwikkeling van de MCFC nu dichtbij is. Kees van der Klein van ECN zegt daar nu over: "Het optimisme dat het zou lukken baseerden we op de ontwikkelingen in de Verenigde Staten. Daar was inmiddels het bedrijf MC Power gevormd, dat de MCFC technologie van IGT moest commercialiseren. De bedoeling was, dat wij niet meer dan één jaar bij de Amerikanen achterop zouden raken. Pas later ontdekten we hoezeer de Amerikanen zich bij zulke ontwikkelingen gedragen als cowboys: schieten op alles wat je ziet. Ook als een experiment mislukt krijg je van de Amerikanen juichende verhalen te horen: er is zo veel geleerd! Alle programma's moeten onder druk van het Department of Energy (DOE) groot

worden opgezet. Als je mislukkingen meldt wordt de geldkraan dichtgedraaid; en voor ontwikkelingen met een perspectief van langer dan tien jaar heeft DOE geen geld, zodat alle perspectieven binnen deze termijn vallen. Optimisme is verplicht, en vanuit deze optiek zijn Amerikanen heel slecht in het doorgeven van mislukkingen. Totdat het verbloemen niet meer kan – MC Power is in 2000 geliquideerd.”

Maar ECN ontkomt niet aan hetzelfde oordeel. Kees de Koning, die komend vanuit Stork jarenlang leiding heeft gegeven aan het MCFC-onderzoek: “ECN had een veel te rooskleurig beeld, en dat had te maken met hun structuur. In die tijd bestond ECN uit een aantal functionele clubs, die weinig zicht hadden op het werk van de anderen. Al deze clubs keken naar hun eigen deelaspect, en elk deel op zich liep lekker. Er was echter niemand bij ECN die op dat moment kon overzien of al deze aspecten samen een werkbaar geheel opleverden, er was geen totaaloverzicht. Er was veel kennis maar geen overzicht.”

“De opstelling van Kees van der Klein, die leiding gaf aan dit geheel, was teveel halleluja. Hij was er heilig van overtuigd dat het doel niet zo ver meer af lag. Hij was zeer betrokken en intuïtief, maar baseerde zijn oordeel te weinig op feitelijke informatie. Van den Kroonenberg had vergelijkbare karaktereigenschappen en bracht op EZ over dat het allemaal fantastisch was. EZ speelde dit weer door naar de potentiële klanten, die er door hen werden ingezogen. Uiteindelijk ging het allemaal terug op de perceptie van ECN als vooraanstaand research-laboratorium.”

Tenslotte worden er, zoals gezegd, drie partners gevonden. Stork en De Schelde blijken als industriële partij bereid te investeren in ontwikkeling van de MCFC. Maar EZ wil meer: er moet een ‘cluster’ worden gevormd, dat wil zeggen: een samenwerking tussen onderzoekinstelling (ECN), industrie en een ‘launching customer’. Deze laatste wordt gevonden in de elektriciteitswereld. De landelijke bundeling van productiebedrijven SEP blijkt bereid geld te steken in de ontwikkeling van de MCFC. Voor het nog steeds lopende omvangrijke programma komt SEP over de brug met een overbruggingskrediet van 5 miljoen gulden, wel op voorwaarde dat de industriële partners meegaan.

Waarom gaan deze partijen met ECN in zee, terwijl Hoogovens heeft afgehaakt? Bij SEP is in 1988 Niek Ketting algemeen directeur geworden. Ketting heeft een goede neus voor de veranderende tijdgeest en herformuleert de strategie van SEP in de richting van ‘duurzaamheid’. Hierdoor komt SEP beter in lijn met de bijgestelde prioriteiten van DGE.

Ketting (tegenwoordig bij de Commissie voor de Milieu-effectrapportage) over deze fase: “Als richtsnoer voor de strategie stelde ik dat in 2050 50% van de elektriciteitsopwekking op duurzame basis zou moeten plaatsvinden. Zo’n ver verwijderd doel kan natuurlijk niet met precisie worden geformuleerd, maar dient als richtsnoer. De brandstofcel kon daarin een belangrijke factor zijn. Dit hing ook samen met ons plan om in kolenvergassing te investeren. De koppeling met kolenvergassing was voor ons een logische, omdat wij daarin mogelijkheden zagen voor een volstrekt andere opzet van de elektriciteitsvoorziening. Wij zouden kolengas kunnen maken, dat distribueren aan onze afnemers, en er ter plaatse met brandstofcellen elektriciteit van maken. Als er te zijner tijd een waterstof-economie zou ontstaan, zouden brandstofcellen daar perfect in passen.”

“Wij vonden brandstofcellen dus een interessant concept, en EZ ook. Dessens kwam een keer bij me en bepleitte dat wij in het kader van een groepering van belanghebbenden aan brandstofcel-ontwikkeling zouden gaan doen. Hij zei dat het ging om veel geld dat de middelen van EZ te boven ging, en dat EZ bovendien niet trekker kon zijn in deze ontwikkeling vanwege de roep om terugtrekking van de overheid. De betreffende groepering zou moeten bestaan uit financiers, gebruikers en producenten, geheel analoog aan de gang van zaken bij het demonstratieproject kolenvergassing. Deze groepering zou ook de overdracht aan de gebruikers regelen, als de technologie met goed gevolg ontwikkeld zou zijn.”

Met Stork en De Schelde gaat het moeizamer. Kees de Koning: “Bij de start hadden Stork en De Schelde er eigenlijk geen zin in. Waarom zijn zij toch meegegaan? Beide hadden grote belangen bij EZ. Zij waren de grote ketelbouwers van Nederland. In het verleden had dat geleid tot een continue stroom van opdrachten. Bij een vaste groei van het elektriciteitsverbruik was er een constante stroom van bestellingen van nieuwe centrales, die traditioneel verdeeld werd over de twee grote ketelbouwers van het land. In dat beeld was echter grondig verandering gekomen. EZ was veel meer warmte/kracht gaan stimuleren, en dat had de orderportefeuille overhoop gegooit. Stork Ketels en De Schelde liepen voorop in de wereld van warmte/kracht. Vooralsnog was de opdrachtenstroom alleen maar gegroeid. Door het EZ-beleid konden industrieën geld verdienen met warmte/kracht en de vraag nam sterk toe.”

“Maar er was twijfel over de toekomst. De vraag naar grote centrales stond sterk onder druk. Men was zich ervan bewust dat de orderportefeuille

sterk afhankelijk was van het EZ-beleid. Kort daarop kwam dit ook uit: warmte/kracht ging aan zijn eigen succes ten onder, en met het moratorium viel de hele Nederlandse markt plotseling weg, daarmee Stork Ketels en De Schelde in zijn val meeslepend.”

“Vanwege de afhankelijkheid van EZ wilde Aad Veenman, toen verantwoordelijk voor de research bij Stork, hen niet voor het hoofd stoten. Toen EZ dus ‘in het nationale belang’ kwam met een dringend beroep op de ‘grote industrieën van Nederland’ kon men daar niet goed neen tegen zeggen. Men sputterde wel tegen, maar Dessens vond het ‘gewoon iets dat ze moesten doen’.”

De lobby van EZ heeft succes. Drie partijen, alle drie met hun eigen redenen om geen neen te zeggen tegen EZ, stappen de nieuwe fase in. Het gehele jaar 1990 wordt overlegd. Aan dit zogenoemde directeurenoverleg doen mee: van het inmiddels gevormde Novem Pim Pietersz en adviseur Floor Touber; namens Stork Aad Veenman; Theo Bouwman en later Willem Laros van De Schelde; aanvankelijk ook nog Bill Nijs van Hoogovens; namens ECN Harry van den Kroonenberg en Kees van der Klein; verder Niek Ketting en Piet Toussaint namens SEP. In maart 1990 wordt de VOF BCN opgericht, die het programma moet gaan uitvoeren, met Stork en De Schelde als vennoten (later in 1992 ook ECN). Op 6 december 1990 wordt aan het directeurenoverleg het voorstel gedaan om een commercieel programma te starten dat in 1991-1992 60 miljoen gulden dient te omvatten, en in 1993-1996 145 miljoen.

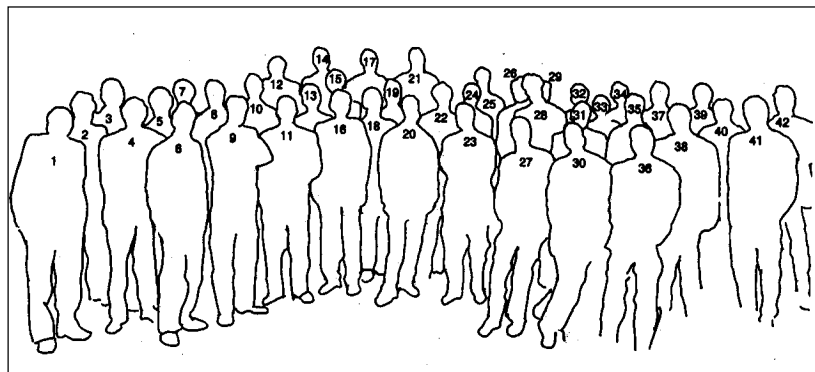
Dit voorstel wordt echter bij gebrek aan commercieel perspectief, en vanwege de risico's, door de industrie *afgewezen*.

Na het negatieve Haskoning-rapport en het afhaken van Hoogovens is dit al de derde crisis die het MCFC-project moet doorstaan. Nu gaat ECN vol aan de bak. Het negatieve besluit van 6 december geeft toch een opening naar een minder risicovol programma (met een lagere eigen bijdrage van de industrie). Die opening moet van Novem en EZ verder worden onderzocht. Op basis daarvan spannen vooral Kees van der Klein van ECN en adviseur Floor Touber van Novem zich in om meer financiers voor het programma te vinden, met op de achtergrond steun van Els Janse, die Hein Willems bij EZ heeft opgevolgd.

Kees van der Klein: “Ondertussen hing het hele MCFC-project aan een zijden draad. Hier bij ECN ging het werk gewoon door; ik heb de mensen altijd buiten de problemen met onderhandelingen proberen te houden.”



Een algemene voorlichtingsdag in Petten in september 1992 markeerde de daadwerkelijke start van de vof Brandstofcel Nederland. Onderzoekwereld, overheid en bedrijfsleven waren daar breed vertegenwoordigd.



- | | | |
|------------------------|-------------------------|---------------------|
| 1. | 15. | 29. |
| 2. | 16. Chiel Hussmann | 30. Ed van de Sande |
| 3. | 17. Ton Kipperman | 31. Co van der Goes |
| 4. Jan van der Veer | 18. Sytze van der Molen | 32. Larry de Vaal |
| 5. Henk de Boer | 19. Gerard Kraaij | 33. Claudia Hennink |
| 6. Kees van der Klein | 20. Theo Verbruggen | 34. Leo Akkerman |
| 7. Daan Jansen | 21. | 35. |
| 8. Ron Ottevanger | 22. | 36. |
| 9. Willem Laros | 23. Gerard Troost | 37. Kees de Koning |
| 10. Tanger | 24. Jaap de Jong | 38. Leo Machielse |
| 11. Ad van de Vijver | 25. Henk Barten | 39. Jan de Vries |
| 12. Ahmed Harbiye | 26. Rob van Gerven | 40. Jesus de Palma |
| 13. Peter van der Laag | 27. | 41. Klaas Joon |
| 14. Joop Meijers | 28. | 42. |

“Achteraf beschouwd lijken het net dominostenen. Steeds viel er eentje om. In 1991 trokken Touber en ik aan een bijna dood paard. We moesten meer launching customers vinden. We zochten deze nu ook bij de distributiebedrijven. Maar we kwamen niet verder met Energiened, de koepel van de distributiebedrijven. De besluitvorming bij Energiened was net een opera. Uiteindelijk besloten ze negatief. Alle stenen lagen om. En opeens krijg ik een telefoontje van Pieter Willemsen van PNEM: ze wilden wat. Dat gaf de pogingen weer vaart. Ook Tanger van PEN kregen we mee. Wat verder van groot belang was, was dat Willem Laros (van De Schelde) BCN ging trekken. Dat was een zwaargewicht. Toen groeide het weer.”

Waarom stappen de distributiebedrijven in dit proces? Zij hebben een eigen belang om mee te doen met het toepassen van nieuwe technologie. EZ probeert in die tijd concurrentie in de elektriciteitssector tot stand te brengen, in de eerste plaats tussen productie- en distributiebedrijven. Dit is wennen in een sector die zo lang als één familie heeft geopereerd. Distributiebedrijven zoeken actief naar nieuwe business. Een deel wordt gevonden in het opzetten of opkopen van bedrijven in de milieusector (bijvoorbeeld afval- en mestverwerking), een deel in nieuwe activiteiten in de energievoorziening. Deze activiteiten worden grotendeels gefinancierd door een ‘milieutoeslag’ op de kilowattuur, de zogenoemde MAP-gelden (van Milieu Actie Plan).

De geïnteresseerde distributiebedrijven zijn door hun aard en structuur gericht op kleinschaliger apparatuur, en hebben in tegenstelling tot SEP geen belang bij kolenvergassing. Ze zijn bovendien meer dan SEP gericht op korte-termijnsuccessen, en willen daarom boter bij de vis. Ze wensen wel te stappen in nieuwe ontwikkelingen als brandstofcellen, maar dan vooral om praktijkexperimenten te doen. Daarom komt mét het binnenhalen van de distributiebedrijven de discussie weer op gang over de keuze van de beste brandstofcel, iets waarbij ECN en EZ uit de aard der zaak geen belang hebben. Een deel van de distributiewereld, vooral Jan Bertus van PGEM (nu: NUON) en zijn medewerker Jaap Sukkel dringen aan op de concurrerende SOFC, die geleverd kan worden door Westinghouse.

In 1991 doet BCN een nieuw voorstel voor een ‘Proof of Concept’ van de MCFC, dat 90 miljoen kost. De doelstelling is inzicht te verkrijgen in de haalbaarheid van industriële commercialisatie van het ontwerp. De nieuwe voorstellen verschillen vooral op twee punten van de oude. Enerzijds zijn de geformuleerde doeleinden verstrakt, omdat de onderzoekers

van ECN ervan overtuigd zijn dat ze technologisch al heel ver zijn. Anderzijds zijn de financiële risico's voor de industrie beperkt.

Op 8 januari 1992 wordt op een vergadering bij EZ besloten, door te gaan met de ontwikkeling van een MCFC. Kees van der Klein: "Het was een merkwaardige bijeenkomst. De afspraak was om 2 uur 's middags. Maar Dessens en Ketting zaten bij minister Andriessen – ongetwijfeld over heel iets anders te praten – en kwamen er pas om kwart over drie vandaan. Ondertussen zaten de aanwezige topmensen van industrie en distributiebedrijven zich te verbijten en de irritatie groeide. Toen de vergadering eindelijk kon beginnen, nam Kees Wiechers van PNEM het eerst het woord. Hij zei dat hij om half vier weer een vergadering had en dat ze wel wilden meedoen maar alleen onder een paar voorwaarden, die hij op tafel legde. Vervolgens beëindigde hij de vergadering uit. Het rondje werd gemaakt. Iedereen zei ja, maar wel onder voorwaarden – of neen, tenzij er iets anders geregeld werd. En dat was het eind van de vergadering."

De notulen van deze vergadering roepen inderdaad geen beeld op van krachtige besluitvorming. De heer Ketting signaleert dat slechts 85 van de 92 miljoen miljoen van het programma is gedekt. De heren Wiechers en Bertus stellen dat de distributiebedrijven primair geïnteresseerd zijn in het prijs/prestatiepotentieel van deze technologie. Zij zouden daar als 'launching customer' graag garanties van krijgen. Ze stellen een toets voor op gezette tijden (bijvoorbeeld gekoppeld aan een betalingstermijn) om te zien of het vereiste prestatieniveau ook daadwerkelijk gerealiseerd zal worden. Al met al zijn zij echter van oordeel dat er "een goed uitgangspunt is om de contractonderhandelingen in te gaan". Ook Ketting wil "positief meewerken aan de verdere totstandkoming van dit programma"; maar hij signaleert wel dat de distributiebedrijven zich niet "for better and for worse" aan het programma gebonden hebben. Hij wil "pariteit" brengen in de positie van SEP en die van de distributiebedrijven.

Dessens concludeert aan het eind van de vergadering "dat BCN een krachtige start heeft laten zien en het erop lijkt dat doorgedaan kan worden. De verdere onderhandelingen moeten een antwoord geven op vragen t.a.v. betrokkenheid die door partijen gewenst is in de 'onderneming' BCN." Van zijn kant is EZ bereid, "onder nader overeen te komen voorwaarden, in de ontwikkeling te participeren voor het in de opzet voorziene bedrag".

Er ligt na afloop van geen enkele partij een harde toezegging. Enigszins confuus en onzeker feliciteren de vertegenwoordigers van BCN elkaar. Men gaat aan het werk.

4

EINDELIJK: EERSTE SPEL

WE SCHRIJVEN 1992 EN EINDELIJK zijn er fondsen en partners voor een industriële ontwikkeling van de MCFC-technologie. Het MCFC-programma krijgt met de vorming van BCN een sterke impuls. De directie, bestaande uit Willem Laros van De Schelde (statutair directeur), Gerard Troost (Stork) en Kees van der Klein (ECN) huurt een pand aan de Binckhorstlaan in Den Haag en zet daar een omvangrijk apparaat op. Later wordt deze fase 'BCN-1' gedoopt, vanwege het feit dat er ook een tweede fase van BCN zal blijken te zijn.

De doeleinden van het BCN-programma moeten nu worden vertaald in opdrachten, zodat in de diverse ondernemingen mensen aan het werk kunnen gaan. Al snel wordt duidelijk dat de financiering een probleem vormt. Bedrijven van Stork en De Schelde moeten worden ingeschakeld; daarvoor moet geld op tafel komen, maar dat is afhankelijk van het tekenen van de contracten. Stork en De Schelde zijn terughoudend met het voorschieten van geld, omdat zij met de strop blijven zitten als het tekenen van de contracten alsnog niet lukt. Veenman en Bouwman besluiten na enkele maanden dat er maximaal 1 à 2 miljoen voorgefinancierd mag worden, wat betekent dat de eerste tijd de bijdrage van de bedrijven op een laag pitje staat.

ECN heeft ook een probleem. Men wil daar nu volle kracht vooruit, maar financiering moet opeens via BCN; en BCN heeft geen eigen geld. Dat betekent dat ook ECN moet voorfinancieren, en wel tegen 1 miljoen per maand.

Binnen korte tijd ligt daardoor het probleem van de contracten als eerste zorg op het bordje van de directie. Willem Laros belast zich daarmee. Maar de contracten vormen een kaartenhuis. Alles hangt met alles samen.

Aanvankelijk ligt het in de bedoeling de contracten rond te hebben per 1 april 1992. Maar dit blijkt veel te optimistisch. Allereerst moet BCN

worden omgevormd met toetreding van ECN. Verder moeten de distributiebedrijven nog tot een samenwerkingsverband komen. Vervolgens moeten er contracten worden getekend tussen SEP en BCN, de distributiebedrijven en BCN, Novem en ECN, ECN en BCN, en ECN en IGT. Al deze contracten hangen met elkaar samen.

Het Amerikaanse IGT vormt een stoorzender. Er is in 1988 weliswaar een 'option to licence' getekend met IGT, maar de termijn waarop van de optie gebruik moet worden gemaakt, is inmiddels verlopen ondanks verlenging in 1990. Stork stelt als voorwaarde voor het tekenen van de contracten dat eerst de licentie-overeenkomst getekend moet zijn. IGT vraagt nu opeens tien à twintig keer zo veel als in de oorspronkelijke overeenkomst. ECN kan dit bedrag vooralsnog niet op het programma verhalen, omdat de contracten nog niet gesloten zijn. Daarom stellen ECN en BCN (we naderen inmiddels de zomer) aan de andere partners voor, een 'paraplu-overeenkomst' te sluiten; daarin zouden de toezeggingen van de verschillende partijen moeten worden geformaliseerd vóórdat alle afzonderlijke (bilaterale) contracten klaar zijn. De overige partners, met name SEP en de distributiebedrijven, willen echter niet op deze manier onder druk gezet worden, en zeker niet als iedereen net met vakantie gaat. IGT voert de druk nog wat op door te dreigen met Combustion Engineering (ABB) in zee te gaan. Uiteindelijk wordt in de zomer van 1992 de licentie-overeenkomst getekend; de eerste termijn van 300.000 dollar wordt door ECN voorgeschoten.

Er is dan nog steeds geen financiering voor het gehele programma gevonden. Van de 92 miljoen gulden die het programma volgens begroting zal kosten, ontbreekt nog altijd 3,5 miljoen. Een volgend probleem betreft de regels van financiering door Novem. Gebruikelijk is dat Novem gedurende het project maximaal 80% betaalt, en dat de resterende 20% worden afgerekend bij succesvolle oplevering. Maar met een project van deze omvang heeft Novem nog geen ervaring. Hierdoor moeten de BCN-deelnemers permanent voorfinancieren, terwijl rentebetalingen niet in de projectkosten zijn opgenomen; bovendien levert dit voor elk van de deelnemers een risico op ingeval van voortijdige beëindiging van het project. Met steun van Pim Pietersz wordt er intussen voor gezorgd dat het programma niet vroegtijdig op deze problemen stukloopt.

De Novem-voorwaarden kennen verder geen tegemoetkoming voor inflatie, wat betekent dat de activiteiten met 4 à 6 miljoen naar beneden bijgesteld zullen moeten worden. Ook kent Novem alleen betalingen voor

uurkosten, en is het binnen de Novem-voorwaarden niet mogelijk, het risico verbonden aan leveringen te financieren.

Een belangrijk punt van discussie vormt verder de eigendom van de verworven kennis. De juristen mengen zich hier in de strijd. Die van de BCN-partners willen de verworven kennis in eigendom houden, ook bij voortijdige beëindiging van het project. Bij de juristen van SEP wekt dit achterdocht. Zouden Stork en De Schelde misschien uit zijn op goedkoop voordeel, door het project voortijdig af te blazen? Per slot van rekening, zo redeneert men bij SEP, hebben deze bedrijven hun financiële risico goed weten te beperken, zodat ze via BCN op een gemakkelijke manier aan belangrijke technologische kennis zouden kunnen komen.

Ook vanuit Novem wordt anders aangekeken tegen de eigendomsrechten op kennis. BCN mag bijvoorbeeld van Novem niet op eigen houtje beslissen om de kennis uit het project te verkopen aan een buitenlandse partij. Wanneer BCN in gebreke blijft om de kennis te commercialiseren, dient deze op Novem over te gaan, zodat deze in staat zal zijn andere Nederlandse industrieën te interesseren. Idem met een sterretje in geval van faillissement van BCN. Programmaleider Chiel Hussmann weet uiteindelijk voor Novem voldoende van zulke bepalingen vast te leggen.

Een volgend spanningsveld is dat tussen SEP en de distributiebedrijven. Het is SEP nog steeds een doorn in het oog dat de distributiebedrijven niet op dezelfde wijze als SEP, namelijk risicodragend, aan het programma deelnemen. SEP stelt zijn deelname uiteindelijk afhankelijk van deze kwestie. Daar komt bij dat eind 1992 nog steeds niet definitief duidelijk is welke distributiebedrijven in het lopende programma zullen participeren, en hoe een formeel aanspreekpunt zal worden georganiseerd.

Een probleem voor de distributiebedrijven is dat zij niet zelfstandig de stand van de technologie kunnen beoordelen. Daarom gaan zij te rade bij KEMA. KEMA moet echter op ECN-informatie afgaan en komt niet het naadje van de kous te weten. Gezien het doel van de distributiebedrijven, het verkrijgen van apparaten, blijft daardoor bij hen twijfel en onzekerheid bestaan. Bij SEP ligt dat wat anders. Ketting is sceptisch en houdt, gezien de onzekerheden van de brandstofceltechnologie, al bij voorbaat rekening met een mislukking. Zijn houding wordt versterkt door zijn medewerker Gerard Peppink, gekomen van KEMA, die vroeger bij DSM aan de AFC heeft gewerkt.

Peppink (tegenwoordig ook al bij ECN): "Toen ik bij SEP kwam werken lag er al een moreel commitment van Ketting aan het MCFC-pro-

gramma, en ik moest de inhoudelijke onderbouwing geven. Persoonlijk zag ik meer in de SOFC, omdat Westinghouse als groot bedrijf daar achter stond. Ik kon deelname niet meer stoppen, maar heb wel gezorgd voor een zakelijke basis: een samenwerkingscontract met faseringen en scherpe *go/no-go* criteria.” Bij het vaststellen van de contracten vraagt SEP een uitgebreide technische specificatie, wat de technici dwingt om ijkpunten in het traject op te nemen.

Nieuwe problemen doemen op in verband met de Comptabiliteitswet. Vóór 30 november moeten de contracten voor het in 1992 verrichte werk getekend zijn, zo meldt Jaap de Jong, hoofd afdeling Onderzoek van DGE, anders is Novem het geld kwijt. Door Hussmann wordt geregeld dat er vóór die datum een overeenkomst tussen EZ en Novem is, waardoor de EZ-bijdrage bij Novem wordt geparkeerd.

Tussen al deze beslommingen door wordt er ook nog gewerkt. Halverwege 1992 wordt Willem Laros vervangen door Kees de Koning, één van de coming men van Stork. En eind 1992 neemt Peter Kortbeek van ECN de taak over van Kees van der Klein. Het team wordt gecompleteerd door Ron Ottevanger van De Schelde. Eind 1992 is eindelijk het programma gestructureerd en worden de bedrijven van Stork en De Schelde efficiënt ingezet. Hun betrokkenheid leidt tot nieuwe vragen en tot nieuwe activiteiten.

Kees de Koning: “Na circa een jaar was het programma goed gedefinieerd en waren ongeveer tweehonderd mensen aan het werk. De organisatie werkte als virtueel team. De informatie ging heel snel van de ene groep naar de andere. Met dit team hebben we ongeveer een jaar op stoom gelegen. Het was een groot en complex R&D-proces, met veel benodigde soorten expertise en grote cultuurverschillen. We werkten met reviews uit SEP, distributiebedrijven en Novem. We hebben in snel tempo gegevens verkregen en ook technologische doorbraken gemaakt. Al met al hebben wij de vinger achter de technologie gekregen.”

Wanneer in april 1993 de belangrijkste contracten getekend zijn, doemen er technologische problemen op. De opschaling van een cel van twee kilowatt naar één van tien kilowatt blijkt aanzienlijk moeilijker dan verwacht. Het is oorspronkelijk de bedoeling aan twee ontwerpen voor deze cel tegelijkertijd te werken. Vanwege budgetproblemen laat men er één vallen, maar het overgebleven ontwerp blijkt niet te functioneren, zodat men alsnog het tweede ter hand moet nemen. De vertraging zal oplopen tot een jaar. De doelstellingen zijn door alle onderhandelingen sterk op-

geschroefd, waardoor het tijdschema zó krap is geworden dat mislukkingen niet meer kunnen worden ingepast.

Bij ECN heeft men zich vooral geconcentreerd op het maken van een werkende brandstofcel van tien kilowatt – en dat gaat lukken. In hun ogen is het programma daarom voor 90% succesvol. Maar de industrie kijkt er anders tegenaan. Daar ziet men als missie van BCN het beantwoorden van de vraag of de MCFC commercieel is toe te passen. In het projectteam heeft men nu voldoende gegevens om deze vraag met ‘neen’ te beantwoorden. Het probleem ligt niet alleen in levensduur en opschaling van cellen, die door het tien-kilowatt-experiment in gevaar komen. Het grootste probleem wordt gevormd door kosten en omvang van de ‘balance of plant’.

Het apparaat dat wij ‘brandstofcel’ (beter gezegd: brandstofcel-aggregaat) noemen, bestaat uit een ‘stack’ (Nederlands: stapeling) waarin zich een groot aantal van de eigenlijke cellen bevinden. Rond die stack staat veel randapparatuur; deze moet zorgen voor essentiële taken als de aanvoer van de reagerende gassen, de afvoer van water en kooldioxide, en de geleiding en omvorming van de opgewekte elektrische stroom. Deze randapparatuur wordt ‘balance of plant’ genoemd.

De Koning: “In het projectteam zijn we op een gegeven moment tot de conclusie gekomen dat de uitgangspunten voor de demonstratie-installatie verkeerd waren. Er was vanuit verkeerde fundamenteën gestart, waardoor de balance of plant tot volstrekt onevenredige proporties was uitgegroeid. Wat te doen? We hadden het programma voor elkaar gekregen, ook binnen het budget. We hadden door kunnen gaan met geld te steken in twee installaties, maar deze zouden nooit een vervolg hebben gekregen; er was dus geen leereffect van overgebleven. Er was op dat moment ongeveer 35 tot 40 miljoen uitgegeven, aanzienlijk minder dan de helft van het budget, maar het was in onze ogen niet verantwoord op de ingeslagen weg verder te gaan.”

Wat is er gebeurd? In de jaren tussen 1985 en 1992 heeft men bij ECN enthousiast gewerkt aan de MCFC-technologie, maar zonder concept van het apparaat dat men uiteindelijk moet maken. Bij de aanvang van BCN zijn er daardoor al veel ontwerpkenmerken vastgelegd.

Peter Kortbeek (indertijd vanuit ECN in het projectteam, tegenwoordig bij Stork) zegt daarover: “Het bleek al moeilijk om een rendement van 40% in de praktijk te halen. Dit was het gevolg van een opeenstapeling van ontwerpkenmerken; elk daarvan was geoptimaliseerd op de werking



Kennis had Nederland al eerder verkregen van IGT en ondertussen ook zelf ontwikkeld. Maar om die kennis toe te kunnen passen en een stack te kunnen bouwen was ook het gebruik van door IGT-octrooien beschermde kennis noodzakelijk. De licentieovereenkomst werd in 1992 getekend.

van de brandstofcel op zich, maar gemaakt zonder kennis van het systeem eromheen. Bij het ontwerp van de separatorplaat bijvoorbeeld, dat dateerde van vóór 1990, werd uitgegaan van een druk van vier atmosfeer. Men was zich er niet van bewust dat vier atmosfeer niet in één compressiestap gehaald kan worden, zodat twee compressoren in serie geschakeld moesten worden. Door een stapeling van dergelijke onhandige ontwerpkenmerken bleek dat er een hele fabriek om de eigenlijke cel gebouwd zou moeten worden om het ontwerp te kunnen laten werken. In vergelijking met een gasmotor met een vergelijkbaar vermogen zou voor randapparatuur een ruimtebeslag van ongeveer het tienvoudige nodig zijn!”

En Kees van der Klein van ECN zegt daarover: “We hadden veel nagedacht over de brandstofcel zelf, maar weinig over de rest. Deze ‘balance of plant’ bleek tweemaal zo duur te moeten worden als begroot. Of ECN moest het toegezegde werk voor de helft van het geld doen, maar dat ging natuurlijk niet.”

Het projectteam komt in de loop van 1993 tot de conclusie dat deze technologische lijn niet tot een commercieel product kan leiden. Ze besluiten dat het beter is geen prototypes te bouwen en de ontwikkeling langs de bestaande lijn te stoppen. Kees de Koning daarover: “Deze conclusie hebben we eerst aan Ton Kipperman van Novem voorgelegd, en toen deze ermee akkoord was, aan de vennoten. Veenman en Bouwman werden erdoor gechallenged, want zij moesten hun mannen iets anders gaan laten doen. Nadat er rugdekking was gekregen van de vennoten, gingen we naar SEP. Daar was de vraag: we hebben nu zicht op een zus-en-zo apparaat, waarvan we weten dat het éénmalig zal zijn, vind je het zinvol dat het gebouwd zal worden? Toen het antwoord ‘neen’ was, was het besluit gevallen.” Waarbij als interessant detail kan worden gemeld, dat het ‘voorleggen van de conclusie aan Ton Kipperman’ gebeurt in de auto van Kees de Koning. Na een avondvergadering rijdt De Koning Kipperman naar het station en in de auto raken zij aan de praat. Kipperman mist een trein, en nog één, en tenslotte rijpt tussen hen het besluit dat het beter is te stoppen.

Voor ECN valt het besluit zeer moeilijk. Kees van der Klein: “Ik was buitengewoon teleurgesteld, maar moest de conclusies wel onderschrijven. En achteraf moet ik zeggen dat ze toen het juiste besluit hebben genomen”.

Het besluit om te stoppen komt dus voort uit de constatering dat met deze ontwikkelingslijn nooit geleverd kan worden wat klanten willen hebben. Voor de SEP is dit een weliswaar teleurstellend, maar toch ook bevredigend antwoord op de onderzoeksvraag. SEP wil te weten komen of de MCFC kan worden ingepast in de grootschalige opwekking van elektriciteit. Het antwoord van BCN, dat dat technisch wel mogelijk is, maar onhandig en duur, accepteren zij als adequaat.

De energiedistributiebedrijven staan er heel anders tegenover. Het gaat de distributiebedrijven om het verwerven van de installaties die in het vooruitzicht zijn gesteld. Hun reactie op het stoppen van het project is dat BCN niet aan de leveringsverplichting heeft voldaan.

Dit leidt tot belangrijke spin-off bij twee van Nederlands beste advocatenkantoren. Om de gewenste bijdrage van de distributiebedrijven los te krijgen neemt BCN Nauta Dutilh in de arm. De distributiebedrijven antwoorden met het inschakelen van Loeff Claeyss Verbeke. Uiteindelijk wordt de zaak in der minne geschikt, waarbij de distributiebedrijven alsnog de helft betalen van wat zij hadden toegezegd, en waarbij Novem (dus uiteindelijk EZ) samen met SEP en de BCN-vennoten de rest afdekt.

Richting Europese Unie wordt de zaak netjes afgehandeld, en de door hen te veel voorgeschoten gelden worden teruggestort. De met brandstofcel-onderzoek belaste ambtenaar van de EU, Eric Ponthieu, is hier zeer over te spreken en noemt deze gebeurtenis als teken van de integriteit van zijn Nederlandse partners.

De buitenwereld is verbaasd over de voortijdige afloop van het ambitieuze en veelbelovende project en zoekt naar de zwarte piet. ECN krijgt deze toebedeeld, omdat het de wereld verkeerd zou hebben voorgelicht over de stand van zaken. Ook Novem komt onder kritiek van EZ. Daar vraagt men zich af of Novem al die tijd heeft zitten slapen bij het in de gaten houden van het brandstofcelprogramma.

En anno 2000 zegt Niek Ketting nóg, als hem gevraagd wordt of hij in dit proces achteraf ergens over teleurgesteld is geweest: “Ja, ik ben teleurgesteld in de weergave van de stand van de technologische ontwikkeling door ECN. Ik meen dat zij de zaak rooskleuriger hebben voorgesteld dan deze in werkelijkheid was. Niet alleen de direct betrokkenen deelden in dit onkritische enthousiasme, het werd ook uitgedragen door Van den Kroonenberg. Door deze ervaringen ben ik in contacten met het ECN terughoudender geworden.”

Kees van der Klein van ECN daarover: “Er ontstond het beeld dat de industrie had gerepareerd wat ECN had mis gedaan. Of: dat ECN de geest uit de fles had gelaten en dat de industrie hem er weer in had gestopt.”

Om zich te wapenen tegen dit beeld geeft ECN opdracht aan het Amerikaanse adviesbureau Arthur D. Little, een evaluatie te maken van het MCFC-onderzoek in de jaren 1992-94. Een belangrijke conclusie van dit advies van maart 1994 is dat BCN beter en sneller gevormd had moeten worden. Als er sneller betrokkenheid van de industrie was geweest, waren ontwerpfouten misschien voorkómen. Zelfs na de vorming van BCN, aldus ADL, duurde het nog enige tijd vóórdat Stork en De Schelde met voldoende menskracht en middelen het onderzoek ondersteunden. Met andere woorden: ECN had het moeilijk béter kunnen doen, want er stond niemand bij met voldoende technologische kennis om het ontwerpproces vanaf het begin in betere banen te leiden. Het advies van ADL geeft echter ook aan dat ECN zijn projecten flexibeler moet aansturen om een technologie als de MCFC met goed gevolg op de markt te brengen. Ook vindt ADL dat ECN sneller moet reageren op een dreigende crisis in het ontwikkelingsproces.



Een werkende stack van 10 kilowatt. Hier wordt waterstof en lucht omgezet in elektriciteit en water. De enige 'as' van deze elektrochemische reactie: schoon water.

Op het moment waarop het project wordt afgeblazen, is pas ongeveer 40 miljoen van de begrote 92 miljoen uitgegeven. Inclusief consolidatie wordt dat uiteindelijk 55 miljoen gulden. In de industrie en bij Novem noemt men dit met enige trots 'de hele les voor half geld'. Dat er per saldo aan deze fase van MCFC zo weinig geld is uitgegeven is te danken aan het vroegtijdig stoppen van het project.

Peter Kortbeek daarover: “In het buitenland, met name de VS, heeft men hetzelfde traject doorlopen als wij. Alleen is men daar pas later gestopt, met als gevolg dat er meer pijn is geleden en de betreffende ontwikkelingsmaatschappij (MC Power) failliet is gegaan. In Nederland is ook achteraf beschouwd de juiste benadering gekozen: er werd primair geïnvesteerd in kennisontwikkeling en modellen. Testen in de praktijk werden selectief en kleinschalig opgezet, om de modellen te valideren. Al met al heeft Nederland met minder geld en pijn behoorlijk meegedaan.”

‘Consolidatie’ van het MCFC-project houdt in dat het door BCN op beheerste wijze tot stilstand wordt gebracht. Lopend onderzoek wordt afgemaakt om met name ECN de kans te geven, een andere plaats te zoeken voor zijn mensen; De Schelde en met name Stork komen er echter veel bekaaid van af. Hoewel SEP geen waar voor zijn geld heeft gekregen, wordt wel door SEP bijgedragen aan deze vorm van afwikkeling.

In deze consolidatie wordt ook plaats ingeruimd voor de vraag: als het niet op deze manier moet, hoe dan wel? Onder leiding van Kees de Koning heeft de industrie geconcludeerd dat de genomen risico’s te groot zijn geweest. De bedrijven zijn in een ontwikkeling gestapt die zij niet konden overzien, omdat zij deze niet vanaf het begin hadden gestuurd. De ontwikkelingswijze was bottom-up geweest: vanuit de kenmerken van de brandstofcelstack werd de omringende apparatuur ontworpen. De les van de ontwikkeling is: als we nog eens beginnen doen we het top-down: vanuit de markt naar het gehele systeem; en vanuit het systeem naar de stack. De brandstofcel moet zich aanpassen aan het systeem, en niet omgekeerd.

5

TUSSENSPEL

“**N**ADAT BRANDSTOFCEL NEDERLAND (BCN) in het derde kwartaal 1993 had vastgesteld dat ongewijzigde uitvoering van het Plan van Aanpak 1992-1996 niet zinvol zou zijn, is begin 1994 besloten dat BCN de verworvenheden zou Consolideren en Evalueren en op basis daarvan een Plan van Aanpak voor een Doorstart opstellen met een tweede generatie MCFC. Samen met een externe toetsing van dit Plan (Coopers & Lybrand, CIVI Consultancy) zou dit de basis dienen te zijn voor een nadere bespreking tussen de vennoten van BCN en EZ/Novem over de volgende stappen.” Aldus de Jaarrapportage Brandstofcellen van Novem aan EZ over 1994.

BCN krijgt dus het groene licht om verdere plannen te maken voor de MCFC. Het geld daarvoor wordt voornamelijk gehaald uit het EZ/Novemdeel van het bedrag dat BCN niet besteed heeft, terwijl in deze fase ook SEP en de vennoten van BCN nog bijdragen. Het werk aan de MCFC wordt als ‘no regret’-programma betiteld, of ook wel PIEK (Programma Instandhouding Elektrochemische Kennis).

BCN blijft bestaan maar wordt in de praktijk ontmanteld. Het ruime kantoor in Den Haag wordt gesloten. Kees de Koning, die met zijn optreden een goede naam heeft gemaakt, blijft statutair directeur van BCN maar besteedt het merendeel van zijn tijd aan zijn nieuwe baan als directeur van Alpha Engineering (dochter van Stork).

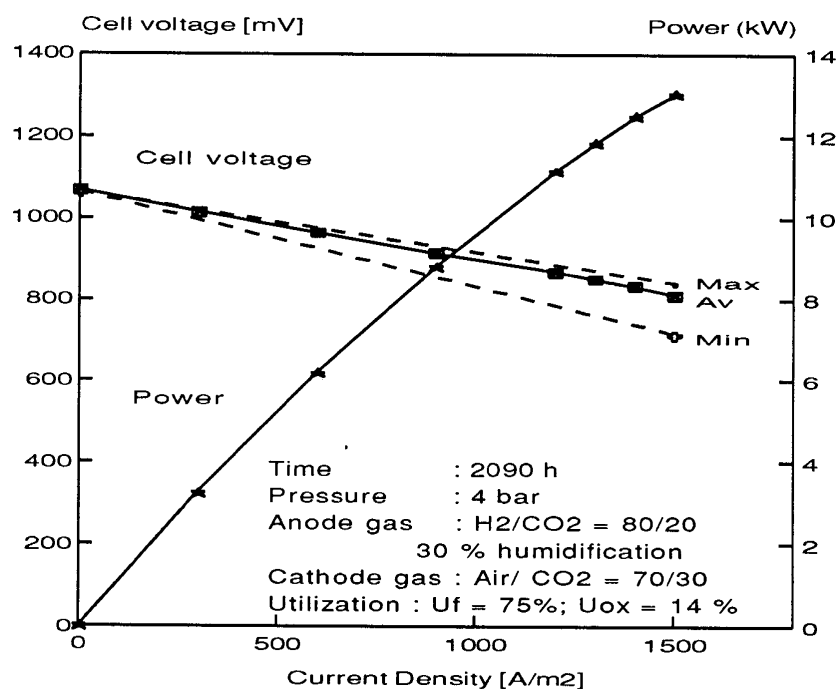
Een klein deel van het geld van het ‘no regret’-programma gaat naar De Schelde, waar een testopstelling voor de fabricage van keramische componenten staat. Het leeuwendeel gaat naar ECN, waar de brandstofcel-afdeling vrijwel op peil blijft. Het wegvallen van MCFC-werk wordt grotendeels opgevangen in werk aan andere brandstofcellen. Er zijn in het overblijvende werk voor BCN twee hoofdactiviteiten. Ten eerste wordt de proef met de stack van tien kilowatt voltooid. De proef daarmee lijkt in eerste instantie succesvol; het apparaat levert zelfs veertien kilowatt. Maar

dan blijken er problemen met scheuren voor te komen, en uiteindelijk moet men concluderen dat dit ontwerp geen basis biedt voor verdere opschaling van MCFC-systemen.

Ten tweede wordt gewerkt aan het maken van een voorstel voor een 'Aanpak voor de verdere ontwikkeling van MCFC-technologie in Nederland'. Dit wordt eind juli 1994 gepubliceerd. Voorgesteld wordt een nieuw ontwerp te ontwikkelen en de haalbaarheid daarvan in de markt te onderzoeken, voor een bedrag van 68 miljoen, te besteden in vier jaar tijd.

Coopers & Lybrand/CIVI Consultancy brengt een 'second opinion' uit over dit voorstel, en dit wordt in oktober besproken met vertegenwoordigers van EZ, Novem, BCN, en de vennoten Stork, De Schelde en ECN.

Hoewel de 10kW-MCFC-stack tot volle tevredenheid functioneerde was ondertussen duidelijk geworden dat de kosten van de randapparatuur van de stack de levensvatbaarheid van grootschalige MCFC-productie zou ondermijnen. De ontwikkellijn van deze stack werd gestopt ten gunste van een geheel nieuw cel- en stackconcept: MCFC-DIR.



De evaluatie is vriendelijk, maar per saldo negatief. Er is een 'evenwichtig plan van aanpak' gemaakt, waarbij terecht niet wordt uitgegaan van research-resultaten maar van toepasserseisen. Maar het ontbreekt volgens Coopers & Lybrand aan voldoende zicht op de commerciële eisen uit de markt. Uit analyse van concurrerende technologieën is gebleken dat aan het toepassingsgebied van MCFC's zowel aan de onderkant als aan de bovenkant wordt geknabbeld. In de kleine vermogens lijken gasmotoren het heel goed te gaan doen; in de grotere vermogens zal de MCFC zware concurrentie gaan ondervinden van gasturbines. Daarom wordt het toepassingsgebied beperkt tot vermogens tussen een halve en twintig megawatt. SEP, vooral geïnteresseerd in grotere apparatuur voor centrale elektriciteitsopwekking, ziet hierin aanleiding af te haken. Tussen neus en lippen door wordt door SEP volgens Coopers & Lybrand ook opgemerkt "dat ze verwacht dat de technologische problemen van de brandstofcel hardnekkig zullen blijken te zijn, zodat de slaagkans van het project naar haar mening beperkt is".

EZ – waar inmiddels Claudia Hennink het moeilijke dossier heeft overgenomen van Els Janse – is nu de enige financier van de lopende MCFC-ontwikkeling, enerzijds via Novem, anderzijds door directe financiering van ECN. Wat vindt EZ? Uit de evaluatie valt op te maken dat EZ haar belang nu vooral ziet in "het verschaffen aan het Nederlandse bedrijfsleven van een goede uitgangspositie op dit innovatieve technologieterrein". Een probleem voor EZ is, dat het "toekomstperspectief verslechterd is, ... dat er grote technologische risico's aan het plan kleven en de commerciële introductie verder weg is dan aanvankelijk verwacht". Het ministerie wil nog wel blijven betalen aan een 'doorstart', maar dan met een maximum van 50%, en niet, zoals opgemaakt kan worden uit het plan, tot een omvang van 80 à 90% van het budget.

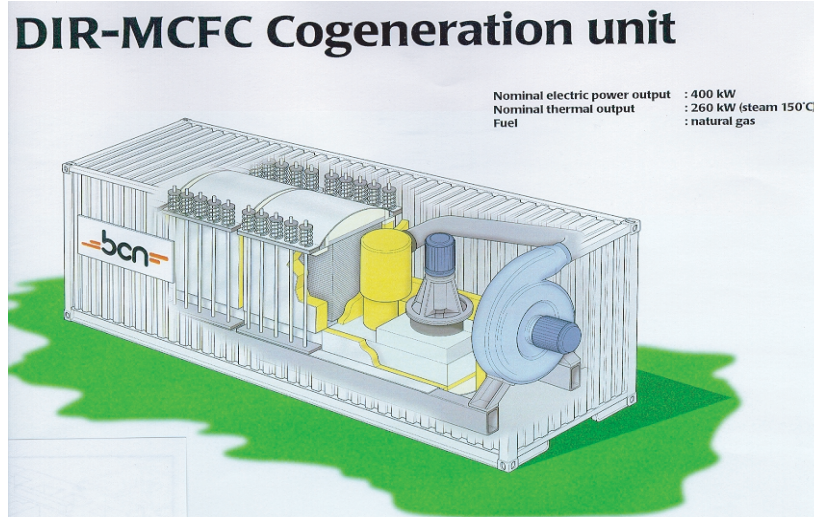
Het ministerie wordt bovendien geconfronteerd met een geheel andere en tegengestelde ontwikkeling. In mei van dat jaar zijn verkiezingen gehouden en Paars-1 treedt aan. Er zijn aanzienlijke bezuinigingen op alle onderdelen afgesproken, en de nieuwe minister Hans Wijers snijdt direct na zijn aantreden diep in de gelden voor energie-onderzoek. Energie heeft niet meer de maatschappelijke prioriteit van tien jaar geleden, en dat wordt voelbaar. Bij ECN moeten honderdtachtig arbeidsplaatsen verdwijnen, waarvan zevenendertig bij de unit van Kees van der Klein. Onder deze omstandigheden kan DGE al helemaal niet meer denken aan het boven tafel houden van miljoenenverslindende projecten met een steeds slechter wordend toekomstperspectief. Terugbrengen van de ambities, wordt het parool.

Daar komt een factor bij die in de daaropvolgende jaren nog sterk aan betekenis zal winnen: liberalisering. EZ is al geruime tijd de motor achter liberalisering op veel maatschappelijke terreinen, maar binnen EZ heeft DGE zich daaraan grotendeels kunnen onttrekken. Daarin komt nu verandering, en het gaat snel. DGE gaat om en bereidt in hoog tempo liberalisering van de nutssector voor. Elektriciteits- en gasbedrijven dienen zich voor te bereiden op het opheffen van hun beschermde status als monopolist binnen hun leveringsgebied. De grenzen worden opengesteld, niet alleen tussen de distributiebedrijven onderling, maar ook naar het buitenland; en niet alleen voor de grote industrieën, maar op termijn voor elke gebruiker. In rap tempo worden de marges verkleind, en de potjes waaruit de nutsbedrijven altijd leuke dingen financierden verdwijnen als sneeuw voor de zon.

DGE gaat ook haar eigen taak heroverwegen. Al geruime tijd wordt gesproken over een 'terugtrekkende overheid', maar op energiegebied neemt DGE nog steeds sterk het voortouw. Moet er niet eens een einde komen aan het trekken en sleuren aan ontwikkelingen als windenergie en brandstofcellen, en moet men de markt niet méér zijn werk laten doen?

De evaluatie komt in oktober ter sprake in een vergadering tussen EZ, Novem en de BCN-partners. Daar besluit men dat Novem met een nieuw voorstel moet komen voor een programma. Uitgangspunt hiervan moet zijn het in stand houden en uitbouwen van de aanwezige kennis. In dit voorstel moet aandacht worden besteed aan de voortgang van de Nederlandse activiteiten en het belang daarvan voor de Nederlandse industrie, en het zo veel mogelijk benutten van BCN in een internationaal verband. Hieruit moet een lijn worden gedestilleerd, uitmondend in een programma-voorstel op hoofdlijnen.

Voor Novem gaat programmaleider Chiel Hussmann op pad. Hij houdt gesprekken met BCN en de drie vennoten, en presenteert zijn bevindingen in februari 1995. Hoofddlijn van zijn rapport is dat afgestapt moet worden van de ontwikkeling van cellen en stacks. In plaats daarvan moet op basis van de BCN-kennis de nadruk verschuiven naar systemen, dus de inbouw van de eigenlijke brandstofcel in een apparaat. De eigenlijke brandstofcellen kunnen worden gekocht in het buitenland, desgewenst kan buitenlandse kennis op dit gebied worden ingekocht. Productie in Nederland zou zich moeten concentreren op componenten: enerzijds componenten van cellen en stacks, anderzijds onderdelen van de 'balance of plant'.



BCN kiest voor een nieuwe lijn: de MCFC met directe interne reforming (DIR). De inspanningen worden nu gericht op een relatief eenvoudige 'power supply': een warmtekracht-installatie – werkend op aardgas, nominaal elektrisch vermogen 400 kW, nominaal thermisch vermogen 260 kW (stoom van 150°C) – die slechts bestaat uit drie MCFC-DIR-stacks, een 'hot recycle blower', een gewone brander en een eenvoudige luchtblower. De systeemconfiguratie staat bekend als het Smarter-concept.

Tegelijkertijd doet zich een heel andere ontwikkeling voor. BCN en ECN – waar inmiddels Sytze van der Molen leiding geeft aan het brandstofcel-programma – hebben nog niet de ambitie laten varen om zelf de ontwikkeling van MCFC-technologie ter hand te nemen. Voortdurend komen nieuwe ideeën op tafel om de 'doorstart' te maken waarvan sprake is geweest. Alle denkbare combinaties worden onderzocht, zowel om nieuwe apparaten te ontwerpen als om partners te vinden in de ontwikkeling daarvan. Het is de bedoeling dat deze projecten worden aangepakt met medefinanciering van de EU.

Kees van der Klein: "Verschillende bedrijven kwamen in beeld: het Spaanse elektriciteitsbedrijf Iberdrola, de Italiaanse ontwikkelaar Ansaldo. Met geen van alle werd het wat. We werden aan het lijntje gehouden, we hoorden nooit meer iets".

Er zijn inmiddels in Europa drie clusters die zich met de ontwikkeling van de MCFC bezig houden. De Nederlandse bedrijven rond BCN vormen één groep. Dan zijn er de Duitsers, rond het bedrijf MTU, onderdeel van Daimler Benz. En de Italianen (Ansaldo), die een alliantie hebben gesloten met het Spaanse Iberdrola. Zij hebben alle drie kennis van een verschillend Amerikaans bedrijf. Deze drie ontwikkelingslijnen komen weer voort uit het streven van het Amerikaanse DOE in de jaren zeventig om concurrentie tussen ontwikkelingsbedrijven te bevorderen, en zich niet op te hangen aan één bepaald bedrijf.

De Europese Unie, die steeds meer ontwikkelingsgeld uitgeeft, voert in wezen hetzelfde beleid. Zorg dat je verschillende ontwikkelingslijnen steunt zodat de kans op succes wordt vergroot en de bedrijven worden uitgedaagd beter te presteren. Maar ook leeft de gedachte dat de Europese inspanningen beter gebundeld moeten worden. Larry de Vaal van BCN pakt al tijdens BCN-1 deze lijn op en ontwikkelt het initiatief E²C², bedoeld om de samenwerking te verbeteren en uitwisseling te bevorderen – maar zonder veel succes. Henk Barten van Novem gaat nog een stap verder, en stelt samenwerking tussen Europese en Amerikaanse brandstofcelprogramma's voor; het zal nog duren tot 1999 vóórdat langs deze lijn een gemeenschappelijk project van start kan gaan.

In deze periode van aftasten wordt ook met British Gas gesproken over een nieuw EU-project. Bij ECN kent men de Britten al enkele jaren in het kader van een project, medegefinancierd door de EU, gericht op één van de systeemcomponenten, de reformer. De reformer vormt de brandstof om in waterstof, nodig om de brandstofcel te voeden. Tot nu toe heeft BCN een ontwerp met een zogenaamde externe reformer ontwikkeld; de reforming-stap gaat hierbij vooraf aan het brandstofcelproces. De mogelijkheid van interne reforming, dus in de brandstofcel zelf, is buiten BCN door ECN samen met British Gas bestudeerd. In dit kader is zelfs een proefopstelling van één kilowatt gemaakt.

Interne reforming (IR) past beter binnen de kleinere vermogens waarop BCN nu zijn aandacht richt. De nevenlijn wordt hoofdlijn. Voor kleinere apparaten, zo verwacht men, is het kostenbesparend om af te zien van een aparte reformer die aan de brandstofcel is voorgeschakeld. Binnen interne reforming zijn er dan weer twee mogelijkheden: de directe en indirecte interne reforming (DIR en IIR). BCN kiest voor DIR, waarbij elke cel een ingebouwde reformer heeft.

Eind 1994 worden de eisen voor het nieuwe ontwikkelingsprogramma Joule van de EU bekend gemaakt. ECN en BCN zien hierin goede mogelijkheden om een voorstel erdoor te krijgen, voortgaande op de lijn met British Gas. Met nadruk wordt in de EU-eisen gesproken over nieuwe concepten die verlenging van de levensduur en kostenverlaging tot doel hebben, met name interne reforming. Met grote spoed wordt enerzijds gewerkt aan het smeden van een alliantie met meer Europese partners (er moeten tenminste drie Europese landen vertegenwoordigd zijn bij een voorstel), en anderzijds aan het leggen van goede contacten met Brussel. Van Novem is daarbij Ton Kipperman het aanspreekpunt.

Als op 9 maart 1995 de nota van Chiel Hussmann bij EZ aan de orde komt, hebben ECN en BCN net hun nieuwe voorstel rond. Aanwezig zijn Rens Knecht, Jaap de Jong en Claudia Hennink van EZ; Kees de Koning van BCN (maar door verhindering van Aad Veenman vertegenwoordigt hij ook Stork); Theo Bouwman en Willem Laros van De Schelde; Harry van den Kroonenberg en Kees van der Klein van ECN; Novem is vertegenwoordigd door Piet van Luyt (Pim Pietersz is vertrokken naar TNO), Chiel Hussmann en Ton Kipperman.

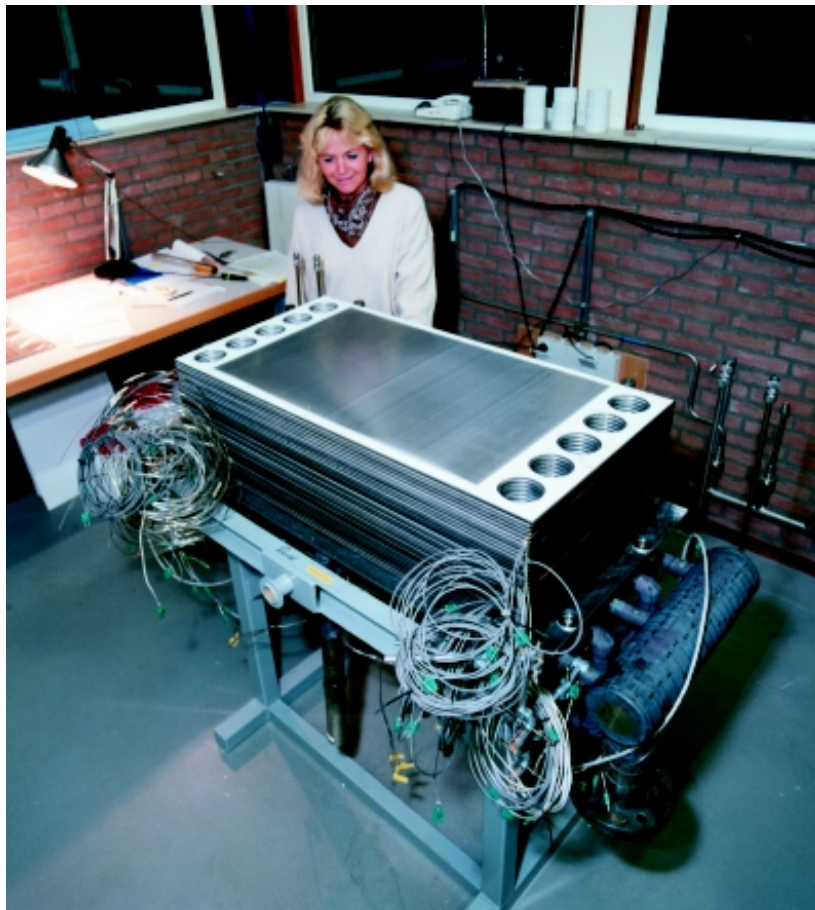
Chiel Hussmann komt het eerst aan het woord en licht zijn nota toe. Minder ambitie in cellen en stacks, meer concentratie op het omliggende systeem en op de fabricage van componenten. Dit alles op hoofdlijnen, zoals gevraagd in de vorige vergadering. Dit zal ook terugkomen in het nieuwe, nog op te stellen Meerjarenprogramma. De vergadering is het wel eens met het verleggen van de aandacht van cellen naar systemen, maar wil dat 'geleidelijk' doen. De industrie vindt dat in de nota een concrete uitwerking ontbreekt, en wordt daarin bijgevalen door EZ. Zij hebben deze concrete uitwerking inmiddels voor zich liggen: het voorstel van ECN en BCN voor een DIR-MCFC, medegefinancierd door de EU. Niet alleen British Gas is binnengehaald, ook Gaz de France en het Zweedse nutsbedrijf Sydkraft (mede namens het Europees verbond van gebruikers van brandstofcellen). En er is plotseling toch weer de ambitie een eigen productielijn voor cellen en stacks te ontwikkelen...

Door Kees de Koning wordt toegelicht dat het projectvoorstel dezelfde lijn heeft als het doorstartprogramma van BCN, maar met een lager ambitieniveau en dus een lager budget. Ook gaat het om een 'tweede generatie' MCFC met interne reforming. Het financiële plaatje, aldus De Koning, vraagt om een totale Nederlandse financiering van ruim dertien miljoen

over een periode van twee en een half jaar. Ter plaatse stelt Rens Knecht zich achter het voorstel, en vraagt aan Novem om samen met BCN te bezien welke mogelijkheden er zijn om een 'vliegende start' mogelijk te maken. Novem zal, zo wordt besloten, het leeuwendeel van zijn nieuwe meerjarenprogramma aan dit projectvoorstel besteden.

Opnieuw grijpt EZ de kans aan die zich voordoet de Nederlandse industrie een krachtige impuls te geven om de MCFC te ontwikkelen.

Annelies Jansen, sinds jaar en dag secretaresse van Kees van der Klein, bekijkt een gedeeltelijk geassembleerde MCFC-stack met randapparatuur.



6

TWEEDE SPEL

IN HET MEERJARENPROGRAMMA BRANDSTOFCELLEN 1996-2000, dat december 1996 wordt vastgesteld, speelt het BCN-project de hoofdrol: 15 van de 45 miljoen gulden is hiervoor gereserveerd.

In het document vinden wij een uitgebreide beschouwing over de energievoorziening van de toekomst. Het besef dat het broeikaseffect maatgevend gaat worden voor de menselijke energie-ambities is ten volle doorbroken; er wordt nu gedacht over de omtrekken van een duurzame energievoorziening én de manier waarop we die kunnen bereiken. Wat moet de vorm zijn waarin energie wordt opgeslagen en getransporteerd? We hebben op dit moment distributiesystemen voor elektriciteit, aardgas, en benzine (LPG, diesel) – welke hiervan moeten behouden blijven en hoe moeten ze worden aangepast? Hoe zullen de duurzame energiebronnen (zon, wind, biomassa) worden gebruikt? Zal er tussen opwekking en gebruik nog een tussenstap (opslag) nodig zijn, en zo ja, in welke vorm dan?

Uit de beschouwingen volgt een belangrijke rol voor warmte/krachtkoppeling. Als elektriciteit en warmte gezamenlijk worden opgewekt, kan de warmte, die moeilijk getransporteerd kan worden, immers direct worden gebruikt, waardoor de efficiency van het energiegebruik toeneemt.

Binnen warmte/kracht nemen brandstofcellen weer een aparte plaats in. Als voordelen worden nog steeds genoemd: zeer lage uitworp van schadelijke gassen, bijna geen productie van geluid en trillingen, en dit alles gepaard aan een goed rendement, ook bij kleine vermogens en in deellast. Geen enkele concurrerende technologie bezit al deze eigenschappen tegelijkertijd. Als erg aantrekkelijk komt nu de combinatie van brandstofcel en gasturbine naar voren, waardoor nog hogere rendementen te behalen zijn.

“Het perspectief is dus dat brandstofcellen aan behoeften in de markt beter kunnen gaan voldoen dan de andere opties en dat het daarom gewenst is dat wij in Nederland op passende schaal aan een zorgvuldig gekozen ontwikkeling van brandstofcellen blijven werken. ... Het is van belang dat Nederland mee blijft doen met de ontwikkeling van de brandstofcel-technologie en de ontwikkelingen in het buitenland zorgvuldig blijft volgen. Dit is nodig om met kennis van zaken aantrekkelijke toepassingen van brandstofcellen te kunnen ontwikkelen ten behoeve van de eigen industrie. Bovendien beschikken wij dan over voldoende kennis van zaken om te kunnen onderhandelen met buitenlandse aanbieders van brandstofcellen.”

Zoals vanaf het begin van deze historie spelen hier twee motieven tegelijkertijd een rol. Het zoeken naar betere (meer efficiënte) vormen van energievoorziening én het versterken van de rol van de Nederlandse industrie.

Met enige trots wordt in het meerjarenprogramma vermeld dat op een groot internationaal symposium in 1995 waardering is gebleken voor ECN “als R&D-partner in Europese projecten. Internationaal bestaat er grote belangstelling voor het Joule project ‘Advanced DIR-MCFC’. Het blijkt dat de conclusies uit het BCN-project nu langzamerhand ook door anderen worden getrokken. In realiteitszin loopt Nederland voorop.”

Het gaat hierbij om de erkenning dat de technische problemen met de MCFC nog niet overwonnen zijn, en dat het toewerken naar grootschalige experimenten alleen zin heeft als deze technische problemen eerst onder de knie zijn. Bij EZ, Novem, BCN en ECN heerst het gevoel dat met het plan voor de ‘Advanced DIR-MCFC’ (zoals het is gaan heten) gezichtsverlies is voorkómen, en dat Nederland nu weer volwaardig meedoet en misschien wel een koppositie heeft verworven.

Kenmerkend voor dit project, dat we korthedshalve BCN-2 zullen noemen, is de top-down benadering, in overeenstemming met de geleerde lessen. Uit de marktanalyse blijkt dat kansen vooral liggen in de vermogens rond vierhonderd kilowatt, en dat de MCFC in eerste instantie vooral kansen heeft bij ziekenhuizen. Van daaruit wordt een specificatie voor het benodigde apparaat gemaakt; vanuit dit gehele apparaat wordt weer bezien wat voor stack er moet komen. Vanuit deze benadering worden alle componenten gespecificeerd, en bekeken of deze specificaties gehaald kunnen worden.

Er wordt ook een computermodel ontwikkeld voor het analyseren van MCFC's; hiermee gaan de ontwerpers tot in detail na of, en hoe, het betreffende ontwerp zal werken. Hiermee kan ook een gedetailleerde kostenanalyse worden gemaakt van het ontwerp.

Het doel van het project is opnieuw te beoordelen of het concept technisch en commercieel levensvatbaar kan zijn. Het programma omvat 25 miljoen. Hiervan betaalt de EU 35%, Novem 30%, ECN 22%, British Gas 8,4%, BCN + Stork + De Schelde 2,1%, Gaz de France 2,0% en Sydkraft 0,4%. Vergeleken met het voorstel van februari 1995 is er – vanwege beperkingen in de Europese financiering – nog één onderdeel uitgehaald (het ontwikkelen van een betere matrix), dat apart door Novem wordt gefinancierd.

De distributiebedrijven nemen een afwachtende houding aan: zij zullen de MCFC gaan toepassen wanneer deze beschikbaar komt, maar blijven tot die tijd afzijdig. Van de kant van BCN bestaat evenmin behoefte aan een nieuwe vrijage met deze partners. SEP trekt zich terug. Peppink: “Wij waren erg verbaasd toen BCN het een tweede keer wilde proberen. De omgeving werd alleen maar moeilijker, met de liberalisering van de elektriciteitssector. Ook nu adviseerden bureaus weer negatief – systematisch zijn alle negatieve adviezen genegeerd. Althans, voor de buitenwacht lijkt het alsof er niets mee gedaan is. Het had te denken moeten geven dat Stork en De Schelde slechts weinig geld in het nieuwe partnerschap wilden steken. Het nieuwe cluster is met hangen en wurgen gevormd. Daar kan maar één idee achter zitten: *het moet*.”

Het werk aan het nieuwe ontwerp verloopt buitengewoon voorspoedig. Alle problemen van de voorgaande fase zijn overwonnen. De contracten kloppen, de taken zijn helder verdeeld, er zijn geen meningsverschillen tussen partijen, of buitenlandse partners die geld ruiken. De overhead bedraagt niet meer dan drie ton per jaar, door een zeer simpele organisatie. Terwijl in de vorige fase het kantoor ruim en luxe was ingericht, wordt de directie nu ondergebracht bij Stork Alpha in Beverwijk (waar Kees de Koning tien procent van zijn tijd aan BCN besteedt); daar wordt voor BCN één kamer vrijgemaakt. Het projectmanagement wordt gevoerd door Peter Kortbeek en Ron Ottevanger. Bij ECN berust de leiding bij Sytze van der Molen en Joep Huijsmans. Kees van der Klein beperkt zich tot het commissariaat bij BCN, samen met Harry van den Kroonenberg (tot diens dood in 1996). Er is al met al op organisatieniveau



Toepassing van ECN-octrooi 'Corrosie-resistente separatorplaat' helpt de levensduur van de MCFC te verlengen tot 40.000 bedrijfsuren. Uitvinders: Robert Makkus (rechts), Arno Janssen en Michael Hoffmann (niet op de foto).

een heel bescheiden ambitie. BCN is geen industriële onderneming meer die iets gaat maken, maar een bureau voor programmabeheer.

Alle nadruk ligt in het begin op het ontwerpen en doorrekenen van een concept. Op diverse terreinen worden hierbij doorbraken geboekt. Het ontwerp munt uit door elegantie. Zoveel mogelijk afzonderlijke stappen worden gecombineerd, of door de lay-out overbodig gemaakt. In vorige ontwerpen was bijvoorbeeld koeling nodig van de kathodegassen. Dit vereiste warmtewisselaars en zogenaamde cathode recycle blowers, alsmede een dure hoge-temperatuurregeling. In het ontwerp worden al deze onderdelen overbodig gemaakt door het kathodegas niet door één maar door drie celstacks te laten stromen, en bij elke stack eenvoudig een hoeveelheid verse, koele lucht toe te voegen. Het gehele concept wordt 'Smarter' genoemd, en het wordt gekenmerkt door het zo veel mogelijk koppelen van warmtestromen en gasstromen, zodat pompen en kleppen zo veel mogelijk worden vermeden.

Door een reeks van zulke aanpassingen past het ontwerp in een zee-container. Terwijl bij het vorige ontwerp de 'balance of plant' gigantische vormen had aangenomen, past het huidige in een formaat dat goed hanteerbaar is.

Ook aan de kant van de materialen en de productiewijze vinden doorbraken plaats. Er wordt eindelijk een oplossing gevonden voor de corrosieproblemen die ECN al vanaf 1985 plagen. Ook de afdichting lukt door nieuwe vindingen beter dan ooit. Door alle verbeteringen is er uitzicht op een levensduur van 25.000 of misschien wel 40.000 uur, een aanzienlijke verbetering bij bestaande stacks.

Maar dan worden de kosten berekend van het produceren van het ontwerp. Dit vindt plaats op een in de industrie gebruikelijke wijze. Waar kosten van onderdelen bekend zijn worden ze direct overgenomen; waar kosten van onderdelen niet bekend zijn worden ze geschat op grond van het aantal kilo's materiaal die daarvoor nodig zijn. Hierop wordt een factor in mindering gebracht voor de effecten van massaproductie op de kostprijs.

Het resultaat is ontmoedigend. Ook bij massaproductie zal het 'Smarter'-ontwerp nog twee keer te duur zijn. De liberalisering van de energiemarkt heeft doorgezet en de kosten van elektriciteit hebben een dieptepunt bereikt. De MCFC zal al niet tegen elektriciteit uit het net kunnen concurreren, en nog minder tegen concurrerende technologieën. Nieuwe doorbraken zullen nodig zijn om het apparaat tot een commercieel succes te laten worden. Bijvoorbeeld een verdubbeling van de levensduur. Of een sterke stijging van de (op dat moment erg lage) brandstofprijzen. Of een verbod op de uitworp van schadelijke stoffen (zogenaamde nulemissie verplichten). Geen van alle mogelijkheden is ook maar enigszins in zicht. Het vooruitzicht is het ontwerp in productie te nemen en de aanzienlijke aanloopverliezen te dekken zo lang nog niet één of meer van deze doorbraken werkelijkheid zijn geworden. De BCN-vennoten zijn daar niet toe in staat. De BCN-directie adviseert hen niet verder te gaan met de ontwikkeling van de MCFC.

BCN-directeur Kees de Koning zegt over deze fase: "Het project voorzigt in drie fasen: ontwerp, bouwen van een demonstratie-eenheid, en marktintroductie. Maar na analyse van het ontwerp hebben wij de vennoten moeten adviseren niet op deze weg verder te gaan. We hadden nu een technisch volkomen uitgebalanceerd ontwerp, maar moesten bij analyse concluderen dat het ook bij massaproductie een factor twee te duur zou zijn. Dat zou bij marktintroductie tot een aanzienlijke onrendabele top leiden, waarvoor dekking gezocht zou moeten worden. En daarvoor waren de vennoten van BCN niet sterk genoeg. Stork en De Schelde kampen beide met grote problemen en zouden de aanzienlijke investeringen nooit kunnen opbrengen."

Bij Stork, nu onder leiding van Aad Veenman, werkt men aan een nieuwe strategie. Het idee is zich te gaan concentreren op het onderhoud van apparatuur. Een MCFC-productielijn past daar niet in. Bij De Schelde zijn de problemen nog groter; de onttakeling van het bedrijf zet daar in.

Kees de Koning: “We hebben de juiste beslissing genomen. MTU was op dat moment op hetzelfde punt, maar zij zijn onderdeel van Daimler Chrysler en kunnen daardoor heel andere afwegingen maken dan wij. Ze zijn doorgegaan. De Italianen hadden een grotere installatie gebouwd dan wij. Wij hadden dat ook kunnen doen, maar vonden dat zinloos. Je leert weinig van dinosaurussen, daar zijn er al genoeg van gebouwd in de loop van de ontwikkeling van brandstofcellen. Qua analyse liep Nederland daarentegen v r voorop.”

“In de VS zie je dat het nemen van besluiten nog veel moeilijker is. Men gaat daar tot het bittere einde door – totdat er werkelijk geen glimpje perspectief meer te ontdekken valt.”

Naderhand, als alle besluiten al genomen zijn, komen de ontwerpers nog een keer bij elkaar om te brainstormen over de vraag of niet ergens alsnog de factor twee gewonnen had kunnen worden die men tekort komt. Een paar opties lijken reëel maar elk van deze opties gaat ten koste van iets, waardoor het voordeel weer verdwijnt: levensduur, prestaties etc. De conclusie is: kennelijk is dit in wezen een dure technologie.

BCN probeert nog wel andere partners te interesseren voor een veldtest. Hiervoor is 25 miljoen nodig. Midden in de discussie hierover bereikt BCN het bericht dat EZ het Nationaal Onderzoekprogramma Brandstofcellen heeft gestopt. Het bericht komt als een complete verrassing. BCN hoort het van de Europese subsidiegever.

Kees de Koning: “Wij hadden een contract voor drie jaar, en hadden verlenging met zes maanden aangevraagd, nodig om een demonstratietest te verlengen van 3.000 naar 6.000 uur. Het ging niet om meer geld, alleen om het oprekken van de tijdspanne van het project. Wij waren hoogst verbaasd dat dit door de Commissie werd geweigerd. Bij het informeren naar de beweegredenen hoorden wij pas (via Brussel!) dat het Nederlandse onderzoekprogramma was stopgezet. Wij hebben daarover nooit een formeel schrijven gehad.”

Wat gaat aan deze verrassende ontknoping vooraf? EZ laat in 1998 een evaluatie van het brandstofcelprogramma uitvoeren door Price Waterhouse Coopers. De adviseurs praten met negentien mensen, onder wie Ton Kipperman en Henk Barten van Novem; Kees van der Klein en

Sytze van der Molen van ECN; en de hele top van BCN. Het tijdstip van de evaluatie is veelzeggend. Het brandstofcelprogramma 1996-2000 is nog maar halverwege. Maar de signalen worden niet goed uitgezonden – of misschien wel niet goed opgevangen.

Het rapport van Price Waterhouse Coopers is gedateerd 10 oktober 1998. Hoewel de hele brandstofcelgemeenschap is geïnterviewd, en ieder ook zijn of haar interview heeft kunnen inzien, valt uit de loop van de gebeurtenissen op te maken dat de teneur en conclusies van het rapport voor iedereen buiten EZ een volslagen verrassing zijn. Nog in oktober komt het rapport op een interne EZ-vergadering aan de orde. Aanwezig zijn Stan Dessens, Peter Scholten (die Rens Knegt heeft opgevolgd als plaatsvervangend DG), Bernard Hanssen (directeur van de directie Energiebesparing en Duurzame Energie), Martin Blijerveld (de nieuwe direct verantwoordelijke ambtenaar voor het brandstofcelprogramma) en Jaap de Jong (hoofd van de afdeling Onderzoek).

Het PWC-rapport is overwegend kritisch van toon, vooral over de MCFC. Internationaal gaat het slecht met de MCFC. Gesignaleerd wordt dat een aantal grote praktijkexperimenten in de VS en Japan mislukt is, en dat zowel voor MCFC als voor SOFC een commerciële toepassing nog vele jaren ver weg ligt.

Dit wordt gekoppeld aan de constatering dat Stork en De Schelde de afgelopen jaren in de problemen zijn geraakt. Beide willen hun belang verder terugbrengen. Ze zijn beide niet sterk genoeg om de omvangrijke investeringen op te brengen, nodig voor het op de markt brengen van de MCFC. Voor Stork geldt verder dat het nieuwe BCN-concept minder aansluit bij de potentie van Stork; dit geldt zowel technisch (Stork doet niet aan serieproductie van warmte/kracht-eenheden), als qua markt (Stork heeft geen afzetkanaal voor de ziekenhuismarkt). Maar bij De Schelde speelt deze problematiek door de uitzichtloze toestand van het bedrijf noodgedwongen het sterkst. Binnen BCN wordt een en ander openlijk besproken, vaak in aanwezigheid van EZ. Er zijn dringend nieuwe partijen nodig voor marketing en ontwikkeling van de MCFC, maar deze worden niet gevonden.

In het PWC-rapport wordt geconcludeerd dat de industrie-doelstelling niet tot resultaat leidt; maar evenmin is dit het geval met de energie-doelstelling. Er moet met het BCN-ontwerp nog een proefinstallatie worden gebouwd, en pas daarna kan begonnen worden met praktijkexperimenten. Dit alles zal, aldus Price Waterhouse Coopers, nog wel de nodige proble-

men opleveren en dus nog wel enige tijd gaan duren. “Het (eventueel) bereiken van doelstellingen op het terrein van energiebesparing en emissies is daarom ook nog ver weg”.

Aan de SOFC en de PEMFC zullen we in hoofdstuk 7 meer aandacht besteden; hier is van belang dat over de SOFC soortgelijke conclusies worden getrokken, en dat in het rapport alleen bij de PEMFC concrete resultaten voor de industrie worden verwacht. De algehele conclusie over het bereiken van de doelstellingen van het programma is dan ook negatief. Er is voortgang geboekt op het gebied van kennisontwikkeling; maar op de terreinen van baten voor de industrie, en energiebesparing, is weinig bereikt.

“Hoewel het programma nog slechts halverwege zijn looptijd is, ontstaat de verwachting dat het programma niet in staat zal zijn binnen de resterende looptijd de doelen (toepassing) te bereiken. Daardoor is er ook geen uitzicht op positieve milieu-effecten van het programma. De redenen daarvoor zijn niet gelegen in het programma of de uitvoering, maar veeleer in het feit dat (wereldwijd) brandstofceltechnologie nog niet aan toepassing toe is.”

Aanbevolen wordt de onderzoekslijn MCFC “af te bouwen” vanwege onvoldoende perspectief, onder behoud van de bruikbare kennis. Hetzelfde zou moeten gebeuren met de andere onderzoeklijnen, tenzij er een realistisch toekomstperspectief wordt ontwikkeld. Het (internationale) bedrijfsleven zou sterker betrokken moeten worden. De oriëntatie van het programma zou moeten verschuiven van onderzoek naar systemen (dat wil zeggen: toepassing). Tenslotte zou het brandstofcelprogramma moeten worden aangesloten bij NECT, omdat het in de bijgestelde vorm sterke overlap vertoont.

NECT is het programma voor Nieuwe Energie Conversie Technologieën, een programma voor ondersteuning van de ontwikkeling van besparende en milieuvriendelijke energietechnologie, in de praktijk op dat moment sterk toegeschreven op gasturbines. Price Waterhouse Coopers oordeelt dat het tot op dat moment redelijk is geweest brandstofcellen niet daarin onder te brengen; deze waren onvoldoende ontwikkeld om de concurrentie aan te gaan. Maar met de nieuw voorgestelde praktische oriëntatie van het brandstofcelprogramma is er geen reden meer beide programma's gescheiden te houden.

Toch bereikt de buitenwereld niet het bericht: “het brandstofcelprogramma wordt samengevoegd met NECT”, maar: “het brandstofcelprogramma wordt gestopt”.

Jaap de Jong : “Uit de evaluatie bleek een armoedig beeld van de bereikte doelstellingen. De technologie zette niet door. Er waren geen veld-experimenten in zicht. Het besluit om te stoppen kwam als een opluchting. Iedereen had er zijn bevestiging van als overheid steeds maar weer de initiërende en vragende partij te moeten zijn. Natuurlijk speelde daarbij ook een rol dat het een tijd was van zelfreflectie op de taak van de overheid. Er lag meer nadruk op liberalisering en marktwerking, en we voelden er weinig meer voor om voortdurend initiatieven te nemen, zoals we met brandstofcellen steeds hadden gedaan”.

De positie van Dessens in dit geheel is interessant. Vanaf zijn aantreden in 1987 heeft hij zich vierkant achter het brandstofcelprogramma gesteld. Onder zijn leiding zijn telkens weer met EZ-geld de obstakels op het pad van de MCFC opgeruimd. Het perspectief voor de ‘veelbelovende’ technologie blijkt echter steeds opnieuw te wijken. In 1985 verwacht de Amerikaanse adviseur GDC dat er binnen vijf jaar een prototype van tweehonderd kilowatt kan worden gebouwd. In 1987 (bij de start van het industriële programma) is de verwachting dat er binnen vijf jaar een apparaat van driehonderd kilowatt bij Hoogovens kan staan, alsmede drie systemen van honderd kilowatt elders. In 1990 is bij ECN een systeem van één kilowatt gebouwd, en verwacht men binnen vijf jaar vijf apparaten van vijfhonderd kilowatt te demonstreren. In 1992 is het doel, binnen drie jaar diverse installaties voor SEP en de distributiebedrijven te bouwen, waarvan één van tweehonderdvijftig kilowatt. In 1994 is er één stack van tien kilowatt gereed, maar besloten wordt niet op deze lijn door te gaan. In 1998 zijn er enkele werkende testsystemen van twee en een halve kilowatt; en er ligt er een ontwerp voor een apparaat van vierhonderd kilowatt, waarvan echter al vaststaat dat het geen commercieel perspectief heeft.

Hoewel Dessens deze feiten zeker niet exact op een rij heeft, bestaat er een duidelijk besef dat er met meer dan tien jaar brandstofcelprogramma erg weinig concreets bereikt is. Bovendien staat DGE onder druk om met resultaten te komen. Er is ook moeizame voortgang in andere programma’s, zoals windenergie. Het gevoerde beleid heeft niet de doorbraken op het gebied van energiebesparing en schone technologie opgeleverd die in het vooruitzicht zijn gesteld. Het wordt tijd voor daden. En die komen.

Vast staat dat het besluit van de DGE-vergadering niet goed overkomt, en dat de buitenwereld iets anders verstaat dan door DGE is besloten. Er is een periode van onzekerheid van enkele maanden waarin de precieze

inhoud van de EZ-besluiten door de buitenwereld (Novem, ECN, BCN) worden afgetast, mede omdat er geen schriftelijke bevestiging en toelichting komt. Als het onderzoek aan brandstofcellen niet meer wordt ondersteund, geldt dat dan ook voor de ontwikkeling van systemen en conversie? Ook als we bedenken dat het niet expliciet de taak is van EZ om aan participanten in een programma te berichten over continuering of opheffing van het programma, kan hier worden gesproken van een tekort in de communicatie.

Europees ambtenaar Eric Ponthieu: “Ik was er erg verbaasd over dat het programma was gestopt. Ik had het gevoel dat ik er, vanwege de sterke samenwerking tussen nationale en Europese organisaties, eerder van op de hoogte had kunnen worden gebracht dat zo’n besluit ophanden was. Ik ondernam stappen om te proberen het besluit te beïnvloeden – verzond e-mails, voerde telefoongesprekken – maar slaagde er niet in het terug te draaien.”

Het EZ-besluit leidt ook tot problemen tussen BCN en de EU. Het verzoek om verlenging van de projectduur wordt afgewezen en de EU staakt direct haar bijdrage aan het project. Ponthieu daarover: “Deze beslissing stoelde op verschillende overwegingen. Ten eerste was er een groot verschil in het vermogen van de gerealiseerde projecten tussen de diverse Europese consortia. MTU had een jaar tevoren tweehonderdzeventig kilowatt gehaald met een erg innovatief concept. Ansaldo stond op het punt een test te doen met een systeem van honderd kilowatt. BCN had ternauwernood een paar kilowatt gehaald. Dit werd gezien als negatieve trend, vooral gezien de vrijwel gelijke financiering door de EU van deze drie belangrijkste consortia.”

“Ten tweede – in afwijking van onze doorgaans goede verstandhouding met de Nederlandse brandstofcelgemeenschap – hadden wij het gevoel dat de problemen van het project niet juist aan de Commissie waren doorgegeven. Het was niet duidelijk aan de Commissie hoe en waarom er problemen in het project waren opgekomen. Dit leidde tot een gebrek aan vertrouwen in het betreffende project”.

Als de interne en externe gasafdichting door de separatorplaat van een brandstofcel te wensen overlaat, heeft dit een negatieve invloed op respectievelijk het brandstofverbruik en op het milieu. Met eenvoudige doch doeltreffende technieken kon Bert Rietveld de kwaliteit van de afdichtingen sterk verbeteren. Beide technieken zijn geïmplementeerd.



“Verder kwam het verzoek erg laat binnen. Normaal gesproken wordt een contractwijziging twee tot drie maanden vóór afloop van het contract getekend. In dit geval kwam het verzoek om het project voort te zetten slechts twee maanden vóór het eind van 1998 binnen, de einddatum van het contract”.

“En tenslotte: de Nederlandse regering had haar brandstofcelprogramma stopgezet, en er waren grote twijfels over de levensverwachting van BCN; wij wisten ook van de problemen bij Stork en De Schelde”.

Het is waarschijnlijk dat BCN in deze fase schade ondervindt van haar afkeer om ‘dinosaurussen’ te bouwen. De missie van BCN wordt steeds weer geformuleerd als ‘het onderzoeken of commercialisatie van MCFC-technologie mogelijk is’; en in de BCN-filosofie heeft het geen zin om grote apparaten te bouwen die geen nieuw inzicht geven in deze vraag. Maar internationaal wordt het succes van een ontwikkelingslijn wél afgemeten aan de omvang van het apparaat dat men weet te bouwen; dat blijkt zowel uit de argumentatie van Price Waterhouse Coopers als die van de EU. Bij de EU wordt het niet-bouwen van grote apparaten zelfs gezien als een teken van ‘problemen’, en men vraagt zich af waarom men daar niet beter van op de hoogte is.

Maar het is de vraag of beter inzicht in deze kwestie bij de besluitvormers het project nog had kunnen redden. Jaap de Jong concludeert: “Stork en De Schelde zouden nooit een zelfscheppende industrie voor de brandstofcel kunnen worden. Tot en met after sales zouden er nog miljarden in gepompt hebben moeten worden.” Waarbij aangetekend moet worden dat het precies dit inzicht is dat reeds tien jaar eerder Hoogovens heeft doen besluiten uit de ontwikkeling van de MCFC te stappen.

Ook kan worden aangevoerd dat in 1998 de markt tegen zit. De liberalisering van de energiesector is in volle gang; elektriciteitsbedrijven zijn voor het eerst sinds mensenheugenis betrokken in felle prijsgevechten. Verder zijn de brandstofprijzen op een historisch dieptepunt. Er wordt bovendien aangevoerd dat de markt voor MCFC geen niches kent waarin het apparaat zich in betrekkelijke luwte verder kan ontwikkelen: vanaf het begin moet het de volle verwachtingen in de strijd met de concurrentie waarmaken. Maar zelfs bij een betere markt had het BCN-ontwerp het alleen met de steun van een sterke (dat wil zeggen: buitenlandse) partner kunnen redden.

Henk Barten van Novem signaleert dat de overheid kan kiezen aanloopverliezen voor haar rekening te nemen. “In de VS is dit gedaan met de

PAFC (dertig procent subsidie voor systemen). De bedoeling van zo'n steun is dat de industrie de kans krijgt al werkende verbeteringen aan te brengen in het systeem. Aan die innovatieslag hebben ze helaas niet gewerkt, waardoor de PAFC na tweehonderd systemen van tweehonderd kilowatt toch geen commercieel succes is geworden. De factor twee die de marketing van de MCFC in de weg zat, lijkt net op de grens."

"Het enige gebied dat traditioneel sterk genoeg geacht kan worden om de technologie snel te commercialiseren is de automobiellindustrie, samen met grootgebruikers als launching customers. Feitelijk zijn deze alleen in PEMFC-systemen geïnteresseerd. De lopende zeer zware investeringen vergroten overigens ook de kansen voor de ontwikkeling en toepassing van stationaire PEMFC-systemen."

Maar, zoals gezegd, in Nederland is de industrie in 1998 niet sterk genoeg om zulke investeringen voor de MCFC op zich te nemen; en de overheid is na vele jaren van ondersteuning niet langer bereid deze kar te trekken. Het doek valt definitief voor de MCFC in Nederland – dat wil zeggen: tot nu toe.

Het besluit van EZ leidt bij ECN tot grote consternatie. Het besluit van EZ treft ook het werk aan SOFC en PEMFC. De hieraan gewijde programma's zijn dan inmiddels zelfstandig en volwassen geworden, en hebben een gezamenlijke omzet van twaalf miljoen gulden, gelijk aan de MCFC-inspanning. ECN moet plotseling het brandstofcelprogramma uit eigen middelen betalen. Enige maanden lang bestaat er onzekerheid over de vraag of, en zo ja hoe, activiteiten rond brandstofcellen nog wel door EZ zullen worden gesubsidieerd. De onzekerheid hierover wordt als grote bedreiging beleefd.

Met enige vertraging wordt ECN tenslotte toch redelijk gecompenseerd. Een deel van het werk aan SOFC en PEMFC vindt een plaats bij andere programma's. Het nationale brandstofcelprogramma en NECT worden, zoals aanbevolen, samengevoegd; binnen een jaar wordt door Novem en EZ het programma NECST ontwikkeld, een algemeen stimuleringsprogramma voor besparende en milieuvriendelijke energietechnologie. Brandstofcelprojecten dingen hierin mee, evenals in programma's als Sprint (Novem), EET (Novem/Senter), Netto en BTS (Senter), en TOK (EZ Industrie & Diensten). Verder kunnen bedrijven nog ondersteuning krijgen via de WSBO (fiscale regeling voor speur- en ontwikkelingswerk). Wel is er duidelijk een afname van de geldstroom naar brandstofcelprojecten te constateren.

In totaal ontvangt ECN 6,4 miljoen voor 8 miljoen per jaar aan vervallende opdrachten. ECN ziet in de gebeurtenissen aanleiding om van zijn kant de prioriteiten anders te stellen. Het werk aan SOFC en PEMFC gaat door, met de nadruk op brandstofbehandeling, en materiaal- en systeemontwikkeling (dus géén stacks). Door nieuwe opdrachten uit de markt aan te trekken weet ECN het werk aan brandstofcellen zelfs nog op vrijwel hetzelfde peil te houden.

7

DE TROEVEN ACHTER DE HAND

DE ‘TROEVEN ACHTER DE HAND’ worden gevormd door de andere brandstofceltechnologieën: de AFC, PAFC, en de potentiële winnaars van nu: SOFC en vooral PEMFC. Hun geschiedenis is minder dramatisch dan die van de MCFC – met minder cycli van hoop en teleurstelling, minder hooggespannen verwachtingen, en zeker zonder de ambitie om hele industrieën in Nederland op te zetten – en met tenslotte voorlopig een beter resultaat.

Over de *alkalische brandstofcel* AFC zegt de Werkgroep Brandstofcellen (WGBC) in 1984, dat deze in een ‘pre-commercieel stadium’ verkeert. Vooral het voorvoegsel ‘pre’ moet hier worden onderstreept. Want DSM, betrokken bij deze cel onder meer via dochter Elenco, houdt in 1995 op deze lijn te ondersteunen.

Oorspronkelijk wordt de AFC met veel geld van het Europese ruimtevaartprogramma ESA gesteund. Deze cel is namelijk uitverkoren als energiebron voor de eerste Europese bemande ruimtevlucht. In het begin van de jaren ‘90 wordt het idee van zo’n Europese vlucht echter verlaten, en deze geldbron droogt op. De andere geldschietster is het Europese Eureka-programma, waarin een proefproject voor een brandstofcelbus is ondergebracht. Deze bus zou gaan rijden in Brussel en Amsterdam. Het busproject wordt ernstig vertraagd, en kort na het gereedkomen van de bus gaat Elenco failliet. De Elenco-kennis leeft echter tot op de dag van vandaag voort bij het Britse bedrijfje ZEVCO, dat op basis van deze technologie enkele AFC’s in Londense taxi’s heeft weten onder te brengen.

Op kleine schaal lijken de lotgevallen van de *fosforzure brandstofcel* PAFC wel op die van de MCFC. Op het moment waarop de Werkgroep Brandstofcellen met zijn aanbevelingen komt, zijn er reeds enkele zeer grote syste-

men gebouwd. De installatie van bijna vijf megawatt in Manhattan is weliswaar nooit in bedrijf geweest, maar een zusterinstallatie in Japan wordt in 1984 operationeel. Eenheden van tweehonderd kilowatt, hoewel nog veel te duur, zijn ‘commercieel’ verkrijgbaar. Het ligt voor de hand dat de WGBC praktijkproeven met de PAFC voorstelt.

In 1987, bij de start van het industriële programma, wordt aan dit idee vorm gegeven. De uitvoering van dit deel van het programma wordt in handen gelegd van Leo Blomen van het internationale ingenieursbureau KTI in Zoetermeer. KTI heeft dan al ruime ervaring met brandstofcel-systemen in de VS, en heeft bijgedragen aan de studies van PEO bij de start van het nationale brandstofcelprogramma. Gekozen wordt voor een eenheid van vijftientig kilowatt, die zal worden geplaatst bij Hoogovens. Als dat niet doorgaat, komt ECN in beeld. Uiteindelijk wordt de locatie de TU Delft. KTI ontwerpt het gehele apparaat, alle onderdelen worden los ingekocht. Door een fout van een technicus gaat de stack kapot en moet vervangen worden door een andere.

Midden in dit project wordt KTI overgenomen door Mannesmann. Dit leidt tot grote discussies over de vraag of een project onder KTI nog wel onder de doelstellingen van het nationaal programma valt. Eén van de doeleinden daarvan is immers de Nederlandse industrie te steunen. Mannesmann van haar kant aarzelt ook – onder druk van zware verliezen tijdens de Golfoorlog van 1990/1991 – over de vraag of men wel door wil gaan in brandstofcellen. Tenslotte vallen beide beslispunten negatief uit: Mannesmann trekt zich uit brandstofcellen terug, én KTI wordt niet langer beschouwd als Nederlands bedrijf en komt daardoor niet meer in aanmerking voor een rol in het nationale programma.

Inmiddels is de proef met de stack bij de TU Delft redelijk positief verlopen, en komt het plan op om een praktijkexperiment met een grotere eenheid (twee- à driehonderd kilowatt) te gaan uitvoeren. Geïnteresseerde partijen zijn Gasunie, VEG-Gasinstituut en diverse nutsbedrijven. Spoedig (we schrijven dan 1991) trekt Gasunie zich terug, door de trage besluitvorming bij Mannesmann en de financiële omvang van het project. Dan komt in beeld het inzetten van de PAFC bij een afval-waterstofstroom van een grote chemische industrie. Deze eenheid kan eventueel worden gecombineerd met een geavanceerde kleine gasturbine van het bedrijf Heron; EZ stimuleert inmiddels ook de ontwikkeling van dat apparaat.

Bij het zoeken naar een geschikte locatie voor het nieuwe project komt men uit bij Solvay in Limburg. Het nutsbedrijf MEGA zal als trekker

optreden. Uit technisch-economische studies blijkt echter dat het systeem flink wat groter zal moeten zijn dan oorspronkelijk gedacht, namelijk tien megawatt; een apparaat van dat vermogen is economisch haalbaar. Ook kan het worden gecombineerd met de Heron-gasturbine.

Een jaar later (1993) blijkt het project bij Solvay echter niet te kunnen lukken. Door veranderingen in het productieproces is er onvoldoende waterstof beschikbaar; bovendien zal de ontwikkelde warmte niet goed binnen Solvay afgezet kunnen worden. MEGA moet omkijken naar een andere locatie, en vindt een gewillig oor bij DSM.

Het project moet zich nu natuurlijk aanpassen bij de situatie bij DSM en gaat er als volgt uit zien. De PAFC-eenheid zal worden gevoed met een stroom van afvalgassen, waarin veel waterstof. Het is de bedoeling dat alléén de waterstof door de brandstofcel wordt benut, waardoor er een gas zal overblijven met ‘aardgaskwaliteit’, dat door DSM gebruikt zal worden in de ondervuring van stoomketels. De omvang van het apparaat zal twee à drie megawatt moeten worden.

In al deze jaren is de PAFC wel verder ontwikkeld – met name in de VS en Japan – maar met vallen en opstaan. De Amerikaans/Japanse combinatie UTC/Toshiba, opererend onder de naam International Fuel Cells (IFC) heeft rond 1988 geprobeerd, de PAFC te commercialiseren. Daarvoor wordt een centrale met een omvang van elf megawatt ontworpen en aan de markt aangeboden. De prijs valt echter bitter tegen. Bovendien blijkt het moeilijk een apparaat te ontwikkelen dat aan de eisen van alle gebruikers voldoet. Alleen in Tokio wordt tenslotte het ontwerp gerealiseerd.

Dit leidt tot teleurstelling in de markt en tot bijstelling van de strategie van de overige aanbieders. Diverse PAFC-aanbieders trekken zich terug en er blijven nog maar twee over: IFC en het Japanse Fuji. De laatste valt voor het DSM/MEGA-project af, omdat ze – met als motivatie de grote afstanden – tot 1998 geen systemen buiten Japan willen afzetten. Verder levert IFC alleen nog standaard-eenheden van tweehonderd kilowatt, veel te klein voor het DSM/MEGA-project. Bovendien blijken ze de Europese markt alleen te bedienen via de Italiaanse combinatie CNC/Ansaldo.

Met deze laatste worden in 1995 onderhandelingen gestart over de aanpassing van het standaard apparaat aan de praktijkomstandigheden. Deze lopen echter op niets uit. Er blijkt uiteindelijk op de markt géén PAFC te verkrijgen te zijn die voldoet aan de gestelde eisen. “Hieruit blijkt de afhankelijkheid van buitenlandse brandstofcel-leveranciers”

schrijft Novem aan EZ. Het DSM/MEG- initiatief moet worden stopgezet. Op aanwijzing van EZ worden voor de vrijvallende Novem-gelden geen nieuwe projecten gezocht – het brandstofcelprogramma is dan inmiddels stopgezet.

Een ander plan voor een PAFC-eenheid komt op in 1995, in het kader van het 'Hotel van de Toekomst', op initiatief van Chriet Titulaer. Dit moet, analoog aan het 'Huis van de Toekomst', een staalkaart gaan geven van moderne technologieën. De brandstofcel zal hier worden gebruikt voor verwarming en, via koppeling aan een absorptiekoelmachine, voor koeling. Maar ook deze ontwikkeling loopt op niets uit. Hier is het probleem niet de levering van het apparaat, maar de kracht van de organisatie die erachter staat. De kosten van het totale project lopen sterk op, en er ontstaat verzet van de lokale bevolking tegen de plek waar het hotel moet komen. Het Hotel van de Toekomst komt uiteindelijk helemaal niet van de grond – en daarmee verdwijnt ook deze PAFC-toepassing van de kaart.

Uiteindelijk loopt de PAFC stuk op de kostprijs. In 1996 neemt het Amerikaanse Congres nog wel een voorstel aan voor financiële ondersteuning van PAFC-projecten met ongeveer dertig procent van de aanschafprijs. Er worden tweehonderd van dergelijke systemen geplaatst. Maar de gehoopte invloed op de productiekosten blijft achterwege. Anno 2000 zijn PAFC-systemen nog wel leverbaar; maar de markt ervoor is zó klein dat de levensvatbaarheid van deze categorie brandstofcellen niet groot meer is.

De *vaste-oxide-brandstofcel* SOFC ligt voor de Werkgroep Brandstofcellen in 1984 nog buiten het veld van de serieuze opties. De belangstelling daarvoor komt rond 1988 echter sterk op. Enige tijd is de SOFC over de hele wereld een geliefd onderzoeksterrein voor universiteiten, die een veelheid aan materialen testen voor kathode, anode en elektrolyt. ECN begint Novem-gesponsord SOFC-onderzoek in 1990 (eigenlijk als vorm van verzekering tegen het mogelijk mislukken van de MCFC), samen met Universiteit Twente, TU Delft en TNO. Het onderzoek richt zich vooral op het verlagen van de werkingstemperatuur van ongeveer 1000 naar 800°C, waardoor minder dure materialen voor cel en separatorplaat kunnen worden gebruikt.

In 1991 begint ECN een zeer vruchtbare samenwerking met Siemens. Siemens ontwikkelt de stack (een model met vlakke platen), en ECN de keramische componenten van de individuele cellen. Dit project wordt mede

gefinancierd door de Europese Unie. Ook opent ECN met eigen geld nog een aparte onderzoekslijn, gericht op interne reforming van aardgas in een SOFC.

In 1994, bij het mislukken van BCN-1, wordt het wegvallen van het werk aan de MCFC bij ECN voor een belangrijk deel gecompenseerd door nieuw werk aan de SOFC. In dat jaar wordt een belangrijk contract gesloten met het Zwitserse bedrijf Sulzer. Door dit bedrijf wordt een micro-warmte/kracht-systeem ontwikkeld voor toepassing in huizen (waarbij dus uit gas via een brandstofcel elektriciteit én warmte wordt gemaakt); ECN levert hiervoor, op basis van zijn keramische kennis, de individuele cellen. Een jaar later sluit ECN eenzelfde contract met Siemens.

Intussen ligt een andere hoofdlijn van de ontwikkeling van de SOFC nog steeds in de Verenigde Staten. Westinghouse heeft een eigen apparaat, het zogenaamde buizenconcept, en trekt deze technologie al sinds de vroege jaren '70. Westinghouse kampt met verschijnselen die we reeds bij de MCFC hebben gezien: hoge verwachtingen die niet worden ingelost, en projecten waarvan de realisatie tot tien jaar achterloopt bij de voorspelling. Toch valt in 1993 het oog van enkele Nederlandse distributiebedrijven op de SOFC van Westinghouse. Het is hun bedoeling deze technologie te gebruiken voor een stadsverwarmingsproject; dit als tweede lijn naast hun deelname aan de ontwikkeling van de MCFC. Westinghouse zegt toe een SOFC-systeem van honderd kilowatt te kunnen leveren.

De Europese Unie blijkt geen steun aan dit project te willen geven: het gaat om concurrerende, Amerikaanse technologie. Deze heeft een ander ontwerp dan de SOFC van Siemens, en samenwerking blijkt niet goed mogelijk. Financiering wordt tenslotte gevonden in een samenwerkingsverband van Novem, het Deense distributiebedrijf Elsam, EnergieNed, en diverse Nederlandse distributiebedrijven, waarbij de grootste bijdragen worden geleverd door PGEM (nu: NUON) en PNEM (nu: Essent). De brandstofcel zal worden geplaatst in een warmte/kracht-project in Westervoort.

Ook dit project loopt aanzienlijke vertraging op. Eerst eist EnergieNed dat het gehele systeem (afgezien van de eigenlijke stack) aan Europese normen moet voldoen. Dit heeft tot gevolg dat al deze componenten van Europese makelij moeten zijn. Ze worden apart verscheept naar de VS. Dan blijkt dat Westinghouse problemen heeft met het opstarten van zijn productie-eenheid in Pittsburg. Deze bestelling is de eerste grote SOFC-order voor het Amerikaanse bedrijf. Tenslotte worden alle onderdelen

aangeleverd en start het project in Westervoort met enkele jaren vertraging in 1998. Na vierduizend uur draaien blijkt dat het geleverde vermogen veel sneller achteruit gaat dan verwacht. De stack wordt gedemonteerd en naar de VS verscheept. Na reparatie draait hij tot tevredenheid.

In 1998 wordt Westinghouse overgenomen door Siemens. Al snel wordt duidelijk dat dit ook gevolgen heeft voor de SOFC-technologie: Siemens stopt met zijn eigen vlakke-plaat-ontwerp, ten gunste van het buizenconcept van Westinghouse. Even bestaat nog bij ECN en Novem de ambitie om via ECN de Siemens-kennis in Nederland over te nemen en zo de productie van SOFC's ter hand te nemen. Maar welke merites dit plan ook heeft, het tij is in elk geval niet gunstig: het brandstofcelprogramma is net gestopt, en het plan moet wegens onvoldoende steun weer worden verlaten.

Een ontwikkeling die wel van de grond komt is de commercialisatie van het werk van ECN voor Sulzer. Vanuit ECN wordt in 1998 het bedrijf InDEC opgericht, dat de productie van keramische componenten voor brandstofcelsystemen ter hand neemt. Nieuwe coalities en spin-offs zijn in de maak.

Ook Shell is betrokken geraakt bij brandstofcellen, onder meer door een samenwerkingsverband met Siemens/Westinghouse. Eén van de mogelijke toepassingen betreft de energievoorziening van booreilanden op zee, waarbij restanten aardgas met behulp van een SOFC worden benut. Verder is Shell actief in processortechnologie, die erop gericht is om de juiste brandstof voor een cel te synthetiseren. Mogelijke toepassingen hiervoor zijn zowel stationair (in fabrieken) als mobiel (in voertuigen). ECN is hierbij een belangrijke partner.

De *vaste-polymeerb-brandstofcel* PEMFC lijkt op zijn gebied (om te beginnen met automotoren) een winnaar te gaan worden; ook hier spreekt Nederland anno 2000 een woordje mee. Als de Werkgroep Brandstofcellen in 1984 zijn advies uitbrengt bestaat de PEMFC al wel, maar deze wordt beschouwd als 'exotisch'. Hij is dan erg duur en wordt daardoor uitsluitend toegepast in de ruimtevaart en de krijgsmacht. De potentie van de cel wordt hoog ingeschat, met name voor toepassing in auto's, door zijn lage werkingstemperatuur, korte opstarttijd en hoge vermogensdichtheid. Maar de hoeveelheid dure materialen die moet worden gebruikt is aanvankelijk zó groot dat bijvoorbeeld de hele wereldproductie van platina op dat moment nodig is om per jaar slechts een paar procent van de auto's van PEMFC's te voorzien.

In de VS worden eind jaren '80 echter grote technologische doorbraken geboekt waardoor onder meer de benodigde hoeveelheid platina met een factor honderd omlaag gaat. In 1990 kijkt men daarom plotseling heel anders tegen de PEMFC aan. Nog steeds is hij erg duur, maar er is opeens groot vertrouwen in verdere technologische doorbraken die de kostprijs aanzienlijk kunnen drukken.

Spoedig komt de Canadese firma Ballard als leider in deze technologie naar voren. In 1993 rijdt de eerste Ballard-bus met een PEMFC-motor van ruim honderd kilowatt – en wat misschien nog belangrijker is in het perspectief van de historie van brandstofcellen: het project is slechts enkele maanden vertraagd. Ballard gaat al snel een combinatie aan met Daimler Benz; dit leidt in 1997 tot de vorming van een strategische alli-

De brandstofcel is nu nog te duur en daarom nog slechts in niche-markten verkoopbaar maar zal ongetwijfeld een centrale rol gaan spelen in de energievoorziening van de 21ste eeuw. De vooraanstaande Canadese firma Ballard beproefde enkele jaren lang een zestal waterstofbussen in de praktijk, elk met een vermogen van 260 kW (20 PEMFC-stacks van 13 kW).



antie. Eindelijk is er op het gebied van brandstofcellen een combinatie van een geslaagde technologische ontwikkeling en een kapitaalkrachtige onderneming die deze ondersteunt.

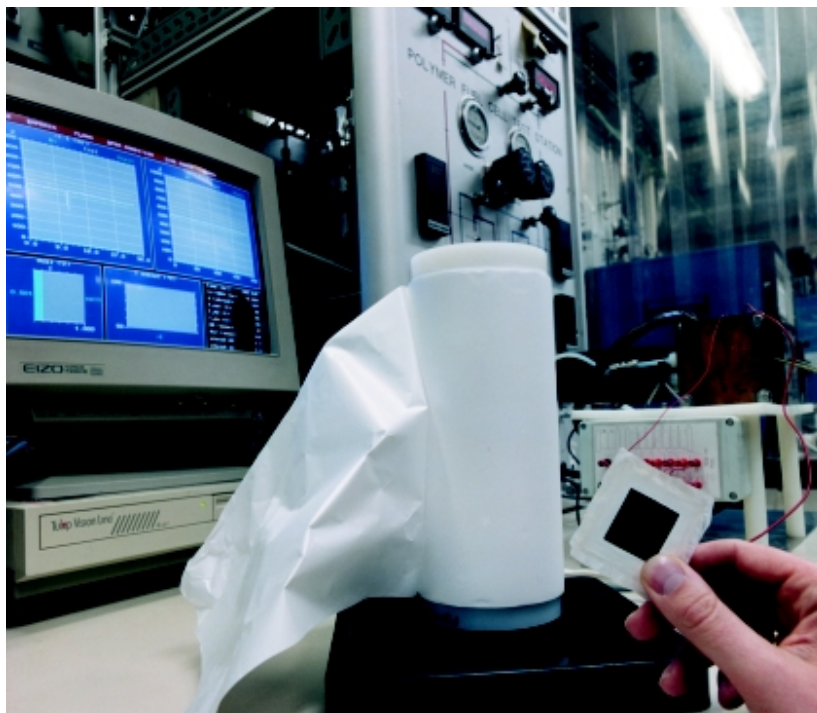
Internationaal krijgt de ontwikkeling van de PEMFC vleugels als de Amerikaanse overheid zich ermee gaat bemoeien. De staat Californië wil een eind maken aan luchtverontreiniging door auto's en kondigt een beleid af, waarbij in 1998 twee procent van de verkochte auto's een nul-emissie moet hebben; later wordt dit beleid vertraagd omdat het tijdstip 1998 onhaalbaar blijkt te zijn, maar er gaat een geweldige impuls van uit. Auto's op brandstofcellen gevoed met waterstof voldoen aan de gestelde eisen. In 1993 start de regering-Clinton bovendien een programma waarbij in tien jaar tijd het brandstofgebruik van auto's met een factor drie omlaag moet. Ook hier is de brandstofcel één van de meest in aanmerking komende kandidaten.

In Nederland start ECN in 1991 met het werk aan PEMFC's: men koopt een stack van drie kilowatt van Ballard om er proeven mee te doen. Het werk wordt grotendeels gefinancierd met eigen middelen uit het programma ENGINE en verder met steun van Novem. In 1992 wordt het zogenaamde Brass Board Project gestart, samen met Holec, TNO, en Engelse en Italiaanse partners. Doel is, een technologisch ontwerp te maken van een auto lopend op een PEMFC-brandstofcel. Ook probeert ECN de technologie van PEMFC-stacks te verbeteren, en nieuwe materialen toe te passen in separatorplaten.

Daarnaast krijgt ECN opdracht van Volkswagen om PEMFC-systemen uit te testen. Vanaf 1993 ontwikkelt, bouwt en test ECN in dit kader aandrijfsystemen op basis van de PEMFC. Als brandstof wordt methanol gebruikt, en veel aandacht gaat uit naar de reforming.

Belangrijk is, midden jaren '90, de ontdekking dat DSM een poreus folie in ontwikkeling heeft onder de merknaam Solupor, dat kan worden toegepast als matrix voor de polymeer elektrolyt in PEMFC's. Novem neemt het initiatief voor het testen van Solupor door ECN. Het materiaal wordt voorgelegd aan de mensen van Ballard en deze zijn enthousiast. In 1999 ontwikkelt DSM samen met ECN een productieprocédé voor Solupor. Eindelijk komt in Nederland op het gebied van brandstofcellen een geslaagde samenwerking tussen een bestaande grote industrie en ECN van de grond.

Een andere belangrijke nieuwe partij is Akzo Nobel. In 1998 komt Akzo, onder andere door contact met Novem, tot de conclusie dat haar



Het folie Solupor van DSM blijkt uitstekend te kunnen dienen als matrix voor de protonengeleidende elektrolyt voor de PEMFC, de vaste-polymeerbrandstofcel.

kennis op het gebied van productieprocessen van polymeren kan leiden tot een eigen productielijn van PEMFC's. In datzelfde jaar koopt Akzo echter Courtaulds, en in de nasleep van deze fusie wordt besloten dat alle 'Corporate Research' zal worden stopgezet.

Enkele medewerkers van Akzo, onder aanvoering van Erik Middelman, zijn het er niet mee eens dat deze veelbelovende ontwikkeling plotseling wordt afgebroken. Met steun van Akzo richten zij een bedrijf NedStack op, gericht op het verder ontwikkelen en in productie nemen van PEMFC-stacks. Ironisch genoeg wordt NedStack zo ongeveer opgericht op het moment dat het nationale brandstofcelprogramma wordt stopgezet. Toch wordt NedStack bij zijn ontwikkelingswerk geholpen door gelden uit diverse programma's van EZ. De kennis wordt overgedragen door Akzo, en het werk wordt verricht in nauwe samenwerking met ECN.

Ook de Koninklijke Marine heeft belangstelling voor de PEMFC. Marinevaartuigen hebben behoefte aan energie voor toepassingen als voortstuwing en vuurgeleiding. De brandstofcel is een aantrekkelijke technologie voor de krijgsmacht, omdat deze in wezen weinig geluid en trillingen produceert en daardoor moeilijker detecteerbaar is. Met geld van de marine worden onder meer opstellingen getest door TNO.

De prijsdoelstellingen van de internationale industrie voor PEMFC's zijn nog steeds erg ambitieus. Dat moet ook wel, willen PEMFC's daadwerkelijk op grote schaal de bestaande Otto- en dieselmotoren uit auto's verdringen. Als deze doelstellingen echt verwezenlijkt worden, komen nog veel méér toepassingen van PEMFC's boven de horizon dan alleen voortstuwing van auto's. Een groot deel van de markten voor andere brandstofcellen zou dan wel eens door de PEMFC opgeslokt kunnen worden; met name warmte/kracht in huizen en gebouwen.

Op basis van dat perspectief worden weer heel nieuwe coalities gesmeed. Een belangrijk voorbeeld in Nederland, passend in de tendens naar liberalisering, is het overnemen van de onderzoekspoot van Gastec (de ontwikkelingsmaatschappij van de gasbedrijven) door het Amerikaanse Plug Power, producent van PEMFC-systemen. Daardoor krijgt dit bedrijf toegang tot de Nederlandse markt van micro-warmte/kracht. Zeker is: de geschiedenis van de PEMFC kan nog niet worden geschreven, omdat deze technologie nog slechts aan het begin van zijn ontwikkeling staat.

Wat is nu de positie van Nederland in de mondiale ontwikkelingen? We hebben het gevraagd aan Erik Middelman van NedStack. Middelman: "Nederland heeft een behoorlijke positie opgebouwd in de MCFC. Het is echter niet waarschijnlijk dat deze technologie als winnaar uit de bus zal komen; Nederland heeft wat dat betreft op het verkeerde paard gewed."

"Op het gebied van de SOFC hebben ECN en InDEC een goede positie, vooral door hun materialenkennis. Op dat gebied behoren ze mondiaal tot de top. In hoeverre dat uiteindelijk tot economische activiteiten leidt, is op dit moment moeilijk in te schatten."

"Op het gebied van de AFC worden in Nederland geen activiteiten ondernomen. De rol van deze technologie wordt sterk bepaald door de vraag welke brandstof-infrastructuur zal worden ontwikkeld. AFC is gevoelig voor CO₂, en komt dus in mobiele toepassingen in de praktijk alleen in aanmerking als er een waterstof-infrastructuur tot stand komt. De technologie moet echter zeker niet bij voorbaat worden afgeschreven."



Het werkingsprincipe van de brandstofcel is al 150 jaar geleden ontdekt door Sir William Robert Grove. Nu gaat het nog om de ontwikkeling van goede en goedkope componenten.



“Zoals het er op het moment naar uit ziet zal de PEMFC het voor mobiele toepassingen winnen: de technologie is compact, licht, is aantrekkelijk qua levensduur en vermogensdichtheid, kan ook werken op een mengsel van CO_2 en H_2 en kan dus via een reformer ook werken op brandstoffen als methanol, benzine en diesel.”

“NedStack heeft geen positie met betrekking tot automotoren, wel op het gebied van materialen. Ons elektrisch geleidend composiet is beter dan het beste referentiemateriaal en beschermd door octrooien. Ook hebben wij een goed versterkt membraan op basis van een DSM-grondstof. In cel- en stackontwerp hebben wij een paar belangrijke octrooien. Een juiste inschatting van de positie is altijd moeilijk te maken, maar voor stationaire toepassingen in micro-warmte/kracht-installaties liggen wij vermoedelijk voor op onze collega's in Amerika.”

“Ook in reformer-kennis loopt Nederland redelijk voorop met activiteiten bij ECN, het deel van Gastec dat tegenwoordig Plug Power Nederland is, NedStack en Shell Hydrogen.”

Dit is dus het beeld anno 2000. Nederland is goed vertegenwoordigd in de technologieën die nu als winnaars worden beschouwd: PEMFC en SOFC. In overeenstemming met de omvang van ons land is er op dit gebied geen zelfscheppende industrie, maar wel een grondige vertegenwoordiging in de fabricage van componenten en de beheersing van deelprocessen als reforming.

Wat dat betekent is, zoals Middelman signaleert, moeilijk in te schatten, zo lang er niet daadwerkelijk massafabricage van brandstofcellen plaatsvindt. Er is een voortdurende worsteling van kennisinstituten, bedrijven en overheden om het winnende materiaal, het winnende cel-ontwerp, de winnende technologie.

In kaarttermen gesproken: het bod is uitgebracht, misschien is het afspel al begonnen. De spelers van de nationale ploeg bezien met vertrouwen de kaarten in hun handen, maar de laatste slag is nog niet binnen. En één slag is gemist: de ploeg is geen leider meer in het spel. Ze hebben het geprobeerd – maar dat hebben ze niet gered.

8

NASPEL: HET PERSPECTIEF VAN DE SPELERS

WE KEREN TERUG NAAR DE VRAGEN die we in het eerste hoofdstuk hebben gesteld. We vroegen ons daar af of het geld aan de MCFC wel goed besteed is. Wat heeft Nederland eraan overgehouden? Had hetzelfde resultaat niet kunnen worden bereikt met een aanzienlijk kleinere inspanning?

Aan deze vragen bleken nog vele andere vast te hangen. Hebben beleidsmakers de informatie uit de wetenschappelijke wereld wel kritisch genoeg bekeken? Heeft men niet te snel geloof gehecht aan positieve verhalen van mensen met belang bij onderzoeksgeld? Heeft men zich wel genoeg ingespannen om de industrie te betrekken bij de brandstofcel-ontwikkeling, en heeft men niet te veel geld besteed in fases waarbij de industrie niet betrokken was? Is het wel te verantwoorden dat tot tweemaal toe een grootscheepse poging is gedaan voor de commercialisatie van een MCFC-ontwerp? En anderzijds: was het wel verantwoord om het programma te stoppen op het moment waarop dat uiteindelijk is gebeurd?

En tenslotte de vraag of EZ en andere partijen goed hebben beseft dat men aan een technologisch ontwikkelingstraject deelnam, met de daaraan verbonden risico's – met name het risico dat zo'n traject technisch of commercieel kan mislukken.

Uit het relaas is wel duidelijk geworden dat er niet altijd één antwoord op deze vragen bestaat, maar dat alle spelers aan het spel hun eigen perspectief hebben. Een belangrijk deel van deze perspectieven is tussen neus en lippen al aan de orde gekomen. Zo hebben wij gezien dat in de eerste fase iedereen vertrouwde op de commissie-Barendrecht – maar dat er ook niet veel anders wás om op af te gaan. In een later stadium vertrouwde iedereen op ECN, terwijl men zich niet realiseerde dat ECN afkoerste op een nét iets ander doel dan de meeste andere spelers, namelijk een technologisch en geen commercieel doel; en dan ook nog (door de historie) een

beperkt technologisch doel, namelijk de ontwikkeling van een cel, en niet van een aggregaat. En we hebben gezien dat in het laatste stadium bij EZ de onvrede groeide over het gebrek aan succes van vijftien jaar stimulering, terwijl de medespelers in het spel zich daarvan niet bewust waren.

Wat heeft EZ gedreven in deze ontwikkeling? Het is meerdere malen gesteld: een dubbele doelstelling – bevordering van energiebesparing (met belangrijke milieu-effecten) én het verbeteren van de positie van de Nederlandse industrie. Deze twee motieven kunnen elkaar soms in de weg zitten.

De kar is getrokken door DGE. De middelen van DGE zijn over het hele spectrum ingezet: van subsidiëring van onderzoek en ontwikkeling, tot het overhalen van potentiële partners om mee te doen. Maatgevend bleef echter het energie-perspectief, waardoor de keuzen niet werden gemaakt vanuit het perspectief van deze partners. DGE overzag te weinig welke grote eisen op het gebied van brandstofcellen gesteld moesten worden aan een zelscheppende industrie – en had de pech dat de uitverkoren partners Stork en De Schelde aan het eind van het traject dermate verzwakt waren dat ze onmogelijk meer aan deze eisen konden voldoen. Achteraf moet worden geconcludeerd dat een zeer ingewikkelde technologie als die van de brandstofcellen bij het opzetten van daadwerkelijke productie buitengewoon kapitaalintensief is; zó kapitaalintensief dat deze een maatje te groot is voor een land als Nederland.

Eén ding heeft EZ heel goed gedaan: het maken van een keuze, en het ondersteunen van deze keuze gedurende lange tijd. Hein Willems, in een vroeg stadium verantwoordelijk vanuit EZ voor het brandstofcelprogramma: “Lange-termijnprojecten moet je blijven steunen. Je weet van tevoren dat je het lang vol moet houden, en dat moet je dan ook blijven doen.” De steun aan het brandstofcelprogramma heeft vijftien jaar geduurd. En dat terwijl het heroverwegen van eenmaal gemaakte keuzes bijna dagelijks werk is in de Nederlandse bestuurstraditie.

Aan het begin van het hele proces stonden de keuzen van de commissie-Barendrecht. Terugblikkend menen de meesten dat de keuze voor de MCFC goed is geweest. Kees de Koning bijvoorbeeld: “De commissie-Barendrecht heeft goed werk verricht en de keuzen die zij heeft gemaakt waren met de kennis van toen volkomen gerechtvaardigd.” En Pim Pietersz, die aan de voet stond van de inspanningen van EZ: “De keuze van de commissie-Barendrecht en EZ voor de MCFC was in die tijd logisch en

volkomen correct, hoewel er extern (o.a. DSM, KEMA, VEG/GI) verschillende meningen waren. De alkalische cel viel af vanwege zijn kwetsbaarheid voor onzuivere waterstof, de fosforzure cel was al het commerciële stadium genaderd, de vast-oxide-cel en de polymere cel stonden nog in de kinderschoenen.” Dat heeft voor jaren de richting van de Nederlandse inspanningen bepaald.

Toch zijn er ook sceptici, die vinden dat de overheid toen al beter op haar tellen had moeten passen. Gerard Peppink bijvoorbeeld, over de beginfase: “PEO organiseerde workshops over brandstofcellen. Daar werd een veel te rooskleurig beeld gegeven. Het was zorgwekkend hoe men consequent een eerlijke vergelijking met conventionele productie-technologieën vermeed aan te gaan. De perspectieven van nieuwe conventionele technologieën (STEG) negeerde men, en als iemand als ik daarop wees werd hij beschouwd als spelbreker. Men wilde het gewoon niet horen. EZ had met de negatieve adviezen iets moeten doen en ze op hun merites moeten beoordelen. Deze zijn echter steeds in de wind geslagen.”

En zelfs meent Peppink: “Alle argumenten voor de brandstofcel zijn uiteindelijk niet houdbaar. Bijvoorbeeld: de brandstofcel is schoon en produceert geen zwaveloxiden – ja, natuurlijk, als je van schone brandstoffen uitgaat. En: hij is low NO_x – en geavanceerde gasturbines dan? En je hoort ook: hij is goed in deellast – maar is hij ook goed in snelle lastwisselingen? Dan is het argument: hij is stil – maar de fabriek er omheen ook? En tenslotte wordt gezegd: hij haalt hoge rendementen – ja, in theorie, omdat er geen Carnot-cyclus aan te pas komt; maar het in de praktijk halen van het hoge rendement wordt zowel bij de brandstofcel als bij verbrandingsinstallaties beperkt door corrosieproblemen.”

Sceptici zijn er altijd bij het beoordelen van het perspectief van onderzoeksprojecten. Ook wanneer deze projecten later blijken te slagen. De les kan dus moeilijk zijn: luister beter naar sceptici. Een belangrijke les wordt echter door Peppink geformuleerd: denk niet alleen in projecten of programma's, maar spreid je risico's in een portfolio. Daartoe moet van elk project in een vroeg stadium het risico én de potentie worden bepaald.

“Je ondervraagt de onderzoekers (niet alleen de projectleider) over de technologische onzekerheden, de onzekerheden van de toepassingsfase, de kans van technologisch slagen, én de verwachte opbrengst. Dat dwingt hen, in een vroeg stadium te denken over de toepassing – en dat stimuleert de creativiteit in een andere richting. Je zet een rem op de *technology push*. Onderzoekers zijn zelf positief over de methodiek, ook als deze

ertoe leidt dat het onderzoek vroegtijdig wordt gestopt. Per slot van rekening is er niets zo onbevredigend als het tien jaar lang werken aan een onderzoek waarvan de resultaten achteraf alleen in de boekenkast terug te vinden zijn.”

De zo in kaart gebrachte risico's worden zodanig gerangschikt dat belist kan worden over een verantwoorde portfolio: voldoende gedurfd, maar ook met voldoende projecten die kans van slagen opleveren.

In 1984 is zo'n methodiek nog niet ontwikkeld. De WGBC adviseert eenvoudigweg: kies voor de MCFC. EZ volgt dat advies en blijft daarbij. Wanneer we kijken naar de invulling van deze langdurige keuze, blijkt echter dat de aansturing voortdurend die van een korte-termijnkeuze is geweest. Met grote gevolgen. Hein Willems: “Bij de start van het programma (in 1985) zouden er na drie jaar industriële partners moeten zijn. Een realistische inschatting zou zijn dat het vijftien jaar zou duren tot het eerste demonstratieproject. In EZ-stukken kwam echter een kortere termijn te staan. Zoiets wordt later een probleem. Men gaat dan terecht vragen waarom er nog geen demonstratieproject gaande is. Dit wippen tussen markt en onderzoek is een typisch EZ-probleem: zijn wij er voor lange-termijnonderzoek dat anders niet tot stand komt? Of zijn wij er om dingen die bijna van de grond zijn maar nog een extra zetje nodig hebben, dat zetje te geven? MCFC hoorde tot de eerste categorie en is ook om die reden binnengehaald; maar eenmaal binnen, werd MCFC behandeld alsof deze tot de tweede categorie behoorde.”

Dit leidde volgens hem onder meer tot gebrek aan flexibiliteit: “De keuze voor MCFC was uitstekend. Ook de keuze voor een aanvankelijk beperkt programma, gezien de fase waarin het onderzoek zich bevond. Maar daarna is het in een stroomversnelling geraakt waarin het niet meer bij te sturen was. Bijsturen is belangrijk omdat je anders tegen mislukkingen oploopt, met name vanwege te hoge verwachtingen.”

Met als belangrijke factor: “Het RSV-drama heeft EZ lang achtervolgd. Overheidsgeld mocht niet in bodemloze putten verdwijnen. Er was dus een geweldige druk om te roepen dat je binnen vijf jaar iets op de markt zou gaan zetten.”

En deze druk werd doorgegeven aan de onderzoekers en ontwikkelaars. In elke fase is van het MCFC-project verwacht dat het binnen vijf jaar resultaat zou leveren. De beleidsmakers vroegen het, de projectleiders formuleerden het. En dat niet alleen in Nederland. Over de hele wereld hebben technologen én beleidsmakers er in deze periode tien tot twintig

jaar naast gezeten. Ook hier, net als bij het spreken over ‘rendement’, zijn er snel misverstanden. Onderzoekers beloven *een* technologische stap binnen vijf jaar, beleidsmakers lezen (en hopen!) dat binnen vijf jaar *de* technologische stap gezet zal worden. Beide groepen hebben dit proces nodig. Onderzoekers hebben druk nodig, omdat zij anders nooit tot resultaat komen; beleidsmakers hebben vooruitzichten nodig, omdat zij anders nooit aan geld komen.

Gerrit Jan Schaeffer, die gepromoveerd is op het brandstofcelonderzoek: “EZ heeft altijd gejaagd. Er is nooit rust geweest in het brandstofcelprogramma. Dat wil zeggen dat men een ambitieus, industrieel programma wilde opzetten; de middelen waren echter beperkt, dus men deed dat met de middelen van een onderzoekprogramma. Er was niet het geld voor een industrieel programma, en niet de partners. De hoofdtak van het industriële programma werd bij een onderzoeksinstituut gelegd.”

“Achteraf beschouwd had men ‘rustig’ een onderzoekprogramma kunnen starten en afwachten of na enkele jaren kennisopbouw de industrie geïnteresseerd zou worden. Maar het moest altijd snel.”

“Of men had ervoor kunnen kiezen ervaring op te doen met installatie en onderhoud van brandstofcellen. Dan had men er enkele kunnen kopen en installeren. Dat had Nederland een installatie- en onderhoudsactiviteit opgeleverd.”

De ambities waren echter groter. En deze leken vervuld te gaan worden toen Hoogovens in het project stapte. Dat was een ideale partner. Toen Hoogovens afhaakte, stond EZ voor een cruciale beslissing. Er was een groot programma gaande dat alleen overeind gehouden kon worden door nieuwe industriële partners te vinden. Deze werden gevonden – maar tot welke prijs?

Stork en De Schelde hadden er niet veel zin in. Ze werden over de streep getrokken door EZ. Gerrit Jan Schaeffer noemt dat: “technology push onder het mom van market pull”. De motivering voor het project is het ontwikkelen van nieuwe technologie (technology push). De ervaring leert echter dat dit weinig succesvol is; het is noodzakelijk voor succes dat een industrie het project trekt omdat die er brood in ziet (market pull). Men gaat op zoek, en er wordt een industrie gevonden; echter: niet een industrie die de kar trekt omdat ze er brood in ziet, maar één die geen neen kan zeggen tegen de vrager. Dat is uiteraard iets anders. Vandaar: technology push onder het mom van market pull.

De betreffende industrie zal het project minder enthousiast trekken dan gewenst. Schaeffer: “Stork en De Schelde hebben er per saldo nauwelijks geld in gestoken. Ze hebben voortdurend geaarzeld om mee te doen en toch wilden ze niet afhaken. Het afbreken van de onderhandelingen in 1990 was vooral om meer geld van de overheid los te krijgen, en dat is hen gelukt. Ook een effect van het afhaken was dat de doeleinden scherper werden gesteld en de lat hoger werd gelegd. Er mocht daardoor niets meer mis gaan. Maar bij een onderzoeksproject gaat altijd wel iets mis. Dus toen er in het tweede jaar tegenvallers waren, was dat meteen einde oefening.”

Niet alleen Stork en De Schelde werden door EZ overgehaald, ook SEP. Dessens en Knecht hebben zich na het afhaken van Hoogovens alle mogelijke moeite getroost om een consortium rond de MCFC te formeren en hebben daarbij creatief gebruik gemaakt van de vele formele en informele relaties die zij hadden met de industrie en de elektriciteitssector. Hoewel de roep om een ‘terugtrekkende overheid’ ook toen al klonk, trok EZ daardoor toch in feite de ontwikkeling.

Een gevolg van de aarzelingen van de industrie hebben wij al gezien. Kees de Koning, namens die industrie: “ECN heeft te lang op een eiland gezeten. Ze hebben hard geprobeerd bedrijven erbij te halen, maar voor geen enkel Nederlands bedrijf was de brandstofcel core business.” Doordat ze zo lang op een eiland zaten – zonder industriële aansturing, maar wel met een industriële opdracht – bleek het ECN-werk in BCN-1 ten slotte niet tot een acceptabel werkend apparaat te leiden.

Een ander gevolg van het ‘jagen’ is dat te snel over echte barrières is heengestapt. Hein Willems: “BCN-1 kwam rijkelijk vroeg. Je moet fundamentele vraagstukken eerst oplossen voordat je naar de demonstratiefase overgaat. De problemen waarmee het onderzoek eind jaren ‘80 kampte, waren geen opschalingsproblemen maar fundamentele vraagstukken, met name corrosie. Deze hadden eerst opgelost moeten worden. Les: respecteer dat er fundamentele problemen kunnen zijn, en dat deze de voortgang van het project enige tijd kunnen ophouden.”

En Gerrit Jan Schaeffer signaleert nog een ander probleem door de betrachte haast: “‘Snel’ betekende ook: met Amerikaanse licenties. Daarmee zit men tot de dag van vandaag in het haar, want er is goede kennis opgebouwd maar men kan die niet marketen: men zit nog steeds met de Amerikaanse oorsprong van de kennis. Anderzijds zijn er ook Stork en

De Schelde die op hun deel van de kennis zitten en alsnog willen proberen daar geld of activiteiten uit te halen. Daardoor is de BCN-kennis ‘dood’ en kan vrijwel niet door de nu nog actieve partijen in MCFC worden gebruikt. Misschien is het het beste de zaak vijftien jaar te laten rusten totdat de licenties verstreken zijn; gezien de cyclus der dingen is het te verwachten dat er dan weer belangstelling voor ontstaat.”

Kees de Koning van BCN en Stork maakt over de licenties hetzelfde punt: “De start met het overnemen van kennis van IGT is ongelukkig geweest. Nog steeds rust er uit dat verleden een hypotheek op BCN. Wij zouden voor elke gebouwde installatie, op grond van de indertijd gesloten contracten, een kwart miljoen dollar aan IGT moeten betalen.” We kunnen eraan toevoegen: hier is iets mis gegaan. Want de andere Europese MCFC-bedrijven, MTU en Ansaldo, zijn anno 2000 wel helemaal vrij van rechten tegenover hun oorspronkelijke Amerikaanse licentiegevers.

En Gerrit Jan Schaeffer heeft nóg een punt. “Het denken over ambitie kan op dwaalwegen worden gebracht door de termen waarin men deze formuleert. ‘Het denken blokkeert dan de toepassing.’ Het denken over brandstofcellen was in termen van achtereenvolgende stappen: eerst ontwikkelen, dan bouwen. Bij windmolens heeft men nooit last gehad van deze blokkade. Tot op de dag van vandaag gaan bouwen en ontwikkelen hand in hand. Bij brandstofcellen heeft dit geleid tot een blokkade op de toepassing: eerst moest er ‘uitontwikkeld’ zijn, daarna kon men pas gaan bouwen.”

“Bijvoorbeeld: in de jaren ‘80 werd niet voor de AFC gekozen omdat deze ‘uitontwikkeld’ was. Dat betekende alleen maar: hij wordt al verkocht. Maar er viel nog veel aan te doen! Dat hebben de Britten laten zien, die met kennis van Elenco nu nog steeds AFC’s verkopen. De keuze tegen de AFC is mede gemaakt vanwege het belang van de onderzoekinstellingen die behoefte hadden aan onderzoek.”

Maar genoeg! Tot zo ver de ellende. Nu de keerzijde. Het MCFC-project wordt door een aantal betrokkenen als een “groot succes” gezien. Hoe komen zij daarbij?

Allereerst Hein Willems: “Het hele MCFC-programma is een groot succes geweest. De start was heel goed. Al na enkele jaren was ECN het expertise-centrum voor brandstofcellen in Europa.”

En Jaap de Jong: “ECN heeft in de jaren negentig een geweldige positie opgebouwd. Een kwart van alle gelden in het Vierde Kaderprogramma



Voor de productie van SOFC-componenten, onder meer voor Sulzer Hexis, heeft ECN de bv InDEC opgericht, een volle dochter.

voor brandstofcellen ging naar ECN. Het was op het gebied van brandstofcellen een topinstituut.”

En ook Gerrit Jan Schaeffer vindt: “Nederland heeft er een heel goede naam op het gebied van brandstofcellen aan overgehouden.”

Kees van der Klein van ECN, bij wie een groot deel van deze voordelen terecht zijn gekomen: “We hebben een unieke positie opgebouwd in de wetenschappelijke wereld. Nederlanders treden geregeld op op internationale congressen, vaak als keynote speakers.”

Van groter economisch belang dan voordrachten aan internationale congressen is het punt dat Henk Barten van Novem aanroert: “Er is een belangrijke leercurve in de Nederlandse participatie aan brandstofcelprogramma’s. In de MCFC is – afhankelijk van de wijze van berekening – zo’n honderdvijftig miljoen gulden gestoken, zonder het gewenste resul-

taat te behalen. Vanaf 1990 is ongeveer vijfendertig miljoen gestoken in de SOFC. Dit heeft tot relatief veel resultaat geleid mede door de lessen geleerd bij de MCFC. Veel sterker geldt dit nog voor PEMFC waarin inmiddels circa tien miljoen is gestoken. Zonder de ervaringen uit de aanvankelijke investeringen in de MCFC, de internationale ontwikkelingen en het internationale netwerk was dit nooit zo effectief geweest.”

Kees van der Klein van ECN meent echter dat “een programma van honderd miljoen als MCFC niet kan worden gerechtvaardigd door spin-off naar andere programma’s”. Als onderzoeker vindt hij het Nederlandse werk aan de MCFC overigens *zeer succesvol*, namelijk uit technologisch oogpunt – waarbij de veranderende commerciële en markttechnische omstandigheden verantwoordelijk zijn voor het uiteindelijk gebrek aan resultaat. Toch zegt ook hij: “Met SOFC en PEMFC, waar onze ambities vanaf het begin in 1990 en 1992 lager waren, hebben we uiteindelijk meer succes gehad.”

Martin Blijerveld van EZ spitst de conclusie met betrekking tot ECN toe. “De sterke punten van het ECN-werk aan brandstofcellen hebben altijd gelegen in het keramiek-gedeelte. Dat zwaartepunt is een erfenis van ECN’s nucleaire verleden. Via hun kernenergie-werk zijn ze terechtgekomen in het materiaalonderzoek, en van daar in de keramiek. Ze hebben dat sterke punt altijd goed weten uit te buiten. Dit houdt echter ook in dat ECN minder sterk is in het ontwerpen van de complete brandstofcel en in het ontwerpen van het systeem; hun sterkste punt ligt in het werk aan componenten.”

En ook met betrekking tot BCN geeft hij aan wat resteert. “Uit het werk van BCN-2 is een geweldig patent overgebleven, betreffende het ontwerp van een brandstofcelsysteem (MCFC). Dit is een direct gevolg van de betrokkenheid van de industrie, met name Stork, en vooral van de kwaliteit van de betreffende mensen. Verder waren de beste buitenlandse bedrijven erbij betrokken, waaruit de noodzaak en kracht van internationale allianties blijkt. Zowel British Gas als Sydkraft vormden op hun gebied de top.”

Pim Pietersz, de man van het eerste uur, meent nog steeds dat de overheid een taak heeft. “Als de industrie het laat afweten, betekent dat nog niet dat de overheid zich ook moet terugtrekken. Er blijft altijd een overheidstaak om ervoor te zorgen dat de juiste maatschappelijke keuzes worden gemaakt. Ook als de technologie vanuit het buitenland komt. Voor Nederlandse onderzoekorganisaties ligt een grote uitdaging om de indus-

trie te ondersteunen bij het vinden van optimale toepassingen, zowel voor de mobiele sector (auto's, bussen, trucks) als voor de stationaire toepassingen (total energy in woningen / gebouwen en grote openbare eenheden). Vanwege het grote belang voor de nationale energievoorziening, mag de overheid niet aan de zijkant blijven staan toekijken”.

Van belang is natuurlijk of de huidige hoofdrolspelers beter in staat worden gesteld hun rol te spelen door de steun van EZ en Novem aan de MCFC in het verleden. We vroegen het aan Nico Woudstra van de TU Delft, indertijd lid van de commissie-Barendrecht en dus één van de mensen die aan de basis stonden van de hele onderneming. Woudstra: “Zonder het Nationaal Onderzoekprogramma zou er in Nederland nauwelijks iets gebeurd zijn. Je kunt wel zeggen dat alle inspanningen geïnitieerd zijn door EZ en Novem.” En vervolgens maakt hij het punt dat al is gesignaleerd: “Maar achteraf beschouwd is duidelijk dat de besteding van het geld te veel gericht is geweest op het snel maken van dingen. We zouden er meer aan hebben gehad als het geld meer was besteed aan de ontwikkeling van kennis. Het investeringstempo had beter aanzienlijk vertraagd kunnen worden, men is veel te hard van stapel gelopen.”

En hoe denkt Erik Middelman van NedStack over de effecten van de jarenlange steun van EZ en Novem aan het brandstofcelprogramma? “De opbouw van kennis bij het ECN is van groot belang geweest voor de ontwikkeling van de Nederlandse positie in de brandstofcelwereld. Deze kennis is enerzijds opgebouwd bij de MCFC, anderzijds in de keramiekknowhow. Beide ontwikkelingen zijn grotendeels gesteund door EZ. EZ is ook voor NedStack van groot belang geweest, al werd het brandstofcelprogramma helaas net afgebouwd toen wij werden opgericht. Zonder de subsidie van EZ zou NedStack zich de huidige R&D-inspanning niet kunnen veroorloven.”

En Kees de Koning heeft een eigen punt om namens Stork positief terug te kijken op het MCFC-avontuur: “We hebben als Stork geweldig veel geleerd van BCN. We hebben er al met al zo'n vier miljoen in gestoken. We zullen zelf geen brandstofcellen meer maken, maar het nut van dit project voor ons zit vooral in de kunst van het maken van virtuele projectorganisaties, wat we in dit project hebben geleerd. Daarom hebben we er, het geheel overziend, geen spijt van dat we in dit project betrokken zijn geraakt. De toen ontwikkelde procedures passen we nu weer toe bij de huidige kanshebbers van onze ontwikkeling, zoals een nieuw materiaal voor de vliegtuigbouw.”

Er is dus een geweldige positie overgebleven, vooral in de hoek van onderzoek en ontwikkeling, en in de productie van materialen en componenten. Nederland heeft echter géén zelfstandige industrie op dit gebied ontwikkeld. Hoe kan deze positie worden uitgebouwd, rekening houdend met de lessen uit het verleden?

Kees de Koning, tegenwoordig directeur van Stork-dochter Fokker Aerostructures, vindt dat de relatie tot de industrie helderder moet worden doordacht. “Bij BCN is een fundamentele gedachtenfout gemaakt: dat je de industrie erbij moet halen en dan komt het wel goed. Wij hebben als Fokker Aerostructures bijvoorbeeld een zeer nauwe band met het Nationaal Lucht- en Ruimtevaart Laboratorium NLR. Zij doen niets zonder dat zij weten wat het betekent voor de Nederlandse industrie. Ik zit per jaar twee keer bij het NLR om precies te vertellen waar wij mee bezig zijn (en te horen wat zij doen), en dat zijn zeer nuttig bestede uren. Maar in de energiehoek ligt dat anders. Er wordt daar zeer veel ondernomen zonder dat er een industrie is die het kan oppakken. Instellingen als ECN zouden hun werkprogramma veel meer moeten laten afhangen van de vraag of er een industrie is die de projecten kan overnemen. Historisch is het natuurlijk zo gegaan dat het ECN iets anders moest gaan doen na het wegvallen van de kernenergie. Dat proces had een eigen dynamiek, en daarin is onvoldoende de industriële follow-up als invalshoek betrokken.”

En vervolgens maakt hij een punt dat door velen wordt gesignaleerd: “EZ heeft geen heldere doelstellingen als het gaat om de relatie tussen energie- en industriebeleid, zoals blijkt uit het ontbreken van een koppeling tussen ECN en een vraag van marktpartijen. DGE kijkt vanuit de gebruikerskant en stimuleert van daaruit onderzoek en ontwikkeling; maar de gebruiker heeft er geen boodschap aan of het apparaat in Nederland gemaakt is. Dit betekent ook iets voor de in te zetten beleidsmiddelen. Als de doelstelling van het beleid inzake windenergie of brandstofcellen was geweest: wij willen een eigen Nederlandse industrie opbouwen, dan had dat door en met de instrumenten van DG Industrie & Diensten moeten gebeuren. Als de doelstelling van het beleid was geweest: wij willen windmolens of brandstofcellen toepassen, waarom zouden ze dan in Nederland gemaakt moeten worden?”

Met andere woorden: maak een heldere koppeling tussen industriële doelstellingen en de middelen van het industriebeleid; en tussen energiedoelstellingen en de middelen van het energiebeleid. Maar haal ze niet door elkaar.

De Koning: "Op het gebied van brandstofcellen hebben industrieën als Akzo en DSM belangrijke kennis voor componenten in huis, zoals elektrolyten en slimme folies. Invloed van DGE hierop is niet zinvol. Ondersteuning van deze industrieën kan lopen via DGI&D en de ontwikkeling van een kennisinfrastructuur bijvoorbeeld bij TNO. Hetzelfde geldt voor de relatie met Shell inzake zonnecellen."

Dan is er de vraag of het een gelukkige beslissing was, het brandstofcelprogramma stop te zetten, afgezien van de wijze waarop dat is gebeurd. Bij EZ overheerst de mening dat het per saldo een juist besluit was. Martin Blijerveld, tegenwoordig verantwoordelijk voor onderzoek bij DGE: "Er is nogal wat commotie geweest rond ons besluit om het Novem-brandstofcelprogramma te stoppen. Maar alles wat daarna gebeurd is, heeft mij gesterkt in de overtuiging dat het een goed en moedig besluit is geweest. Het was natuurlijk mogelijk geweest dat er ergens een geweldig project liep dat door ons besluit geheel uit de boot dreigde te vallen. In dat geval was het zeker op mijn bureau terechtgekomen; maar zo'n bericht heeft mij nooit bereikt."

Henk Barten van Novem, indertijd werkzaam aan het brandstofcelprogramma en nog steeds aanspreekpunt voor het werk aan brandstofcellen, ziet dat anders: "Brandstofcel-activiteiten gaan door. Door het beëindigen van het brandstofcelprogramma wordt het echter als potentiële partner in internationale consortia moeilijker de continuïteit van de basis uit te leggen. Het is belangrijk de Nederlandse partijen niet in de kou te laten staan. Bij de SOFC heeft EZ dit ingezien en is in totaal 3 miljoen voor de komende drie jaar vrijgemaakt, terwijl ECN daarboven uit eigen middelen er ook 3 miljoen in steekt. Het PEMFC-systeemwerk (NedStack) wordt momenteel gesubsidieerd vanuit het EET-programma. Maar er is bij de uitvoerende partijen niet de rust van een stabiel programma en aanspreekpunt. Nu financiering van diverse projecten over verschillende programma's is verdeeld, is er gebrek aan samenhang en verminderde efficiëntie."

En op de vraag wat door opheffing van het brandstofcelprogramma in de lucht is komen te hangen antwoordt hij: "Onze nationale vertegenwoordiging in internationale organen is verminderd. Het contact dat je daar hebt maakt het mogelijk om te communiceren over de meest recente ontwikkelingen en tendensen. Ook horen hierbij 'kijkjes in elkaars keukens'."

“Er is verder beperking van informatie doordat nu alleen ECN (als onderzoeksinstituut) en niet ook Novem (het overheidsbelang vertegenwoordigend) participeert. Als Novem doe je internationaal op een andere wijze mee, met name bij evaluatie van voorstellen, en strategie-ontwikkeling.”

Tot slot bekijken we de hamvraag: had het allemaal niet met minder geld gekund? Is het hele avontuur geen weggegooid geld?

We laten eerst Europees ambtenaar Eric Ponthieu aan het woord: “Ik heb niet het gevoel dat wij geld hebben verkwist door het in het BCN-project voor de MCFC te steken. De techniek is zeer moeilijk te ontwikkelen; de brandstofceltechnologie kan worden beschouwd als één van de technisch meest riskante typen technologie. Er is een multidisciplinaire benadering voor nodig, een combinatie van vele vaardigheden en competenties. Het is heel moeilijk om te voorspellen hoe een bepaald systeem zal werken, in termen van levensduur etc. We hebben verschillende consortia ondersteund, om deze te stimuleren tot nog betere prestaties en nog ambitieuzer doelen. Dat moeten we wel doen gezien de grote concurrentie uit de Verenigde Staten. We weten daarbij van tevoren dat sommige van de onderzoeksprojecten die wij financieren minder goede resultaten zullen hebben dan die van hun concurrenten.”

“Bovendien hebben wij, door BCN te ondersteunen, meegewerkt aan de uitbouw van het Nederlandse brandstofcelprogramma. BCN-2 kan worden beschouwd als een tussenfase in de Nederlandse inspanningen op dit gebied. Verder hebben de andere deelnemers aan het project (British Gas, Sydkraft, Gaz de France) het werk aan brandstofcellen voortgezet, waardoor de in dit project opgebouwde kennis gebruikt blijft worden.”

Een belangrijke factor is dat in Nederland juist minder geld dan in het buitenland is uitgegeven om op hetzelfde punt uit te komen. Dit is al eerder toegelicht, maar het blijft van belang. Vanuit management-oogpunt is het unieke van de Nederlandse MCFC-ontwikkeling dat de projectleiding steeds helder zicht heeft gehouden op de doelstelling. Niet de vraag: hoe halen wij geld uit EZ? of de vraag: hoe houd ik mijn mensen aan het werk? is maatgevend geweest in het project, maar de vraag: hebben wij voldoende gegevens om de vraag te beantwoorden die aan ons is gesteld? Dat heeft EZ vele miljoenen gescheeld. We kunnen zelfs stellen dat BCN-2 mogelijk is geworden door het geld uitgespaard bij BCN-1, ondanks de bezuinigingsronde van Paars-1 die over het programma is heengegaan.

Aan hen die menen dat er te veel geld in de brandstofcel is gaan zitten *omdat* er niets (nou ja, weinig) is uitgekomen moet bovendien het punt in overweging worden gegeven dat ook Ponthieu al maakt. Het werk aan de MCFC was een ontwikkelingsproject – en ontwikkelingsprojecten *mogen mislukken*. Wie vindt dat een project niet mag mislukken moet niet aan een ontwikkeling beginnen. Die moet wachten tot het product kant en klaar in de etalage ligt – maar deze persoon moet dan óók accepteren dat de fabrikanten en handelaren de winst opstrijken.

De maatstaven voor een succesvol ontwikkelingsprogramma liggen dan ook niet alléén in het tastbare resultaat. Verschillende betrokkenen noemen het hele MCFC-avontuur een succes. Ze doelen dan op de kwaliteit van de besluiten die tijdens het proces genomen zijn. Zoals Martin Blijerveld van EZ: “Succes kan ook gelegen zijn in het op tijd stoppen.” En dan doelt hij zowel op de beslissingen van de BCN-directie als op die van EZ.

EZ is ambitieus geweest en wilde een zelscheppende industrie op het gebied van brandstofcellen ontwikkelen. De technologie was daar nog niet rijp voor, maar op verschillende momenten waarop EZ moest kiezen waren er voldoende mensen die wél kansen zagen. Achteraf beschouwd moeten we stellen dat EZ met zijn ambities ook het perspectief van mensen heeft beïnvloed. Plat gezegd: als EZ binnen vijf jaar resultaat wilde hebben, dan schreven de programmamakers dat op. Maar het omgekeerde is ook waar: om een organisatie te stimuleren tot grote daden moet iemand de leiding nemen en ambities formuleren. Eventueel de ambitie om binnen vijf jaar resultaat te hebben. Grote ambities hebben ten grondslag gelegen aan geslaagde technologische avonturen (‘voor het einde van het decennium hebben wij een mens op de maan’; ‘in 2002 heeft tenminste 2% van de auto’s nulemissie’). Er is niets mis met ambities.

De echte les lijkt dan ook te zijn dat de overheid wegen moet vinden om ‘het veld’ niet te bedwelmen met de eigen ambities. Dat begint al helemaal aan het begin. De overheid heeft de MCFC-technologie gekózen, wat enerzijds stabiliteit aan het programma heeft gegeven, maar anderzijds – zoals Hein Willems al signaleerde – flexibiliteit eraan heeft ontnomen. De keuze kan ook één stap verder verwijderd van toepassing liggen, zodat geen invloed op de industrie wordt uitgeoefend in één bepaalde richting. Niet alleen hier, ook op andere terreinen heeft de overheid ervaren dat sterk sturen overwegend nadelen heeft.

R&D-resultaten en wapenfeiten

Op het gebied van brandstofcelonderzoek heeft Nederland een uitstekende naam opgebouwd in de wereld. Dit wordt geïllustreerd door het grote aantal internationale collaboraties en werkverbanden waarin ECN in de loop der jaren participeerde / werd gevraagd deel te nemen. Alleen al binnen het OECD/IEA-programma werkte ECN samen met ruim 100 verschillende organisaties – van universiteiten tot eindgebruikers – uit 15 landen in alle werelddelen. Tot de ‘toptien’-partners horen de zusterinstituten in Jülich en Risø, TU Delft, Stork, De Schelde, EnergieNed, NedStack, British Gas, Sydkraft, Gaz de France, Iberdrola, ENI ricerche, Johnson Matthey en Volkswagen.

Een andere indicator vormen de 23 octrooien die ECN op het gebied van brandstofcellen ultimo 2000 op zijn naam had staan.

korte omschrijving octrooi	korte omschrijving octrooi
• Flexsep separatorplaat • NiAl-anodemateriaal • LiCoO₂-kathode • Cermet/elektrolyt-combinatie • NiFe-anodemateriaal • LiCoO₂/Ni-dubbelkathode • Separatorplaat PEMFC (I) • Keramische sinterplaten • Stromingsverdeling in stacks • Milieuvriendelijke componentfabricage • Netwerken van stacks • Dubbel-anode SOFC	• Externe afdichting • Interne afdichting • Bescherming separatorplaat • Versterkte LiCoO₂-kathode • Versterkt polymeer elektrolyt (DSM/ECN) • Anode/elektrolyt-combinatie • Corrosie-resistente separatorplaat • Systeem voor PEMFC • Separatorplaat PEMFC (II) • Elektrode-inkt • Oxidatieresistente anode

De keuze had bijvoorbeeld kunnen luiden: “Wij ondersteunen een centrum van keramisch-technologische kennis in Nederland”. Of: elektrochemische kennis. Of tegenwoordig: nanotechnologische kennis; of informatietechnologische kennis. Zo’n opstelling geeft aan bedrijven de kans zélf te kiezen bij welke productontwikkelingen zij een beroep zullen doen op deze kennis. De industrie is daardoor vanaf het moment waarop contact met zo’n kennisinstituut wordt gelegd veel meer sturend.

Dit is in overeenstemming met de terugtred van de overheid. Deze terugtred heeft zich de afgelopen jaren bijvoorbeeld vertaald in veel meer globale stimuleringsprogramma’s – zowel van de Nederlandse als de Europese overheid. Overheid, laat de industrie maar komen, laat ze maar creatief zijn; zo luidt de les. Zorg zo mogelijk wel voor deskundige gesprekspartners en tegenspelers bij grote technologische instituten. Richt deze instituten desnoods op als ze niet bestaan.

En verlies de ambitie niet uit het oog.

Met dank aan Ronald Mallant, leider van ECN’s PEMFC-programma, die het manuscript technisch-inhoudelijk heeft becommentarieerd.

AFKORTINGEN

ADL	Arthur D. Little
AER	Algemene Energie Raad
AFC	Alkaline Fuel Cell, alkalische brandstofcel
BCN	vof Brandstofcel Nederland
BEOP	Bureau Energie Onderzoeks Projecten
DGE	Directoraat-Generaal voor de Energievoorziening
DGI&D	Directoraat-Generaal Industrie & Diensten
DIR	Direct reforming
DIR-MCFC	Direct Reforming Molten Carbonate Fuel Cell
DMFC	Direct Methanol Fuel Cell, directe methanol-brandstofcel
DOE	Department of Energy, USA
DSM	De Staatsmijnen
ECN	Energieonderzoek Centrum Nederland
ENGINE	ENergy Generation In the Natural Environment
ESA	European Space Agency
EET	Economie, Ecologie en Technologie
EU	Europese Unie
EZ	Ministerie van Economische Zaken
IFC	International Fuel Cells
IGT	Institute of Gas Technology
IIR	Indirecte interne reforming
IR	Interne reforming
IREM	Industriële Raad voor Energie en Milieu
KTI	Kinetics Technology International
LSEO	Landelijke Stuurgroep Energie Onderzoek
MAP	Milieu Actie Plan
MCFC	Molten Carbonate Fuel Cell, gesmolten-carbonaat-brandstofcel
MCFC-DIR	MCFC met directe reforming
MITI	Japans ministerie voor R&D
MTU	Motoren und Turbinen Union
NECT	Nieuwe EnergieConversieTechnologieën
NECST	Nieuwe EnergieConversieSystemen en -Technologieën
NEOM	Nederlandse Energie Ontwikkelings Maatschappij
NLR	Nationaal Lucht- en Ruimtevaart Laboratorium
NMP	Nationaal Milieubeleidsplan
NOB	Nationaal Onderzoekprogramma Brandstofcellen
Novem	Nederlandse onderneming voor energie en milieu
O&W	Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen, nu OCW

PAFC	Phosphoric Acid Fuel Cell, fosforzure brandstofcel
PBE	Projectbureau Energie Onderzoeksprojecten
PEFC	Zie PEMFC
PEN	Provinciaal Electriciteitsbedrijf Noordholland, nu NUON
PEM	Proton Exchange Membrane, zie PEMFC
PEMFC	Proton Exchange Membrane Fuel Cell, zie ook SPFC
PGEM	Provinciale Gelderse Electriciteits Maatschappij, nu NUON
PIEK	Programma Instandhouding Elektrochemische kennis
PNEM	Provinciale Noordbrabantse Electriciteits Maatschappij, nu Essent
RCN	Reactor Centrum Nederland, nu ECN
REO	Raad voor het Energieonderzoek
SEP	Samenwerkende Elektriciteits Productiebedrijven
SPFC	Solid Polymer Fuel Cell, ook wel PEMFC, PEM of PEFC genoemd
SOFC	Solid Oxide Fuel Cell, vast-oxide-brandstofcel
TNO	Ned. Organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek
TOK	Technisch OntwikkelingsKrediet
VIP	Versneld Industrieel Programma
VROM	Min. van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
WGBC	Wergroep brandstofcellen
WSBO	Wet bevordering speur- en ontwikkelingswerk

NAAMREGISTER

A

Aardenne, Gijs van 8
 Akkerman, Leo 38
 Alfenaar, M 26, 27
 Andriessen, Koos 40

B

Barendrecht, Embrecht 11, 25, 26, 29, 30
 Barten, Henk 38, 56, 64, 70, 92, 96
 Bertus, Jan 39, 40
 Blijerveld, Martin 65, 93, 96, 98
 Blomen, Leo 74
 Boer, Henk de 38
 Boreel, Lucas 26
 Bouwman, Theo 37, 41, 47, 57
 Brodard, Bernd 32
 Broers, G.H.J. 11, 24, 28, 30

C

Campen, Peter 11, 12

D

Dessens, Stan 33, 34, 36, 37, 40, 65, 67, 90
 Dijkum, Pieter van 32

G

Geerlings, Jan 29
 Gerven, Rob van 38
 Goes, Co van der 38

H

Hanssen, Bernard 65
 Harbiye, Ahmed 38
 Hemmes, Kas 29
 Hennink, Claudia 38, 53, 57
 Huijsmans, Joep 61
 Hussmann, Chiel 38, 43, 44, 54, 57

J

Janse, Els 37, 53
 Jansen, Daan 38
 Jansen, Annelies 58
 Jong, Jaap de 38, 44, 57, 65, 67, 70, 91
 Joon, Klaas 29, 38
 Joustra, Piet 32

K

Kalkman, Arie 32
 Ketelaar, J.A.A. 11, 24, 27, 30
 Ketting, Niek 35, 36, 37, 40, 43, 48
 Kipperman, Ton 38, 47, 57, 64
 Klein, Kees van der 31, 32, 34, 35, 37, 38, 40, 41, 44, 46, 47, 48, 57, 61, 64, 92, 93
 Kley, Nico van der 29
 Knecht, Rens 34, 57, 58, 65, 90
 Koning, Kees de 35, 36, 38, 44, 45, 47, 50, 51, 57, 61, 63, 64, 86, 90, 91, 94, 95, 96
 Kortbeek, Peter 44, 45, 50, 61
 Korte, Rudolf de 29
 Kraaij, Gerard 38
 Kroonenberg, Harry van den 34, 35, 37, 48, 57, 61

L

Laag, Peter van der 38
 Laros, Willem 37, 38, 39, 41, 44, 57
 Lier, J.J.C. van 26
 Luyt, Piet van 57

M

Mallant, Ronald 100
Machielse, Leo 38
Meijers, Joop 38
Middelman, Erik 81, 82, 84, 94
Molen, Sytze van der 38, 55, 61, 65

N

Nijpels, Ed 33
Nijs, Bill 32, 37

O

Ottevanger, Ron 38, 44, 61

P

Palma del Val, Jesus de 38
Peppink, Gerard 43, 61, 87
Pietersz, Pim 11, 12, 13, 25, 27,
28, 33, 37, 42, 57, 86, 93
Ponthieu, Eric 48, 68, 97, 98

R

Rietveld, Bert 68
Rijnsoever, J.W.M. van 26

S

Sande, Ed van de 38
Schaeffer, Gerrit Jan 24, 89, 90,
91, 92
Scholten, Peter 65
Selman, J.R. 27, 30
Spiegel, Bert van 29
Sukkel, Jaap 39

T

Tanger 38, 39
Tieleman, M.J. 12
Titulaer, Chriet 76
Touber, Floor 37, 39
Toussaint, Piet 37
Troost, Gerard 26, 38, 41

V

Vaal, Larry de 38, 56
Veenman, Aad 37, 41, 47, 57, 64
Veer, Jan van der 38
Verberg, G.H.B. 34
Verbruggen, Theo 38
Vijver, Ad van de 38
Vries, Jan de 29, 38

W

Wart, Rob van der 29
Wiechers, Kees 40
Willems, Hein 28, 30, 37, 86, 88,
90, 91, 98
Willemsen, Pieter 39
Winsemius, Pieter 33
Wit, Hans de 29
Wijers, Hans 53
Woudstra, Nico 26, 94

Begin jaren '80 besloot het ministerie van Economische Zaken geld te steken in de ontwikkeling van de brandstofcel. De besluitvorming liep geheel volgens de regels van het poldermodel. Bijna 20 jaar later en 200 miljoen gulden verder maakt Diederik van der Hoeven de balans op. De hoofdlijn van de ontwikkeling is helaas op niets uitgelopen, maar er zijn interessante zijlijnen gegroeid die nieuwe perspectieven bieden. Het ideaal van een zelfstandige nationale brandstofcel-industrie moest worden opgegeven, maar de productie van brandstofcel-componenten lijkt ondertussen wel een haalbare kaart. Waren al die miljoenen de moeite waard? En zouden we het een volgende keer anders doen?



Diederik van der Hoeven (1945) studeerde scheikunde en filosofie. Hij is zelfstandig adviseur voor beleidsontwikkeling bij problemen van verkeer en vervoer, energie en milieu. Over deze onderwerpen publiceerde hij – oorspronkelijk als Erik van der Hoeven – vele artikelen en een aantal boeken waaronder 'De wet van de stimulerende achterstand' (Bert Bakker, 1980) en, als co-auteur, 'Energie' (Spectrum, 1980). In voorbereiding: 'De vervoerfabriek' (samen met Rein de Haas)