

Biedt de energietransitie kansen voor de Nederlandse industrie?

Kansen en keuzen vanuit een lange termijn perspectief

Essay geschreven in opdracht van de Algemene Energieraad en de VROM-raad

Geert Verbong
Stichting Historie der Techniek
Technische Universiteit Eindhoven
Eindhoven

Juni 2004

Samenvatting

De vraag die in dit essay aan de orde wordt gesteld, is of het Nederlandse transitiebeleid kansen biedt voor het Nederlandse bedrijfsleven. Profiteren of kansen creëren door innovatie kan dan op verschillende manieren worden opgevat: voor de toeleverende industrie omdat er een of meerdere competente vragers of afnemers van energietechnologie zijn; omdat er een markt voor componenten en systemen voor Nederlandse bedrijven ontstaat; of als mogelijkheid om de verworven kennis commercieel te exploiteren. De vraag naar kansen voor het Nederlandse bedrijfsleven op basis van het nieuwe beleid is niet nieuw. Ondanks de nauwe verwevenheid van energieonderzoek en innovatiebeleid in het verleden is de algemene indruk dat de Nederlandse industrie slechts in beperkte mate heeft kunnen profiteren van de hier ontwikkelde kennis en innovaties op energiegebied. Ook uit internationale vergelijkingen ontstaat het beeld dat Nederland relatief slecht presteert op innovatiegebied. Deze slechte score van Nederland in de internationale innovatiewedloop is de aanleiding geweest voor een publiek debat over de vraag wat hiervan de oorzaken zijn. De energieprogramma's voor onderzoek, ontwikkeling en demonstratie zouden veel te breed zijn, wat een onproductieve versnippering van activiteiten inhoudt. Daarnaast is er kritiek op het aantal regelingen, het gebrek aan samenwerking en afstemming tussen de verschillende actoren, het ontbreken van duidelijke doel- en taakstellingen en een te grote focus op Nederland. De algemene conclusie is dat de kritiek in grote lijnen gerechtvaardigd is.

Opmerkelijk vanuit een langetermijnperspectief is dat kritiekpunten én oplossingen absoluut niet nieuw zijn. We zijn niet in staat om van het verleden te leren. Er zijn voldoende scherpe analyses en goede adviezen uitgebracht, maar hiermee is niets gebeurd. Dit onvermogen om dergelijke lessen in de praktijk te brengen hangt samen met de wijze waarop het innovatiesysteem functioneert en is ingericht. Het innovatienetwerk is relatief gesloten, met een beperkt aantal dominante spelers, en is sterk op Nederland gericht. Er bestaat een hoge mate van sociale padafhankelijkheid in het innovatiesysteem. Competitie vindt alleen plaats als nieuwe technologieën en onderzoeksvelden zich aandienen. Daarnaast heeft de institutionele inbedding een grote invloed. Het innovatiesysteem belichaamt de normen en waarden uit de Nederlandse samenleving, met zijn op consultatie en consensus georiënteerde poldercultuur. De conclusie is dat institutionele veranderingen inclusief een cultuuromslag noodzakelijk zijn, maar dergelijke veranderingsprocessen blijken in de praktijk uiterst weerbarstig te zijn. In het innovatie- en transitiebeleid moet veel meer aandacht worden besteed aan de invloed van institutionele factoren en de mogelijkheden om hierin veranderingen aan te brengen. Er moet dus veel meer aandacht komen voor de proceskant van het innoveren.

De vraag naar de kansen voor de industrie is onmogelijk te beantwoorden. Op grond van het historische overzicht moeten deze niet al te hoog worden ingeschat. Voor zover toch naar mogelijkheden wordt gezocht om het Nederlandse bedrijfsleven te laten profiteren, dan is doorslaggevend om vooral de hoofdkritiekpunten op het innovatiesysteem aan te pakken. Het innovatiesysteem functioneert over het algemeen goed, in termen van productie van kennis en ideeën, maar de problemen doen zich vooral voor bij de exploitatie van die innovaties en de maatschappelijke implementatie daarvan. Bij de exploitatie van die innovaties speelt het ontbreken van flexibiliteit en een duidelijk implementatiepad een rol. Dit hangt weer samen met een te sterke 'technology push' in termen van het ontbreken van interactie/betrokkenheid van marktpartijen en van het te weinig rekening houden met maatschappelijke inbedding. De oplossing hiervoor moet vooral worden gezocht in betere netwerkvorming. De conclusie is dat dergelijke productieve netwerken in veel gevallen ontbroken hebben, hoewel juist bij de meer doelgroepgerichte trajecten wel successen zijn behaald in relatie tot innovatie.

Of de Nederlandse overheid dit in de toekomst actief wil stimuleren, is vooral een politieke keuze. De overheid moet vooral investeren in opties waarin een productieve samenwerking mogelijk is. 'Aanwezigheid van Nederlandse maakindustrie' kan een extra criterium zijn, maar 'toepassing in het buitenland' is ook een mogelijkheid. Daarnaast ligt er een taak voor de overheid voor het scheppen van voldoende ruimte voor innovatieve ondernemingen en

innovatoren in nichemarkten. Dit kan hand in hand gaan met het stimuleren van internationale samenwerking op onderzoek of industrieel gebied. Verder moet er meer aandacht komen voor de maatschappelijke inbedding van innovaties. Dit probleem is wel al eerder onderkend, maar men is er nog niet in geslaagd om die inzichten te integreren in het innovatieproces. Hierbij is een belangrijke rol weggelegd voor maatschappelijke experimenten met energie-innovaties en infrastructuren, zoals de transitie-experimenten die nu worden opgezet. Essentieel is dat niet alleen kennis en inzicht in het technisch functioneren van een innovatie wordt opgedaan, maar dat op een veel breder scala aan dimensies wordt geleerd, zoals kosten, regelgeving, gebruikersgedrag en acceptatie. Ook moet in voorzieningen voor het leren tussen projecten worden geïnvesteerd en partijen moeten worden gestimuleerd om hun leerprocessen te documenteren en door te geven. Een succesvolle maatschappelijke inbedding is ook van groot belang voor participerende bedrijven. In dit opzicht biedt het transitiebeleid kansen voor het Nederlandse bedrijfsleven, maar dit is wel afhankelijk van de keuzen die bij de uitvoering van dit beleid, en ook in het bredere kader van het innovatiebeleid, worden gemaakt.

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	5
2.	Hoofdpijnen in de ontwikkeling van het innovatiesysteem.....	9
3.	Criteria voor energieonderzoek en de selectie van speerpunten	13
4.	Energieonderzoek in het innovatiebeleid.....	18
5.	Samenwerking en oriëntatie in het actornetwerk.....	21
6.	Innovatietrajecten en industriële capaciteit.....	26
7.	Het transitiebeleid	34
8.	Enkele lessen voor het transitiebeleid.....	37
	Lijst met afkortingen.....	41
	Geraadpleegde literatuur en rapporten.....	43
Bijlage 1	Overzicht van de belangrijkste onderzoeksprogramma's en stimuleringsregelingen energieonderzoek, ontwikkeling en marktintroductie.....	47
Bijlage 2	Financiering van het innovatiesysteem 1977-2001.....	49
Bijlage 3	Overzicht van de belangrijkste actoren in het Nederlandse energie-innovatiesysteem 1974-2002	51
Bijlage 4	De toeleverende industrie in 2000/2002	53

1. Inleiding¹

Transitiebeleid en kansen

Er is een aantal hardnekkige milieuproblemen die met de gebruikelijke beleidsinstrumenten niet of moeilijk kunnen worden aangepakt. Het belangrijkste is ongetwijfeld het klimaatprobleem, dat wordt veroorzaakt door de uitstoot van broeikasgassen. Een grote bijdrage aan deze uitstoot komt van de energievoorziening, die in hoge mate afhankelijk is van fossiele brandstoffen. Een drastische reductie van broeikasgassen heeft daarom grote gevolgen voor de wijze waarop wij onze energiehuishouding inrichten. Om tot een meer duurzame energievoorziening te komen, zijn structurele wijzigingen of systeeminnovaties noodzakelijk, maar een dergelijke verandering of transitie is niet eenvoudig te realiseren. De transitie naar een meer duurzame energiehuishouding is de inzet van nieuw beleid van de overheid, zoals aangekondigd in het NMP-4. Dit nieuwe, integrale langetermijnbeleid duidt men aan als *transitiemanagement*. In het kader hiervan is een aantal initiatieven ondernomen om dit beleid vorm te geven. Zo is in het kader van het Project Implementatie Transitiemanagement (PIT) een aantal speerpunten geselecteerd, die veelbelovend lijken in termen van een bijdrage aan een succesvolle energietransitie. Daarnaast is 'bijdrage aan de energietransitie' een belangrijk criterium geworden bij de selectie van onderwerpen voor energieonderzoek, ontwikkeling en demonstratie.

Het ontwikkelen van innovaties, nieuwe technologieën en nieuwe concepten om de energietransitie te realiseren, is ook vanuit economisch perspectief interessant. De voor de hand liggende redenering is dat dergelijke innovaties het Nederlandse bedrijfsleven mogelijkheden bieden om hiervan te profiteren. Uit de innovatieliteratuur is bekend dat veel innovaties juist ontstaan in de interactie tussen producent en gebruiker, al dan niet met steun van de overheid of intermediaire organisaties. De aard van de relaties en interacties verklaart volgens de literatuur ook waarom bepaalde sectoren innovatief zijn.² Voor de energiesector betekent dit dat de aard van de relatie en de interactie tussen enerzijds de gebruikers van energie (met name de energie-intensieve industrie maar ook kleinverbruikers en huishoudens) en anderzijds de producenten van energie (de energiebedrijven die energie opwekken, transporteren en distribueren) van belang is. Daarnaast is de interactie en relatie tussen gebruikers van energietechnologieën, de energie-intensieve industrie of energiebedrijven, en de toeleverende bedrijven, die producten of diensten leveren ten behoeve van de energievoorziening, zeer bepalend voor het innovatieve vermogen van de energiesector. Profiteren of kansen creëren door innovatie kan dan op verschillende manieren worden opgevat. Op de eerste plaats voor de toeleverende industrie omdat er een of meerdere competente vragers of afnemers van energietechnologie zijn die nieuwe of bestaande bedrijven in staat stellen om productiecapaciteit in Nederland op te bouwen en een leidende positie te verwerven. De gebruikers zijn in dit geval vaak de energie-intensieve industrie, de energiebedrijven of de bouw- en installatiesector. Op de tweede plaats omdat er een markt voor componenten en systemen voor Nederlandse bedrijven ontstaat, maar die kunnen ook volgend zijn en de gevraagde technologie, indien noodzakelijk, onder licentie bouwen. Op de derde plaats bestaat de optie om de verworven kennis commercieel te exploiteren, direct via octrooien en licenties, of meer indirect via kennisoverdracht naar andere bedrijven, bijvoorbeeld via intermediairs zoals ingenieurs- en adviesbureaus. Dit laatste is het ideaal van de kenniseconomie.

Vanuit deze overwegingen hebben de Algemene Energieraad en de VROM-raad de vraag gesteld, welke kansen de transitie naar een duurzame energiehuishouding het Nederlandse bedrijfsleven biedt. Daarbij is de vraag of Nederland bepaalde specialisaties kent, die hiervoor met name in aanmerking komen, en of er sterke bedrijven, bedrijfstakken en clusters van bedrijven zijn, die

¹ Dit essay is tot stand gekomen via een aantal intensieve, interne discussierondes met Johan Schot, Frank Geels en Ruud Kempener. Ik wil Ruud ook in het bijzonder bedanken voor al het materiaal dat hij voor mij heeft opgespoord en verwerkt.

² Zie Lundvall (1992) en Edquist (1997).

deze kansen ook kunnen verzilveren. De vraag naar kansen voor het Nederlandse bedrijfsleven op basis van het nieuwe beleid lijkt eenvoudig, maar is dat allerm minst. Het is ook absoluut geen nieuwe vraag.³ De vraag naar de betekenis van energieonderzoek voor het industrie- of innovatiebeleid staat al sinds de Tweede Wereldoorlog op de politieke agenda. Historisch gezien heeft de nadruk in het Nederlandse beleid vooral op de energie-intensieve industrie gelegen, maar het scheppen van nieuwe mogelijkheden voor de toeleverende industrie is altijd ook een onderdeel van het beleid geweest. De perceptie van (mogelijke) kansen voor de Nederlandse industrie heeft zowel een selecterende rol, welk onderzoeksgebied en technologie te kiezen, als een legitimerende rol gespeeld. Het beleid was in een aantal gevallen zeker gericht op het verwerven van een leidende positie op een bepaald gebied. Ondanks de nauwe verwevenheid van energieonderzoek en innovatiebeleid is de algemene indruk dat de Nederlandse industrie slechts in beperkte mate heeft kunnen profiteren van hier ontwikkelde kennis en innovaties op energiegebied. Het rapport *Energie Onderzoek Strategie* (EOS) constateert dat, ondanks forse onderzoeksinspanningen, “nieuwe industriële activiteiten met internationale betekenis evenwel nauwelijks van de grond kwamen” (EOS, 2001). De voor de hand liggende vraag waarom dit het geval is, wordt overigens op die plaats niet gesteld en wordt blijkbaar ook niet zo relevant gevonden. Dit essay is een poging om, op basis van beschikbare kennis, een verklaring te geven voor de geringe resultaten en hier enkele lessen uit te trekken. Deze lessen zullen vervolgens worden getoetst aan het transitiebeleid.

Achtergrond

De vraag naar de kansen van de Nederlandse industrie moet worden gezien tegen de achtergrond van een aantal maatschappelijke ontwikkelingen. In de afgelopen jaren is de discussie over innovaties en innovatiestimulering opnieuw zeer actueel geworden. Er is een rechtstreeks verband tussen dergelijke discussies en de economische situatie. De economische teruggang in de afgelopen jaren heeft de innovatieproblematiek weer hoog op de politieke agenda geplaatst. Uit internationale vergelijkingen (OECD, CBS, Eurostat) ontstaat het beeld dat Nederland het relatief slecht doet op innovatiegebied en wegzakt naar de Europese middelmaat. De Nederlandse overheid wenst een nieuw en sterk innovatiebeleid, maar andere ontwikkelingen beperken of stellen nieuwe uitdagingen aan de mogelijkheden om op nationaal niveau een zelfstandig energie- en industriebeleid te voeren. Er is sprake van een toenemende internationalisering en met name van een Europeanisering. Het nationale industriebeleid vindt steeds meer plaats binnen de kaders en randvoorwaarden van Europees beleid. Steun aan nationale industrieën wordt in toenemende mate niet alleen onwenselijk geacht, maar ook actief bestreden vanuit Brussel. Een vergelijkbare ontwikkeling, en hoogst actueel, is het streven om een Europese Onderzoeksruimte (ERA) te creëren. Welke vorm deze ERA precies gaat krijgen en wat hiervan de gevolgen zullen zijn, is nog volstrekt onduidelijk, maar zeker is dat in de toekomst oriëntatie en afstemming van onderzoek en onderzoeksbeleid deels op Europees niveau zal plaatsvinden. Ook voor het industrie- en innovatiebeleid zijn op de Europese top in Lissabon (2000) ambitieuze gezamenlijke doelen geformuleerd. De Adviesraad voor Wetenschaps- en Technologiebeleid (AWT) heeft onlangs een advies hierover uitgebracht. De AWT juicht deze ontwikkeling toe, maar plaatst wel een aantal kanttekeningen bij een te groot enthousiasme voor deze ontwikkeling. Nederland dient – als onderdeel van een meersporenbeleid – ook strategische keuzes te maken om zich toch ook te kunnen onderscheiden van andere landen (AWT, 2004). Voor het energiedomein speelt ook de liberalisering van de energiemarkten een grote rol. Dit is eveneens een uitvloeisel van het proces van Europese integratie dat zich vanaf het begin van de jaren negentig aan het voltrekken is. De EU beoogt een Europese markt te creëren door institutionele barrières uit de weg te ruimen. Dit heeft een enorme invloed op de grondgedachten, het ontwerp en de implementatie van het

3 Zie bijvoorbeeld G. Verbong e.a. (2001), *Een kwestie van lange adem. De geschiedenis van duurzame energie in Nederland*, Bostel en, A. Lagaaij en G. Verbong (1998), *Kerntechniek in Nederland 1945-1974*, Den Haag en G. Verbong (2000), ‘Energie’, in; J. Schot e.a., *Techniek in Nederland in de Twintigste Eeuw*, Zutphen, deel II, p 113-268.

energiebeleid en leidt tot ingrijpende veranderingen van het beleidsinstrumentarium⁴, maar ook in dit opzicht bevinden we ons nog in een overgangsfase. Het zal nog geruime tijd duren voordat deze ontwikkelingen volledig zijn uitgekristalliseerd en alle gevolgen duidelijk zullen zijn.

Innovatiesystemen

De relatief slechte score van Nederland in de internationale innovatiewedloop is de aanleiding geweest voor een publiek debat over de vraag wat hiervan de oorzaken zijn. In dit debat verwijst men regelmatig naar het gebrekkig functioneren van het Nederlandse innovatiesysteem. Het Ministerie van Economische Zaken (EZ) heeft in 1999 aan de AWT gevraagd om de ontwikkelingen in het Nederlandse innovatiesysteem in kaart te brengen en de zwakke plekken op te sporen. De belangrijkste zwakke punten zijn volgens de AWT: (1) een onvoldoende uitdagende innovatiecultuur, (2) het wegdrijven van de kennisinstellingen van fundamenteel onderzoek en onderwijs en (3) onvoldoende en inconsistente afstemming tussen de departementen. De oplossing voor deze problemen moet worden gezocht in een drastische verandering van het innovatiestimuleringsbeleid, waarbij subsidies gericht moeten zijn op het fundamentele onderzoek, het stimuleren van de innovatiecultuur en het duidelijkere taken geven aan de kennisinstellingen.⁵

Vanuit vergelijkbare overwegingen heeft de AER enkele jaren geleden een visie uitgewerkt op de agenda voor het publiek gefinancierde energieonderzoek en daarbij behorende infrastructuur (AER, 2001). De AER neemt de hierboven geschetste ontwikkelingen als uitgangspunt. De energieonderzoekinfrastructuur in Nederland moet zich volgens de AER op de Europese onderzoeksruiimte gaan richten. Daarvoor moet de kennisinfrastructuur van hoge kwaliteit zijn en van voldoende omvang. Dit vraagt om een bundeling van krachten. De AER doet de aanbeveling om tot een concentratie en versterking van het universitaire fundamentele onderzoek en onderwijs te komen. Ook zouden kennisinstellingen, zoals TNO en ECN, hun krachten meer moeten bundelen en de kennisoverdracht naar en de samenwerking met het MKB moeten verbeteren. In de samenwerking met het bedrijfsleven moeten universiteiten en ECN en TNO de taken onderling goed verdelen en meer samenwerken (AER, 2001).

De kritiek van de AER en van anderen op het innovatiesysteem in het energiedomein komt in hoofdlijnen op het volgende neer. De energieprogramma's voor onderzoek, ontwikkeling en demonstratie zijn veel te breed, wat een onproductieve versnippering van activiteiten inhoudt: "Voor alle voorzieningstechnieken of besparingsopties loopt wel een programma."⁶ Daarnaast zijn er veel te veel regelingen, is er een gebrek aan samenwerking en afstemming tussen de verschillende actoren, en ontbreken duidelijke doel- en taakstellingen. Tot slot is er sprake van een inperking van het blikveld tot Nederland. De oplossing lijkt voor de hand te liggen en is ook door bijvoorbeeld Turkenburg reeds in 2002 in het kader van de United Nations Development Programme (UNDP) aangedragen⁷: strategische keuzen maken voor een beperkt aantal speerpunten, de stroomlijning van regelingen, een heldere taakverdeling tussen de partijen, het bevorderen van samenwerking, het formuleren van duidelijke doelen en het stimuleren van een meer internationale oriëntatie. Dit is ook de inzet van het nieuwe beleid, zoals dat bijvoorbeeld in EOS tot uitdrukking komt.

Ik zal de belangrijkste punten van kritiek, zoals die door de AER zijn geformuleerd, en de voorgestelde oplossingen vanuit een historisch perspectief kritisch tegen het licht houden en

⁴ Chesshire (2004), p. 9. In een essay getiteld *An Evaluation of the European Context for a Transition Towards a Sustainable Energy System* voor de AER en VROM-raad evalueert Chesshire de invloed van de Europese veranderingen op het Nederlandse energietransitiebeleid.

⁵ AWT (1999), p. 5-16

⁶ Zie bijvoorbeeld, Berdowski en Stockx (1993).

⁷ Turkenburg (2002), 'The Innovation Chain: Policies to Promote Energy Innovations', uit: UNDP, *Energy for Sustainable Development*.

kijken welke conclusies en lessen we hieruit kunnen trekken. Een historisch perspectief is relevant omdat transitieprocessen zijn die zich over een lange termijn voltrekken. Een essentieel kenmerk daarbij is dat systemen een grote mate van inertie en padafhankelijkheid kennen. In het verleden gemaakte keuzen hebben consequenties, die niet zonder meer of alleen tegen zeer hoge maatschappelijke kosten ongedaan kunnen worden gemaakt. Bij het transitiebeleid moet daarom rekening worden gehouden met deze historisch gegroeide situatie. Daarnaast biedt een historische evaluatie inzicht in de succes- en faalfactoren van innovaties en van het gevoerde innovatiebeleid.

Opzet

Ik geef eerst in hoofdstuk 2 een beknopt overzicht van de hoofdontwikkelingen in het Nederlandse innovatiesysteem en de context waarin dit systeem zich heeft ontwikkeld. Ik onderscheid daarbij vier perioden. Vervolgens geef ik per kritiekpunt een historisch overzicht. In hoofdstuk 3 kijk ik naar de ontwikkeling van de criteria voor onderzoek, het aandeel van industriële overwegingen daarin en de toepassing hiervan. Het gaat hierbij dus om de selectie van onderwerpen, thema's, speerpunten etc. en de bijbehorende financiering van energieonderzoek in brede zin, dus ook ontwikkeling, demonstratie en marktintroductie omvattend. Dit zal ik in het vervolg kort aanduiden als energieonderzoek. Daarna behandel ik in hoofdstuk 4 het innovatiebeleid, voor zover dat ook invloed heeft gehad op het energieonderzoek, de bijbehorende regelingen en, voor zover bekend is, de effectiviteit hiervan. Daarna komt in hoofdstuk 5 het aspect van samenwerking tussen de actoren in innovatiesysteem, de onderlinge taakverdeling en nationale oriëntatie aan bod. Vervolgens ga ik in hoofdstuk 6 in op de resultaten van het energieonderzoek door een aantal algemene opmerkingen te maken over de mate van succes van innovatietrajecten en de betekenis ervan voor de Nederlandse industrie. In het daaropvolgende hoofdstuk behandel ik kort enige achtergronden, beloften en problemen rond het transitiebeleid. Ten slotte probeer ik in hoofdstuk 8 de verworven inzichten te vertalen naar enkele lessen voor het transitiebeleid en een antwoord te geven op de vraag naar de kansen die de energietransitie biedt voor het Nederlandse bedrijfsleven.

2. Hoofdlijnen in de ontwikkeling van het innovatiesysteem

Innovatiesystemen en technologische trajecten

In de discussies in de afgelopen jaren over de relatie tussen de kennisinfrastructuur in een land en het realiseren van innovaties, is het begrip nationaal innovatiesysteem (NIS) populair geworden. Dit begrip is begin jaren negentig geïntroduceerd door een aantal innovatieonderzoekers. Intuïtief is het voor veel onderzoekers een aantrekkelijk concept, omdat het tot uiting brengt dat innoveren in een land als Frankrijk op een andere wijze plaatsvindt dan in bijvoorbeeld de VS. Innoveren is een complex en interactief proces waarbij veel partijen of actoren, zowel privaat als publiek, betrokken zijn. Deze actoren opereren niet in een maatschappelijk vacuüm maar juist binnen institutionele kaders, die in de twintigste eeuw vaak nationaal bepaald lijken te zijn. Daarbij gaat het om verschillen in de economische structuur, het politieke systeem, het beleid ten aanzien van innovatie en om culturele verschillen.⁸ Er kleven ook wel nadelen aan het gebruik van het NIS-concept. Zo wordt het concept op verschillende manieren uitgewerkt, is de afbakening van het systeem enigszins problematisch, zijn er ook grote verschillen tussen sectoren of domeinen. Voor onze vraagstelling is het belangrijkste punt echter, dat de analyse vaak te abstract is om inzicht te kunnen krijgen in specifieke innovatieprocessen en de succes- en faalfactoren. Ik zal daarom ook kijken naar specifieke innovatietrajecten in het energiedomein. Innovatietrajecten of technologische paden zijn de uitkomst van complexe, niet-lineaire en cumulatieve zoekprocessen. Innovatietrajecten worden gedragen door een sociaal netwerk van actoren, die voortdurend met elkaar interacteren en van elkaar afhankelijk zijn. Omgekeerd heeft het innovatietraject invloed op de netwerken. Deze processen vinden plaats binnen een institutionele setting of regime.⁹

Er is echter een argument waarom een nationaal analysekader wel aantrekkelijk is: vanaf de Tweede Wereldoorlog krijgt innoveren in het energiedomein in Nederland een duidelijk herkenbare nationale dimensie. Na 1945 wordt duidelijk dat de ontwikkeling van bepaalde nieuwe energietechnologieën, in dit geval kernenergie, een nationale inspanning vereist. Aard, omvang en complexiteit van deze technologie gaan het vermogen van individuele bedrijven, of het bedrijfsleven als geheel, verre te boven. Er komt daarom een nationale aanpak van de ontwikkeling van kernenergie; de sporen hiervan zijn nog steeds terug te vinden. Daarnaast is kernenergie bijzonder illustratief voor een aantal processen, dat kenmerkend is voor innoveren in Nederland. Na de energiecrisis, begin jaren zeventig, wordt een structuur van nationale onderzoekprogramma's opgezet in een poging om de energievoorziening aan wijzigende maatschappelijke omstandigheden aan te passen. Deze structuur is in een aantal opzichten nog steeds intact. Door de toenemende internationalisering lijkt het belang van de nationale grenzen de laatste jaren te vervagen.

In dit hoofdstuk geef ik een kort overzicht van de ontwikkeling van het innovatiesysteem en de belangrijkste factoren die daarop van invloed zijn geweest. Ik onderscheid vier perioden: de periode tot 1974, waarin kernenergie centraal staat, de periode van 1974 tot midden jaren tachtig, waarin de nationale onderzoeksprogramma's tot stand komen, de overgangperiode 1985-1994, waarin zich een aantal belangrijke verschuivingen aandient en tot slot de periode 1995-2004, met een sterke nadruk op marktwerking én stimulering van duurzame energie in de context van de liberalisering van de energiemarkten. Deze periodisering gebruik ik bij de behandeling van de verschillende aspecten.

⁸ Het NIS-concept is een analytisch concept en niet een ontologisch concept. De afbakening van wie of wat onderdeel uitmaakt van het NIS is dus afhankelijk van de vraagstelling. Zie Edquist (1997) voor een overzicht en geschiedenis van het NSI-concept.

⁹ Zie Edquist (1997) en Geels (2004), Going beyond the sectoral systems of innovation approach: Making use of insights from sociology and institutional theory, in *Research Policy* forthcoming; S. Kern, (2001) *Evolution of Dutch Innovation Policies from a system's perspective: towards a new paradigm?*, TNO-paper, januari 2001, TNO-bijdrage aan EU TSER project, 'RTOs in the service economy (RISE)'.

De periode tot 1973

Na de oorlog begint het proces van wederopbouw en een lange periode van economische groei, wat ook een sterke toename van het energieverbruik tot gevolg heeft. De ‘guiding principles’ van het sectoraal georganiseerde energiebeleid zijn betrouwbaarheid en betaalbaarheid. De vondst van aardgas in 1959 en de snelle introductie daarvan in de jaren zestig, heeft grote gevolgen voor de energievoorziening en de industrie. Aardgas wordt bijvoorbeeld ingezet door de overheid om energie-intensieve industrie aan te trekken.

De focus in het energieonderzoek ligt op kernenergie. Vrijwel meteen na de oorlog start in Nederland de discussie over het inhalen van de achterstand op het gebied van kernenergie. Deze discussie wordt vooral aangezwengeld door vooraanstaande fysici en chemici.¹⁰ In deze periode is er een sterk geloof dat fundamenteel onderzoek de motor achter technologische en maatschappelijke vooruitgang is. Dit komt bijvoorbeeld tot uitdrukking in de oprichting van de stichting Fundamenteel Onderzoek der Materie (FOM) en van de overkoepelende organisatie voor Zuiver Wetenschappelijk Onderzoek (ZWO, nu NWO). Kernenergie is de aanleiding voor de oprichting van FOM. Nederland maakt gebruik van het feit dat het over een voorraad uranium beschikt om in een Noorse onderzoeksreactor te participeren. Bij vervolgprojecten geeft men echter de voorkeur aan projecten in Nederland. In deze periode kent Nederland een relatief groot aantal technologische projecten op het gebied van kernenergie, zoals de verrijking van uranium met ultracentrifuges. Nederland vaart daarbij in hoge mate een eigen koers, totdat de toenemende schaal van de projecten internationale samenwerking min of meer afdwingt.¹¹

De periode 1974 – 1984

De periode van continue economische groei komt begin jaren zeventig ten einde. De stagnatie verandert geleidelijk in een economische crisis. Ook de stijging van het energieverbruik komt tot stilstand. Een cruciale factor in deze periode is de ontwikkeling van de oliepijzen: de eerste en tweede oliecrisis leiden tot sterke stijgingen, waarna in 1985 een snelle daling inzet. De eerste oliecrisis is de directe aanleiding om het energiebeleid te herzien. Er komt een integraal beleid, gericht op de gehele energievoorziening, en er komen twee nieuwe criteria om de energievoorziening te beoordelen naast de vanouds gebruikte: bijdrage aan de diversificatie van energiebronnen en aan energiebesparing. Diversificatie van energiebronnen moet met name bijdragen aan de vermindering van de afhankelijkheid van politiek instabiele regio’s. De verhoging van de energie-efficiëntie van de energievoorziening moet daarnaast ook bijdragen aan de reductie van milieueffecten en een minder snelle uitputting van grondstoffen. De grote aardgasvoorraden van Nederland krijgen nu strategische betekenis. De overheid gebruikt de extra inkomsten uit het aardgas om een deel van de energie-intensieve industrie, die het economisch moeilijk heeft, te ondersteunen.

De algemene vraag is over welke mogelijkheden Nederland beschikt om te diversifiëren. Voor de regering is de keus in eerste instantie tussen kernenergie en kolen. De steenkolenwinning is de jaren zestig afgebouwd na de vondst van aardgas bij Slochteren. Deze weer hervatten blijkt geen optie te zijn. De regering kiest daarom voor kernenergie. In toenemende mate ontstaat er verzet tegen de bouw van nieuwe kerncentrales. Er ontstaat een maatschappelijk debat over kernenergie, met als hoogtepunt de Brede Maatschappelijke Discussie (1981-1984). De situatie is zeer gepolariseerd. Een groot aantal maatschappelijke organisaties en een meerderheid van de bevolking zijn tegen kernenergie, het ‘establishment’, aangevoerd door EZ, de industrie en de

¹⁰ Nederlandse fysici hebben voor de Tweede Wereldoorlog in internationaal opzicht een vooraanstaande positie ingenomen zowel in het fundamentele onderzoek, als op toegepast gebied; dit komt tot uiting in een relatief groot aantal Nobelprijzen en de hoge internationale status van het Natuurkundig Laboratorium van Philips. Daarnaast beschikken ook Shell en de andere Nederlandse grote ondernemingen over een goede en uitgebreide R&D-infrastructuur. Zie ook Homburg (2003) *Speuren op de Tast* en Baggen e.a. (2003), *De opkomst van een kennismaatschappij*.

¹¹ A. Lagaaij en G. Verbong (1998), *Kerntechniek in Nederland 1945-1974*, Den Haag, hoofdstukken 3 en 4

energiesector, is en blijft in deze periode voorstander. Deze ontwikkelingen leiden tot een herintroductie van kolen als brandstof voor elektriciteitscentrales. De mogelijkheden van andere bronnen zoals wind en zon, zijn onvoldoende bekend en zeker geen alternatief op de korte termijn. Dit is de reden voor de tegenstanders van kernenergie om energiebesparing als belangrijkste optie voor te stellen.

Het nieuwe energiebeleid geeft een grote impuls aan het energieonderzoek. De minister van Wetenschapsbeleid – het opzetten van een afzonderlijk ministerie is een politieke innovatie – geeft de Landelijke Stuurgroep Energie Onderzoek (LSEO) de opdracht om een Nationaal Programma voor Energieonderzoek te ontwikkelen.¹² De LSEO werkt een structuur uit voor de nationale onderzoeksprogramma's. De programma's zijn gebaseerd op een (vrijwillige) samenwerking tussen alle partijen met de overheid als coördinator en regisseur. De gang van zaken is dat een uit vertegenwoordigers van de verschillende kennisinstellingen (universiteiten, ECN, TNO, KEMA, Gastec) samengestelde programmavoorbereidingscommissie een verkenning uitvoert van de stand van zaken en op basis hiervan een programma ontwerpt met uitgangspunten, doelstellingen en aandachtsgebieden. In 1976 gaat het eerste Nationaal Onderzoeksprogramma Windenergie van start. De volgende jaren komen daar onderzoeksprogramma's voor zonne-energie, geothermie en de Magneto-Hydrodynamische omzetting (MHD) bij. Vooral vanaf 1981 stijgt het aantal programma's sterk.

De periode 1985-1994

Deze periode is een soort overgangperiode. De gevolgen van het bezuinigingsbeleid, ingezet door het eerste kabinet Lubbers, worden zichtbaar. De overheid streeft naar stroomlijning van beleid en beleidsuitvoering en, zij het nog voorzichtig, naar meer marktwerking in de energiesector. Toenemende druk op de elektriciteitssector om te reorganiseren leidt tot de elektriciteitswet van 1989. Het industriebeleid wordt beperkt door het RSV-debacle en EU-regulering, waardoor gerichte aanbestedingen aan de Nederlandse industrie in het kader van het energiebeleid moeten verdwijnen; alleen onderzoek biedt nog mogelijkheden projecten met de binnenlandse industrie op te zetten. Vanaf 1984 komen er ook speciale regelingen om R&D te stimuleren. De overheid bezuinigt op de uitgaven voor publiek gefinancierd energieonderzoek en marktintroductie komt meer centraal te staan.

Daarnaast hebben de dalende energieprijzen een negatieve invloed op de aandacht voor energievraagstukken en op de concurrentiepositie van nieuwe energieopties. Het reactorongeluk bij Tsjernobyl betekent voorlopig het einde van de pogingen om nieuwe kerncentrales te bouwen. Dit negatieve effect wordt in de tweede helft van de jaren tachtig weer deels gecompenseerd door een groeiende aandacht voor mondiale milieuproblemen, zoals het gat in de ozonlaag en de klimaatverandering als gevolg van het versterkte broeikaseffect. Het zoeken naar oplossingen voor energie- en milieuvraagstukken wordt geplaatst binnen het kader van 'duurzame ontwikkeling'. Dit concept is geïntroduceerd door de commissie Brundtland (1987) en wordt overgenomen als uitgangspunt voor beleid, zoals dat gestalte krijgt in het eerste *Nationaal Milieu Beleidsplan* (NMP) en nota's over energiebesparing. Het aantreden van het eerste paarse kabinet in 1994 luidt in eerste instantie een ronde van bezuinigingen in, maar met de *Derde Energiënota* uit 1995 begint een nieuwe fase.

¹² Volgens Minister Trip is het idee van nationale onderzoeksprogramma's al eerder gelanceerd met het doel de interactie tussen wetenschappers en beleidsmakers te stimuleren. Een domein dat zich, zeker na de oliecrisis, bij uitstek leent voor zo'n nationale aanpak is het energie-onderzoek. F.H.P. Trip, *The national energy research programma: points of departure*, in LSEO, Energy, now and in the future, proceedings of a conference of the Netherlands Energy Research Steering Group, (Utrecht 1977) p. 11-18

De periode 1995-2004

De belangrijkste factoren in deze periode zijn ongetwijfeld het proces van Europese integratie en de daaruit voortvloeiende liberalisering van de energiemarkten enerzijds en de toenemende aandacht voor energiebesparing en duurzame energie in het kader van de dreigende klimaatverandering door de alsmaar stijgende emissies van broeikasgassen. De geopolitieke instabiliteit en de terroristische aanslagen in 2001 hebben daarnaast de veiligheidsaspecten en betrouwbaarheid van de energievoorziening weer hoog op de politieke agenda geplaatst. Het algemene doel van het energiebeleid kan worden samengevat als het realiseren van een schone, betaalbare en betrouwbare energievoorziening.

In de loop van de 20^e eeuw is de rol en invloed van de nationale overheid op maatschappelijke processen vrijwel voortdurend toegenomen. In de vorige periode kondigde zich in dit opzicht een kentering aan. Er ontstaat twijfel over de maakbaarheid van de samenleving en, onder invloed van neoliberale ideeën, komt er steeds meer nadruk te liggen op de markt en marktwerking als sturende mechanismen. Dit heeft grote gevolgen voor de positie van de overheid. In de visie van vooral economen moet de overheid alleen toezicht houden op economische processen en deze faciliteren in plaats van deze te willen sturen. Deze ideeën zijn in het innovatie- en energiebeleid ook duidelijk te herkennen. Daar staat tegenover dat er vanuit andere maatschappelijke domeinen wel voortdurend een beroep op de overheid wordt gedaan om te interveniëren. Dit zien we bijvoorbeeld in het klimaatbeleid.

De veranderende rol van de overheid komt op alle terreinen tot uiting. De hoofdlijn van de Derde Energienota (1995) is de bevordering van meer marktwerking in de energiesector. De productie en handel in elektriciteit dient binnen enkele jaren volledig vrij te worden. Aan de vraagzijde wordt voorzien in een stapsgewijze liberalisatie. Dit laatste geldt ook voor de gasmarkt, waarbij het gasnet ook voor derde partijen toegankelijk moet worden. Tegelijkertijd stelt de nota ambitieuze doelen op het gebied van de verbetering van de energie-efficiency (33% in 25 jaar) en het verhogen van het aandeel van duurzame bronnen in het energieverbruik (10% in 2020). Deze uitgangspunten worden in de daaropvolgende jaren verder uitgewerkt. In hetzelfde jaar publiceert EZ ook de nota Kennis in beweging (1995). Het stimuleren van samenwerking tussen de verschillende partijen in het innovatienetwerk krijgt daarin een hoge prioriteit. Door de economische teruggang krijgt het innovatiebeleid vanaf het begin van de 21^e eeuw een hogere prioriteit. Daarnaast introduceert de regering in 2001 in het NMP-4 het transitiebeleid.

3. Criteria voor energieonderzoek en de selectie van speerpunten

In de inleiding heb ik geconstateerd dat het energieonderzoek en innovatie- of technologiebeleid – al dan niet als onderdeel van een breder industriebeleid – sinds de Tweede Wereldoorlog aan elkaar gekoppeld zijn geraakt in het overheidsbeleid. Het energieonderzoek dient natuurlijk ook aan de doelstellingen van het energiebeleid bij te dragen. In deze paragraaf kijk ik naar de criteria voor de programmering van het energieonderzoek en de rol die industriële overwegingen daarin hebben gespeeld. Vervolgens komt aan bod tot welke keuzes de toepassing van deze criteria heeft geleid.

Criteria voor energieonderzoek

De eerste periode van 1945 tot 1973 staat in het teken van de wederopbouw van Nederland. Het energiebeleid van de Nederlandse overheid is gericht op een gewaarborgde, ononderbroken voorziening van iedere vraag naar energie tegen de laagst mogelijke kosten en met vrije keuze voor de verbruikers. Lage kosten zijn noodzakelijk om de groei van de Nederlandse industrie te steunen. De keuze voor een concentratie van het onderzoek op kernenergie komt zowel voort uit energie- als industriepolitieke overwegingen. De belofte van kernenergie is dat het niet alleen aan de criteria van het energiebeleid voldoet - voldoende en zeer goedkoop - maar ook de industriële groeimarkt van de toekomst is. In 1959 dient zich een nieuwe, veelbelovende energiebron aan, namelijk aardgas. De industrie, Esso en Shell, en de overheid werken nauw samen om in korte tijd een transitie in de energievoorziening te realiseren. Publiek gefinancierd energieonderzoek naar aardgastechnologie vindt nauwelijks plaats, maar wordt met behulp van de gegenereerde opbrengsten uit de gasverkoop gefinancierd en uitgevoerd door het Gasinstituut en Gasunie Research. Ook onderzoek naar olie- en gaswinning wordt privaat gefinancierd door de oliemaatschappijen.

In de periode 1974 tot 1985 krijgt het energiebeleid een nieuwe dimensie. Er komen naast betrouwbaarheid en kosten twee nieuwe criteria, namelijk ecologische inpasbaarheid en bijdrage aan de diversificatie. Het energieonderzoek in de vorm van de nationale onderzoeksprogramma's moet aan deze doelstellingen bijdragen. De LSEO, die in de tweede helft van de jaren zeventig de structuur voor deze onderzoeksprogramma's ontwerpt, houdt zich ook bezig met de vraag welke criteria moeten worden aangelegd voor de beoordeling en de selectie van onderwerpen voor onderzoek. Verschillende commissies, adviesorganen en departementen hebben zich sinds die tijd met deze selectiecriteria bemoeid.

De inzet van de NOP's is vooral een verbreding van het energieonderzoek, maar gezien het grote aantal veelbelovende technologieën en toepassingsgebieden moeten keuzen worden gemaakt. Heel snel echter duikt de klacht op over de versnippering van het onderzoek. Een korte bloemlezing: in de reactie op de LSEO-voorstellen pleit de RAWB voor concentratie op enkele projecten met duidelijke doelstellingen (RAWB, 1976). De REO concludeert in 1981 dat er een fragmentatie aan inspanningen ontstaat, waardoor het meeste onderzoek onder het drempelniveau voor succesvol resultaat blijft (REO, 1981). De SER pleit voor een goede allocatie van middelen door deze vooral op terreinen in te zetten waarin Nederland het (relatief) goed doet, en voor energieopties met een ruim en 'veilig' marktpotentieel (SER, 1986). Vooral begin jaren negentig zwelt de kritiek op de breedheid van het onderzoek aan. In de discussie over het nieuwe clusterbeleid wordt het gebrek aan duidelijke keuzen voor zwaartepunten heftig bekritiseerd. Het KWW-rapport (1993) *Nederlandse Energieclusters* stelt dat als gevolg van het energiebeleid van de overheid Nederlandse ondernemingen in een aantal gevallen exportkansen hebben gemist. Daarnaast zou in het industriebeleid de prioriteit liggen bij het veiligstellen van de nationale energievoorziening tegen een zo laag mogelijke prijs, waardoor te weinig rekening is gehouden met de consequenties voor de toeleveranciers. Het adviesbureau adviseert om het industriebeleid te concentreren op een beperkt aantal 'speerpunttechnologieën'. Tien jaar later is deze discussie

de inzet geworden van EOS. De doelstelling is nu om tot een selectie van een aantal speerpunten te komen.

Om tot dergelijke keuzen te komen, zijn criteria nodig. Het belangrijkste criterium dat is gehanteerd bij de programmering van het energieonderzoek ligt voor de hand: de (potentiële) bijdrage aan de energievoorziening¹³. De precieze formulering varieert wel. In het begin is vooral aandacht voor de omvang, de termijn waarop en de duur van de bijdrage van energiebronnen. Sinds de tweede helft van de jaren tachtig verschuift de nadruk geleidelijk naar de bijdrage aan een (meer) duurzame energievoorziening. Sinds het NMP-4 wordt dit geformuleerd als een bijdrage aan de energietransitie. In EOS is dit het hoofdcriterium. Ook aspecten als betrouwbaarheid, betaalbaarheid en reductie van de milieubelasting vallen hier onder.

Het tweede criterium is de betekenis voor de industrie. De LSEO hecht bijvoorbeeld veel belang aan “eventuele toepassing van de ontwikkelde methoden” door de Nederlandse industrie (LSEO, 1976). In het begin van de jaren tachtig, tijdens de economische crisis, krijgt dit criterium om begrijpelijke redenen extra gewicht, een duidelijke parallel met de huidige periode. Ook in de tussenliggende periode hamert men vrijwel altijd op de industriële betekenis. In de tweede helft van de jaren negentig lijkt de nauwe koppeling tussen energie- en innovatiebeleid enigszins losser te worden, in de zin dat in elk geval bij de programmering van het langetermijnonderzoek het criterium ‘industriële belang’ ondergeschikt lijkt te worden gemaakt aan de betekenis voor het energiebeleid. In EOS-termen: primaat voor energie. Onderzoek dat kan bijdragen aan de versterking van de positie van de Nederlandse industrie is daarvan een afgeleide. Aangezien het korte termijn toepassingsgerichte onderzoek vooral aan marktpartijen wordt overgelaten, gaat de overheid zich in toenemende mate richten op het langetermijnonderzoek. Bij de verdere uitwerking van het langetermijn-energieonderzoek wordt het ‘industriële aspect’ impliciet gelaten. Er is wel aandacht voor overdracht van kennis en voor demonstratie projecten, maar het initiatief dient daarbij vooral vanuit de markt te komen. Een volledige ontkoppeling lijkt echter politiek (nog) niet acceptabel te zijn, zoals onder andere blijkt uit de vraagstelling voor dit essay. De VCE (1996) en de AER (2001) noemen expliciet als toetsingscriterium het economische belang voor het bedrijfsleven. In het advies van de AER zijn toepassingsmogelijkheden van kennis in de Nederlandse industrie het eerste aanvullende selectiecriterium.

Het derde criterium dat over de gehele periode van belang wordt geacht, is de internationale kennispositie. In eerste instantie werd dit criterium, bijvoorbeeld door de LSEO, meer als een negatief criterium gezien. Grote researchinspanningen in het buitenland zijn een negatief criterium voor het beginnen van Nederlands onderzoek op hetzelfde gebied. Afstemming met internationale ontwikkelingen is echter vanaf het begin een belangrijk uitgangspunt. Geleidelijk verschuift wel de nadruk naar de kwaliteit van het onderzoek en de inbedding van de onderzoeksgroepen in internationaal perspectief. Het *Rapport Implementatie EOS* werkt dit criterium bijvoorbeeld verder uit. Voor de kennispositie van Nederland op energiegebied zijn een viertal variabelen van belang, te weten de input in geld, de wetenschappelijke output in octrooien en publicaties, de utilisatie output (licenties, demonstratieprojecten) en de kwaliteit van het onderzoek (EOS).

Een vierde criterium van een iets andere strekking is, wat ik zou willen noemen, het systeemaspect en de maatschappelijke inpassingproblematiek. In de jaren zeventig ligt hierbij sterk het accent op systeem- en modelstudies. Dit aspect blijft gedurende de gehele periode relevant, vanuit de overweging dat infrastructurele voorzieningen, zoals de energievoorziening, vooral ook een systeemkarakter hebben. Daarnaast ontstaat in de jaren tachtig geleidelijk meer aandacht voor de introductieproblematiek van nieuwe technologieën, zoals de problematiek van

¹³ Turkenburg (2002) noemt dit criterium ook als eerste in een hoofdstuk over beleid tot stimulering van energieinnovaties in het boek *Energy for Sustainable Development* voor de Verenigde Naties.

maatschappelijke acceptatie en het onduurzame gedrag van gebruikers. Vanaf eind jaren negentig duidt men dit aan als bèta-gamma aspecten van het energieonderzoek.

Daarnaast komen in de adviezen tal van andere criteria aan bod, zoals het belang van het onderzoek voor het opleiden van jonge mensen, het perspectief van toepassing in ontwikkelingslanden, en de mate waarin het onderzoek deel kan uitmaken van een strategische samenwerking tussen technologische hoogwaardige bedrijven enerzijds en de publieke onderzoeksinfrastructuur anderzijds (ontleend aan VCE, 1996).

Ondanks alle variaties zijn de criteria over de hele periode dus min of meer gelijk zijn gebleven, hoewel het gewicht dat aan de verschillende criteria is toegekend wel verschuivingen laat zien. Op welke wijze zijn de scores op de verschillende criteria tegen elkaar afgewogen? Begin jaren tachtig stelt de REO nog dat een methodiek voor prioriteitenstelling op basis van een multi-criteria analyse nog niet ver genoeg is ontwikkeld om te worden toegepast (REO, 1983). De AER presenteert in 1987 een toetsingskader voor de energieonderzoek-programmering, een soort trechtermodel. Eerst wordt een aantal energieopties geselecteerd, die op de langere termijn een minimale bijdrage van 5% aan de Nederlandse energiehuishouding kunnen leveren. Vervolgens vindt verdere selectie plaats op basis van een bijdrage aan het verminderen van knelpunten, die zich in de toekomst in de Nederlandse energiehuishouding kunnen voordoen. Voor de overgebleven opties kan vervolgens het noodzakelijk geachte onderzoek worden bepaald. Hierbij dient men rekening te houden met de bijdrage aan de realisatie van het potentieel, de vraag of het huidige onderzoek toereikend is en of het onderzoekspotentieel de Nederlandse industrie in staat stelt om op dat gebied een marktpositie te verwerven. De VCE (1996) daarentegen ontwikkelt een achttal toetsingscriteria.¹⁴ Ondanks de pogingen om tot een objectieve afweging te komen, blijkt dit in de praktijk zeer moeilijk te zijn. In alle gevallen is de uitkomst afhankelijk van de (subjectieve) beoordeling door meer of minder onafhankelijke deskundigen. Bij EOS heeft bijvoorbeeld een uitgebreide consultatie plaatsgevonden onder vertegenwoordigers van het hele veld. Het is dan ook voorspelbaar dat de uitkomst van deze procedures de belangen en interesses van de betrokkenen zullen weerspiegelen. Op grond hiervan kan men dus verwachten dat de procedures om tot een selectie te komen, slechts zullen leiden tot een bevestiging van de status quo. De verliezers zijn degenen (de opties) die geen inbreng hebben in het proces. Daarnaast is de selectie van energieopties lang niet altijd de uitkomst van een proces van zorgvuldige afweging en besluitvorming. Het PV-onderzoek is het duidelijkste voorbeeld van een 'bottom-up' proces.¹⁵

Selectie van onderwerpen

Wat heeft de toepassing van deze criteria nu opgeleverd in termen van zwaartepunten en aandachtsgebieden voor onderzoek? Op de eerste plaats een grote variatie in onderzoeksgebieden. Een tweede observatie is dat in de eerste helft van de jaren tachtig een verbreding van het onderzoek optreedt. In de periode daarna blijft het aantal onderwerpen in grote lijnen gelijk. De discussies over het selecteren van speerpunten hebben blijkbaar in het verleden niet tot reductie van het aantal onderzoeksvelden geleid! Dit bevestigt de hierboven uitgesproken verwachting dat

¹⁴ Deze criteria zijn: (1) de kwaliteit van het energieonderzoek en de energieonderzoeksgroep; (2) de internationale inbedding van het energie-onderzoek; (3) het belang van het onderzoek voor het opleiden van jonge mensen; (4) het potentieel voor toepassing van het onderzoek binnen een duurzaam Nederlands energiesysteem; (5) het perspectief van toepassing van het onderzoek buiten Nederland in bijvoorbeeld ontwikkelingslanden; (6) het economische belang van het onderzoek voor het bedrijfsleven in Nederland; (7) de mate waarin het onderzoek deel kan uitmaken van een strategische samenwerking tussen technologisch hoogwaardige bedrijven enerzijds en de publieke onderzoeksinfrastructuur anderzijds (clusterbeleid) en (8) de bijdrage die het onderzoek kan leveren aan het oplossen van maatschappelijke vraagstukken. (VCE 1996).

¹⁵ Verbong e.a.,(2001) *Een kwestie van lange adem. De geschiedenis van duurzame energie in Nederland*, hoofdstuk 7

de uitkomst van deze procedures de belangen en interesses van de betrokken zullen weerspiegelen. Dit verandert medio jaren tachtig door toenemende maatschappelijke weerstand tegen kernenergie en vooral na het ongeluk bij Tsjernobyl.

Het geschetste beeld correspondeert met de ontwikkeling in de uitgaven voor het publiek gefinancierde energieonderzoek (zie figuur 1 en bijlage 2). Deze uitgaven schommelen over de periode vanaf 1977 rond de 140-150 M€ met een duidelijke dip in de tweede helft van de jaren tachtig en een piek in het begin van de jaren negentig.¹⁶ De terugval hangt nauw samen met de sterke verlaging van de energieprijzen in die periode. De piek is te verklaren uit de hernieuwde belangstelling voor energiebesparing vanaf omstreeks 1990. Er is wel een aantal duidelijke verschuivingen tussen een aantal hoofdcategorieën te zien. Kernenergie is tot medio jaren tachtig een het belangrijkste onderzoeksveld. Vanaf 1988 is energiebesparing de grootste categorie, wat samenhangt met de intensivering van het energiebesparingsbeleid. Opvallend is verder de omvang van het kolenonderzoek in de jaren tachtig. Dit betreft vooral milieuaspecten (onder invloed van het NMP) die gepaard gingen met de herintroductie van kolen in de elektriciteitsvoorziening en later onderzoek naar kolenvergassing. Vanaf 1995 neemt de omvang van het onderzoek naar duurzame energie sterk toe, als uitvloeisel van de doelstellingen in de *Derde Energienota*. Lange tijd is in deze categorie het meeste geld naar windenergie gegaan, maar in de jaren negentig neemt ook het aandeel van biomassa en vooral van PV toe. Eind jaren negentig vormt PV zelfs de grootste categorie. Daarna verschuiven de prioriteiten weer richting wind offshore en biomassa. Onder de noemer 'overige bronnen' vallen onderzoek naar waterstof en algemene studies. De belangrijkste projecten bij de categorie conversie en opslag zijn tot 1985 het MHD-onderzoek en daarna brandstofcellen. Een internationale vergelijking van de uitgaven voor energieonderzoek laat overigens zien dat Nederland zowel absoluut als relatief veel geld uitgeeft aan energieonderzoek. Dit geldt met name voor onderzoek naar energiebesparing en duurzame energie.¹⁷ De uitgaven door industrie liggen in de periode 1977-1981 op een vergelijkbaar peil met die van de overheid. In deze periode lopen ze op van bijna 140 M€ tot meer dan 240 M€ in 1981. Hiervan nemen de uitgaven van onderzoek en ontwikkeling in de olie- en gassector bijna de helft voor hun rekening, terwijl aan onderzoek naar steenkool en energiebesparing elk tegen de 45 M€ is besteed. Ook zijn nog behoorlijke bedragen voor conversie en opslag en kernenergie uitgegeven.¹⁸ Over de gehele periode 1977-2004 liggen de uitgaven in de industrie ruwweg op een vergelijkbaar, of iets hoger peil, dan die van de overheid. Ter indicatie: in 1994 geeft de overheid 145 M€ uit en het bedrijfsleven 200 M€, in totaal wordt dus 345 M€ besteed. De uitgaven voor de kolenvergassingscentrale in Buggenum is met 70 M€ verreweg de grootste afzonderlijke post. De grootste categorie in uitgaven is energiebesparing.¹⁹ Het niveau van de uitgaven is in de laatste periode van het decennium ongeveer gelijk gebleven.

Zowel de lijst met speerpunten als de verdeling van publieke middelen over toepassingsgebieden, geven een globaal beeld van de ontwikkeling in hoofdlijnen. Kijken we iets meer in detail naar de verdeling binnen de categorieën, dan doen we een andere opvallende ontdekking. Nederland heeft in het verleden wel degelijk ook een aantal duidelijke keuzes gemaakt, juist vooral met het oog op industriële ambities. De ontwikkeling van het energieonderzoek vanaf de Tweede Wereldoorlog laat juist zien dat er in elke periode wel een aantal grote projecten, speerpunten van onderzoek

¹⁶ Dit is in absolute zin en niet voor inflatie gecorrigeerd.

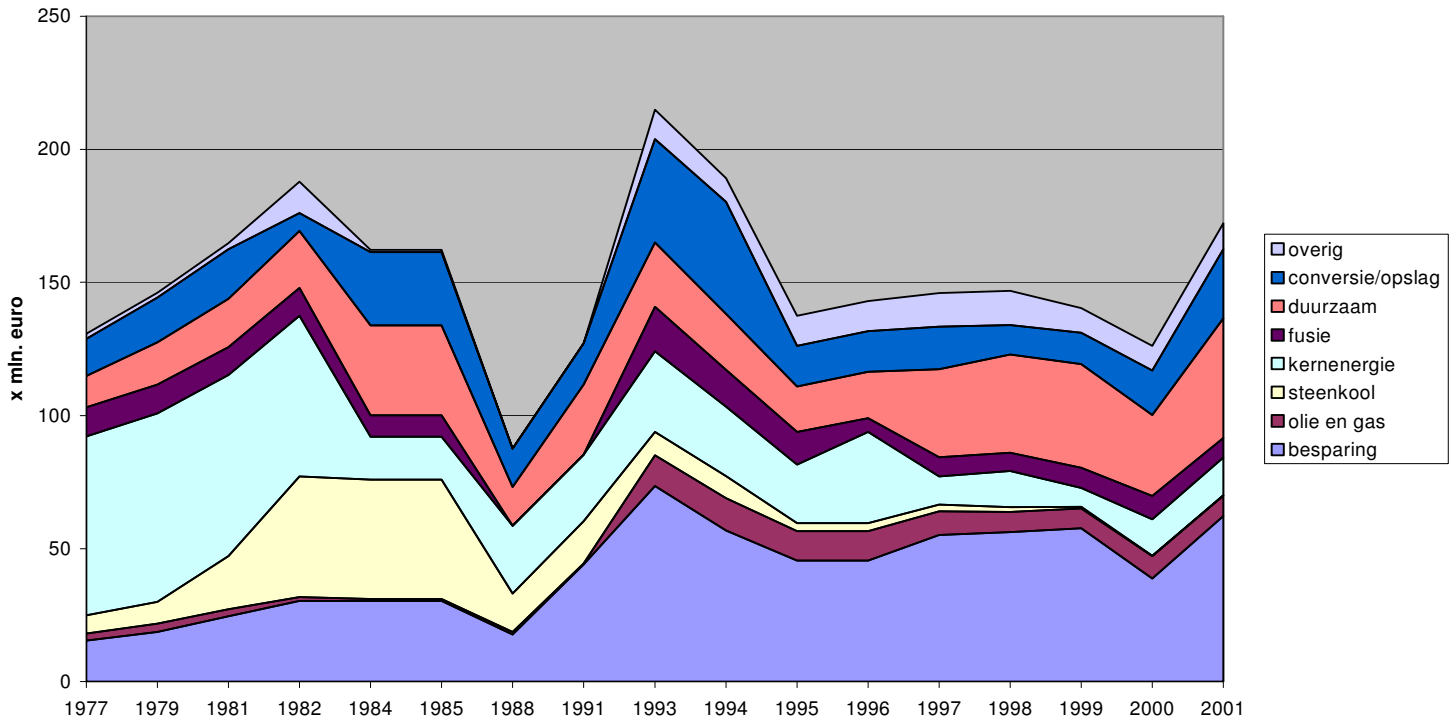
¹⁷ EZ, *Energieonderzoek in Nederland. Organisatie en prioriteiten*, maart 1998, op basis van gegevens van de IEA.

¹⁸ Vanaf het midden van de jaren negentig zijn wel gegevens beschikbaar, maar die zijn uitgedrukt in arbeidsjaren en daarom moeilijk vergelijkbaar.

¹⁹ In de post energiebesparing gaat ruwweg 60% (1995-1999) naar energiebesparing in de industrie en 15-20% naar de gebouwde omgeving. Andere grote categorieën waren kernenergie (inclusief 20 Mfl voor de HFR in Petten) en elektriciteit. Deze drie categorieën samen namen 480 Mfl van de 620 Mfl (excl. Buggenum) voor hun rekening. Daarna kwam duurzame energie met 50 Mfl. Bron: AER 1996, p. 11

zijn geweest. In de periode waarin kernenergie centraal heeft gestaan, zijn er vrijwel alleen maar grote projecten geweest.

**Publiek gefinancierd energieonderzoek
(niet verdisconteerd)**



Figuur 1

Overzicht van het publiek gefinancierde energieonderzoek in Nederland (zie ook bijlage 2).
Bron: REO (1981, 1983), AER (1987, 1996), EZ (1989, 1991, 1998), Ecorys (2002)

Dit is ook afhankelijk van de aard van de technologie. Ook na de eerste energiecrisis zijn er nog duidelijke speerpunten aan te wijzen, zoals windenergie en MHD tot midden jaren tachtig en brandstofcellen en kolenvergassing in de periode daarna. Bij al deze projecten is er sprake van een duidelijke ambitie om internationaal een goede positie te verwerven en op basis hiervan nieuwe industriële activiteiten in Nederland van de grond te tillen. Dit is een aspect van innovatie en innovatiebeleid op energiegebied, dat in de huidige discussies over strenge selectie wordt vergeten.

Op grond hiervan kom ik tot de conclusie dat de vraag niet zozeer is wat we moeten kiezen, maar veeleer, *waarom we er niet in slagen om te kiezen, c.q. hoe de keuzes, die in het verleden wel zijn gemaakt, tot stand zijn gekomen en op grond van welke argumenten.* Voor een antwoord op die vraag moeten we naar de verhoudingen in het innovatiesysteem kijken. Daarnaast is de vraag wat de speerpunten in het verleden hebben opgeleverd.

4. Energieonderzoek in het innovatiebeleid

Eén van de klachten over het innovatiesysteem is dat er in Nederland te veel regelingen zijn. Sinds de publicatie van de *Innovatienota* in 1979 is voortdurend nieuw beleid ontwikkeld. De *Innovatienota* wordt wel aangeduid als de start van het specifieke innovatiebeleid. Daarvoor vindt stimulering van innovaties vooral plaats in het kader van het industriebeleid. De slechte ervaringen met het steunen van verliesgevende bedrijven met als dieptepunt het RSV-debacle, vormen een belangrijke aanleiding tot de nieuwe koers. Vanaf die periode wordt innovatie gepresenteerd als de oplossing voor de sociaal-economische problemen van die tijd, die zijn veroorzaakt door de hoge energieprijzen en de algehele economische malaise. Aard en vormgeving van de instrumenten zijn wel voortdurend aan veranderingen onderhevig en worden telkens aangepast aan gewijzigde inzichten. Er komen tal van nieuwe, meest generieke en fiscale regelingen, om R&D en investeringen in het implementeren van innovaties te bevorderen. Bijlage 2 geeft een overzicht van de belangrijkste regelingen vanaf de jaren zeventig. In de jaren tachtig komt de nadruk in het innovatiebeleid in het algemeen al meer te liggen op een betere verbinding tussen kennisproductie en vraagarticulatie, vooral door bedrijven bij stimuleringsprogramma's te betrekken. In de jaren negentig wordt de aandacht voor de vraagzijde uitgebreid naar onderwijs, integratie van gebruikers en het vestigen van innovatieve netwerken en clusters. Eind jaren negentig komt daar nog een element bij, namelijk maatregelen om het innovatie- en ondernemingsklimaat te verbeteren.²⁰ Hier geef ik een beknopt overzicht van de regelingen die voor het energieonderzoek van belang zijn (geweest) en de effecten hiervan.

In de periode vòòr 1974 besteedt de overheid veel geld aan nucleair onderzoek. Naast het geld dat direct of via ZWO naar het onderzoek gaat, worden bedrijven en instellingen financieel gesteund voor de deelname aan bepaalde projecten, bijvoorbeeld TNO en de industrie voor de ontwikkeling van koelsystemen voor de snelle kweekreactor in Kalkar. De elektriciteitsbedrijven financieren hun onderzoek door een toeslag op de elektriciteitsrekening. Een algemeen instrument, dat lange tijd heeft bestaan, is het Technisch Ontwikkelingskrediet (TOK), ingesteld in 1954 om technologische innovatie te stimuleren, maar binnen dit instrument is niet specifiek plaats ingeruimd voor energietechnologieën.

Na 1974 krijgt een organisatie als Nederlandse Energie Ontwikkeling Maatschappij (NEOM) de taak en middelen om de industrie te helpen en stimuleren bij de ontwikkeling en implementatie van energietechnologieën, door middel van financiële steun en informatie, maar de steun is nogal fragmentarisch. In financieel opzicht is de Wet op de Investeringsrekening (WIR) verreweg de grootste regeling. In 1980 voegt de overheid hieraan een energietoeslag toe, de WIR-ET. Deze specifieke toeslag voor energie- en milieutechnologieën, die komt boven op de algemene tegemoetkoming voor investeringen in technologie, moet leiden tot de introductie en ontwikkeling van energiebesparende technologie. Daarnaast worden in 1982 de Innovatiegerichte Onderzoeksprogramma's (IOP's) geïntroduceerd. De IOP's, die nog steeds bestaan, beogen de ontwikkeling van technisch-wetenschappelijke achtergrondkennis en expertise, die voor de consolidatie en groei van het Nederlandse bedrijfsleven waardevol zouden kunnen zijn. Er zijn verschillende energiegerelateerde IOP's uitgevoerd. Een ander instrument ter bevordering van het innovatieve vermogen van de Nederlandse industrie is de InnovatieStimuleringsRegeling (INSTIR), die in 1984 wordt ingesteld. De INSTIR is een generieke subsidieregeling voor de loonkosten van R&D personeel. Daarnaast zijn er nog specifieke regelingen als de Steunregeling Energiebesparing en Stromingsenergie (SES, 1985) die geld beschikbaar stellen voor

²⁰ Ontleend aan Kern, *Evolution*, p. 20-21. H. de Groene en A. van der Zwan, *Effectiever innovatiebeleid door stroomlijning en samenwerking*, in: Ministerie van Economische Zaken, *Het Nederlandse innovatiebeleid: tijd voor vernieuwing? Beschouwingen over het Nederlandse innovatiebeleid*, Den Haag, p. 7-14

demonstratieprojecten en haalbaarheidsprojecten op het gebied van energiebesparing, windenergie, zonneboilers en vooral ook WKK.

Het aantal regelingen neemt in de jaren negentig snel toe. Algemene regelingen kunnen worden ingedeeld in vier groepen: fiscale regelingen (WBSO), kredietverschaffing (TOK, KREDO, MPO, TOP), regelingen gericht op het stimuleren van samenwerking (BTS, BIT, EET, SMO, TS) en regelingen gericht op kennisoverdracht (HMKB, SKO, SKB). EZ besteedt jaarlijks ruim 450 M€ aan dit “bedrijfsgerichte technologie-instrumentarium”. Het is niet precies bekend wat het aandeel van energietechnologie in al deze regelingen is. Voor de WBSO geldt een (afnemend) percentage van tussen de 10 en 5%, het overgrote deel voor energiebesparing; daarnaast neemt de energie-intensieve industrie ruim een kwart voor zijn rekening (MEET). Bovendien zijn er nog een groot aantal energiesubsidies (EIA, EIMP, VAMIL, SES, SET, BSET, WABM-heffing), de MAP-toeslagen, die energiedistributiebedrijven in de jaren negentig mogen heffen voor de reductie van broeikasgassen en andere milieudoelen en de REB, recent vervangen door de MEP. Daarnaast zijn er ook nog Europese programma’s, zoals het vijfde kaderprogramma. Van de EU-bijdragen gaat het grootste deel naar (onderzoek naar) duurzame energie.

Deze niet uitputtende opsomming lijkt in elk geval de kritiek te bevestigen dat er in Nederland erg veel regelingen zijn. Een vergelijkende studie van Technopolis in 2001 concludeert ook dat Nederland een groot aantal instrumenten gebruikt, dat de nadruk op generieke instrumenten ligt, dat het voor het merendeel om fiscale regelingen gaat en dat het geld over een breder pakket beleidsdoelstellingen en doelgroepen is verspreid dan in andere Europese landen (Technopolis, 2001). Het is niet duidelijk hoeveel geld de overheid nu precies per jaar aan de stimulering van energieonderzoek en energie-innovaties besteedt, mede omdat voor de algemene regelingen onbekend is wat het aandeel van energie- en milieutechnologie is. Bovendien kunnen de bedragen behoorlijk fluctueren. Vooral de WIR (5,5 miljard € in 10 jaar) en de REB (ruim 400 miljoen € in 2001) zijn berucht om hun sterk oplopende uitgaven. Een voorzichtige schatting is dat de bedragen voor stimulering van R&D en toepassing van energietechnologie zeker zo hoog zijn als de bedragen voor de het publiek gefinancierde energieonderzoek.

Ondanks herhaalde adviezen over een tekort aan monitoring en evaluatie, is tot voor enkele jaren weinig aandacht besteed aan de evaluatie van de effecten van al deze regelingen.²¹ Over de effectiviteit van WIR is wel een sterk gepolitiseerd debat ontstaan. De meningen zijn verdeeld over de opbrengsten in termen van werkgelegenheid en economische prestaties van bedrijven. Een evaluatie van de MAP (1991-2000) door Berenschot levert op dat de doelstelling met betrekking tot CO₂-emissiereductie is gehaald, maar dat niet kan worden vastgesteld wat de bijdrage van de MAP hieraan is geweest, onder andere omdat niet bekend is hoeveel de energiebedrijven zelf hebben geïnvesteerd.

De Nederlandse overheid besteedt sinds 2000 meer aandacht aan de evaluatie van de effectiviteit van de beleidsinstrumenten, zoals tot uiting komt in nieuwe begrotingsprocedures – Van Begroting tot Beleidsverantwoording – en de instelling van het Interdepartementale Beleidsonderzoek. In het kader hiervan zijn verschillende studies uitgevoerd. Voor de algemene regelingen die R&D stimuleren constateren de onderzoekers dat de eerste orde effecten (verhoging private R&D investeringen) en tweede orde effecten (toename innovativiteit) positief zijn. Dat laatste geldt volgens een onderzoek naar de WBSO vooral voor nieuwe producten bij relatief kleine bedrijven. Over de derde orde effecten, de verbetering van de economische prestaties, valt weinig of niets te zeggen, omdat het effect van de regeling op de bedrijfsprestaties nogal indirect is (MEET en WBSO nader beschouwd).

²¹ bijvoorbeeld AER, Jaaradvies 1992 *Is meten ook weten?* (1993)

Voor de specifieke energiestimulerings- en investeringsregelingen geldt over het algemeen dat de kosteneffectiviteit in termen van CO₂-reductie positief is, maar het probleem is dat bij veel regelingen het zogenaamde ‘free-rider’ effect optreedt, dat wil zeggen dat de investeringen ook zonder de subsidie zouden hebben plaatsgevonden.²² Het aandeel ‘free riders’ varieert van verwaarloosbaar tot wel 70%. Een oplossing hiervoor zou zijn de regelingen meer technologiespecifiek te maken, maar dit staat haaks op het algemene streven naar steeds generiekere regelingen. In termen van de attentiewaarde binnen de bedrijven scoren de meeste regelingen zeer laag. Andere problemen bij het evalueren, zijn het ontbreken van duidelijke doelstellingen die als ijkwaarde kunnen fungeren, het ontbreken van voldoende gedetailleerde gegevens, en de stapeling van regelingen, wat het weer moeilijk maakt om de effectiviteit van de regelingen te bepalen. De conclusie is dan ook dat de kritiek op het grote aantal regelingen en het gebrek aan continuïteit terecht is. Een belangrijk discussiepunt blijft de vraag of alleen generieke instrumenten ingezet moeten worden of ook technologiespecifieke instrumenten.

Naast energieonderzoek zijn dus ook meer generieke maatregelen genomen om innovatie, en hierdoor de kansen voor de Nederlandse industrie, te bevorderen. Deze maatregelen zijn niet direct gericht op het verbeteren van de bedrijfsprestaties van de Nederlandse industrie, maar op het stimuleren van uitgaven voor onderzoek en ontwikkeling en het gebruiken van nieuwe technieken.

²² De centrale vraag in deze onderzoeken is of door de energiesubsidie ‘feitelijke’ vermindering van de uitstoot van CO₂ heeft plaatsgevonden als gevolg van de inzet van een gesubsidieerde techniek. ‘Feitelijke’ vermindering is het gedeelte van deze vermindering als direct gevolg van de subsidie. Door een hoog ‘free riders’-gehalte kan de kosteneffectiviteit negatief uitpakken, aangezien de subsidies niet bijdragen aan een extra reductie van de CO₂-uitstoot. Effectiviteit Energiesubsidies 2000, vi.

5. Samenwerking en oriëntatie in het actornetwerk

Gebrek aan samenwerking, onduidelijke doelstellingen en een te sterke nationale oriëntatie zijn andere belangrijke kritiekpunten op het functioneren van het innovatiesysteem in Nederland. In deze paragraaf kijk ik naar de ontwikkeling van het sociale netwerk in het innovatiesysteem.

De periode 1945-1974

Na het starten van het energieonderzoek is de eerste helft van de jaren vijftig een periode van strategisch manoeuvreren. Dit komt bijvoorbeeld tot uiting in de gang van zaken voorafgaande aan de oprichting van RCN in 1955. De wetenschappelijke gemeenschap, die tot dan toe een dominante rol heeft gespeeld, komt meer aan de zijlijn te staan bij de toepassing van kernenergie.²³ EZ neemt de regie over het energiedomein over van OKW. EZ ziet kernenergie als de groeimarkt van de toekomst. Mede op initiatief van EZ komt er een industrieel consortium tot stand, Neratoom, waarin onder andere Werkspoor, Stork, RDM, De Schelde, Wilton Fijenoord, Comprimo en Philips deelnemen. De ambitie is om complete centrales te kunnen leveren. Tekenend voor de verhoudingen is de sterke positie van Philips. EZ stelt participatie van Philips als absolute voorwaarde voor overheidssteun.²⁴ Verder spelen de slechte verhoudingen in het sociale netwerk een grote rol. De elektriciteitsbedrijven en de industrie hebben elk een eigen visie over de te volgen koers, maar de positie van de eerste groep is veel sterker omdat zij deel uit maken van het heersende regime in de elektriciteitsvoorziening. De elektriciteitsvoorziening is in Nederland op provinciaal niveau geordend. Binnen het geldende institutionele regime zijn het provinciale bedrijven en een aantal gemeenschappelijke organisaties zoals de VDEN, Sep en KEMA die een grote mate van controle over de sector uitoefenen.²⁵ Dit verklaart waarom de grote klacht van de industrie is dat de elektriciteitsbedrijven “monopolisten zijn die bedrijven tegen elkaar uitspelen”.

In de tweede helft van de jaren vijftig is wel een volledig innovatienetwerk tot ontwikkeling gekomen, maar het netwerk is niet erg convergent. Er zijn een aantal kennisinstellingen en een aantal toeleveringsbedrijven georganiseerd in een industrieel consortium, energiebedrijven die interesse hebben in kerncentrales en een overheid die onderzoek en ontwikkeling fors ondersteunt. In plaats van samen te werken begint iedereen met een eigen project. Deze projecten concurreren niet alleen in termen van middelen, maar men bekritiseert elkaar ook regelmatig, wat de uitwisseling tussen projecten belemmert. Opvallend is het onvermogen van de Nederlandse overheid om de ontwikkelingen in het netwerk te coördineren. Ingrijpen door veranderingen in het institutionele kader aan te brengen, wat in principe mogelijk is, is in de praktijk (nog) niet aan de orde. Daarnaast is opvallend dat Nederland duidelijk een eigen, onafhankelijke koers vaart.

De periode 1974-1984

In de jaren direct na de energiecrisis stijgt het aantal actoren sterk. Vrijwel alle universiteiten doen onderzoek naar energie of energiegerelateerde onderwerpen (LSEO 1975). Het onderzoek bij RCN, vanaf 1976 ECN, wordt verbreed. Het Energie Studie Centrum (ESC) vindt bij ECN onderdak. Het ESC doet technisch-economisch onderzoek met aandacht voor de maatschappelijke aspecten van de energievoorziening. De verbreding van het onderzoek bij ECN creëert een probleem voor TNO, dat in principe al het toegepast-wetenschappelijk onderzoek bestrijkt. De complexe verhoudingen komen naar voren in de oprichting van twee afzonderlijke intermediaire organisaties, één bij ECN en één bij TNO. Verder richt EZ de NEOM op om projecten te stimuleren die vanuit het gezichtspunt van de energiepolitiek en de lange termijn economische

²³ Nederland participeerde overigens ook in internationaal onderzoek naar kernfusie en deeltjesfysica (CERN). Dit is hier buiten beschouwing gelaten, omdat dit feit weinig industrieel relevant is.

²⁴ Philips gebruikt dit door het gehele veld van de reactorinstrumentatie te claimen en bovendien ook buiten Neratoom om aan buitenlandse projecten te mogen deelnemen. Lagaaij, *Kerntechniek*, hoofdstukken 3 en 4

²⁵ Verbong, *Energie in Tin-20*, Hoofdstukken 3 en 7

ontwikkeling aantrekkelijk zijn, maar zonder steun vermoedelijk niet zullen slagen. Het doel van deze maatschappij is om als intermediair een brug tussen organisaties als ECN, TNO en FOM en het bedrijfsleven te slaan.²⁶ Verder zijn er nog de sectorgebonden onderzoeksinstituten als KEMA, het VEG-Gasinstituut en Gasunie Research. Door de verbreding van de scope van de activiteiten wordt het sociaal netwerk dus complexer en ontstaat er behoefte aan intermediaire organisaties. In deze fase is er nog een sterk denken vanuit wetenschap en technologie. De industrie wordt wel voortdurend geraadpleegd, maar de programmering is in eerste instantie een zaak van wetenschappers en technologen. De energiebedrijven en de grote ondernemingen hebben wel via hun vertegenwoordigers, meest ook vooraanstaande wetenschappers, in commissies en andere gremia invloed op de besluitvorming.

De coördinatie bij de overheid is gecompliceerd. Er zijn verschillende departementen actief betrokken bij het energieonderzoek. EZ blijft de regie voeren, maar ook Wetenschapsbeleid (tijdelijk), OCW en VROM zijn actief. De interdepartementale dynamiek speelt bij de vormgeving en uitvoering van het beleid een grote, niet altijd transparante, rol. De afstemming tussen de departementen verloopt via verschillende ambtelijke commissies. Het gaat daarbij niet alleen om kwesties van competenties, maar er zijn ook verschillen in perspectief op oplossingsrichtingen, zoals het op stimulering gerichte perspectief van EZ versus het op regulering gerichte perspectief van VROM. Tot slot zijn er nog verschillende adviesorganen, zoals de (voorlopige) Algemene Energie Raad (AER), die de overheid gevraagd of ongevraagd adviezen verstrekt over zaken die het energieonderzoek en beleid betreffen. Deze publieke organisaties vormen een complex speelveld en voortdurend zijn er afstemmingsproblemen.

Behalve de kennisinstellingen en de overheid zijn er nog de energiebedrijven, de industrie, brancheorganisaties, ingenieursbureaus etc. De elektriciteitssector komt in toenemende mate onder druk te staan om te reorganiseren, maar weet voorlopig het hoofd te bieden aan de nationale overheid. De elektriciteitsbedrijven hebben grote frustraties over het overheidsbeleid, bijvoorbeeld ten aanzien de voorgeschreven inzet van brandstoffen. De verhoudingen in het sociale netwerk blijven moeizaam. Dit geldt met name voor het opereren van de elektriciteitsbedrijven. Deze bedrijven weten bijvoorbeeld via EZ de oprichting van het eerste windpark in Nederland uit het nationale programma te halen en gaan daarmee zelf aan de slag. Het resultaat, het windpark bij Sexbierum, is teleurstellend, wat bij voorstanders van windenergie weer vragen oproept over de motieven van de elektriciteitsbedrijven. De toeleverende industrie, die in deze periode actief is, zijn vooral grote ondernemingen, die al in het kernenergieonderzoek participeren, en vanzelfsprekend de olie- en gassector. Daarnaast raken verschillende grotere en kleinere bedrijven bij de nationale onderzoeksprogramma's betrokken. In de eerste jaren na de crisis is er zeer grote belangstelling bij bedrijven voor energie-innovaties, maar geleidelijk ebt dat weg. De economische crisis begin jaren tachtig en het gebrek aan korte-termijn-perspectieven brengt een groot aantal bedrijven in de problemen. Dit leidt tot het verdwijnen, respectievelijk het terugtrekken, van verschillende bedrijven (als toeleverancier) uit de energiesector.

We zien dat hoge maatschappelijke prioriteit voor het energievraagstuk leidt tot een grote uitbreiding en diversificatie van energieonderzoek en ontwikkeling, met nog een intensivering tussen 1980 en 1985. Over het algemeen kenmerkt deze periode zich door een sterke 'push' vanuit onderzoek en ontwikkeling. De overheid is de actor die de initiatieven neemt en de regie voert. Er zijn actieve pogingen om op vrijwillige basis netwerken van verschillende partijen te vormen, waarbij zich nog, zoals het voorbeeld van windenergie laat zien, deels dezelfde institutionele belemmeringen voordoen als in de vorige periode. In termen van het sociale netwerk vindt er een grote uitbreiding van het aantal actoren plaats, maar ook fragmentatie en specialisatie in verschillende nieuwe (sub-)netwerken, die slechts een losse samenhang vertonen.

²⁶ Verbong e.a., (2001) *Een kwestie van lange adem. De geschiedenis van duurzame energie in Nederland*, hoofdstuk 2

Deze ontwikkelingen voltrekken zich vooral, gestimuleerd door de structuur van de nationale onderzoeksprogramma's, binnen de nationale grenzen. Dat betekent niet dat Nederlandse wetenschappers niet participeren in internationale programma's, integendeel; maar wel, als het om de vertaling naar concrete innovatieprojecten gaat, dat een sterk nationale focus wordt gekozen.

De periode 1985-1994

Na een eerste bezuinigingsronde start midden jaren tachtig een discussie over de positie en betekenis van de Grote Technologische Instituten (waaronder ECN) in Nederland. De commissie Dekker brengt in 1987 het rapport *Wissel tussen kennis en markt* uit. De commissie is een groot voorstander van een duidelijker afbakening tussen de grote technologische instituten. In het algemeen zien we de geleidelijke overgang naar een grotere marktorientatie. Van verschillende zijden wordt echter ook herhaaldelijk gewaarschuwd voor een te grote invloed van marktpartijen, respectievelijk een verwaarlozing van het meer fundamentele onderzoek. Concreet betekent dit bijvoorbeeld dat ECN een nieuwe missie en financieringsstructuur krijgt. De overheid gaat ECN als het centrale Nederlandse instituut voor energieonderzoek zien. Ze verwacht van ECN een belangrijke bijdrage aan de voorbereiding en onderbouwing van het energiebeleid. Tegelijkertijd is ECN een zelfstandig instituut met een eigen verantwoordelijkheid jegens de markt. Een specifiek punt van aandacht is de samenwerking - of beter het gebrek daaraan - tussen TNO en ECN. Dit leidt tot intensief overleg tussen de beide instituten.

De stroomlijning van het beleid heeft ook gevolgen voor de verschillende intermediaire organisaties. In een aantal stappen vindt er een bundeling plaats, leidend tot de vorming van de Nederlandse Onderneming voor Energie en Milieu (Novem, 1988), die een groot aantal regelingen gaat uitvoeren en de coördinatie krijgt over de onderzoeksprogramma's. Dit betekent in elk geval een loskoppeling van deze taken van ECN en TNO. Ook in het aantal commissies wordt gesneden. De AER blijft als belangrijkste adviesorgaan over. De hogere prioriteit voor het klimaatprobleem betekent ook een groeiende inbreng van VROM, hoewel EZ het belangrijkste departement voor energiebeleid blijft.

De druk van de zijde van de overheid op de elektriciteitssector om te reorganiseren neemt toe. De overheid dringt aan op sterke concentratie aan de productiezijde, maar de partijen komen niet tot overeenstemming. Wel komen er, anticiperend op regelgeving, vier regionale productiebedrijven. De elektriciteitswet van 1989 scheidt productie en distributie, met als gevolg dat een nieuwe actor zijn intrede doet in de energiewereld: het energiedistributiebedrijf, dat een actieve rol gaat spelen in het energie- en milieubeleid. Via de MAP-gelden stimuleren deze bedrijven tal van projecten op het gebied van WKK en duurzame energie. De wet zorgt voor gecompliceerde verhoudingen in de sector en al heel snel wordt duidelijk dat de wet van 1989 niet het einde is, maar veeleer het begin van de reorganisatie van de sector.

Wat de industrie betreft nemen de grote multinationale ondernemingen zoals Philips en Shell nog steeds een prominente positie in het innovatiesysteem in, maar de positie van de machine- en apparatenindustrie is duidelijk verzwakt door het verdwijnen van ondernemingen en de problemen voor de producerende industrie in het algemeen. Verder zijn grote, door de overheid gefinancierde opdrachten voor de maak- en apparatenindustrie uit de gratie door het RSV-debacle.

De ontwikkelingen in deze tijd hebben een duidelijke weerslag op het energieonderzoek. De meeste programma's, die in de voorgaande periode zijn geïntroduceerd, worden gecontinueerd, maar het accent verschuift steeds meer van onderzoek naar marktontwikkeling. De toenemende aandacht voor de klimaatproblematiek leidt tot meer aandacht voor energiebesparing. De overheid introduceert regelgeving voor energiebesparing in de bouw en voor huishoudelijke apparaten. Verder start Nederland met het sluiten van convenanten om op vrijwillige basis in

verschillende sectoren energiebesparingsdoelen te halen. De historisch gegroeide relaties tussen de verschillende actoren blijven nog grotendeels intact. Een voorbeeld is de oprichting van de Stichting Windplan door een achttal energiedistributiebedrijven in 1989. Door een gebrek aan eensgezindheid en de moeizame onderhandelingen tussen overheid, industrie en de energiesector leidt het initiatief tot niets en verdwijnt Stichting Windplan na enkele jaren geruisloos. Wel beginnen zich andere verhoudingen af te tekenen, die later in de jaren negentig tot grote verschuivingen zullen leiden.

De periode 1995-2004

In het actornetwerk speelt EZ nog steeds de hoofdrol, maar OCW wordt door de financiering van het universitaire onderzoek (al dan niet via NWO) belangrijker, evenals VROM door het toegenomen belang van het klimaatbeleid. Begin deze eeuw wordt Novem een agentschap van EZ. Een integratie van Novem en Senter, verantwoordelijk voor een aantal van de subsidieregelingen, is inmiddels een feit. Verder worden de gemeenten en provincies meer betrokken bij het energiebeleid. Meer nog dan op de overheid heeft liberalisering van de energiemarkten een impact op de actoren in de energiesector. De herstructurering die eind jaren tachtig is begonnen, is overigens nog steeds niet helemaal afgerond en leidt onder andere tot schaalvergroting en internationalisering van de sector door de overname van productiebedrijven door buitenlandse ondernemingen. Een gevolg is het wegvallen van de zogenaamde collectieve opdrachten voor KEMA en Gastec (voorzetting van het VEG-Gasinstituut). KEMA en Gastec schuiven daardoor op in de richting van bedrijven, die vooral hun inkomsten halen uit technische consultancy en dienstverlening, terwijl ECN en TNO meer marktgeoriënteerd gaan werken. Een illustratie van de veranderde verhoudingen is de fusie tussen de kernenergieafdelingen van KEMA en ECN tot NRG in 1997. Tien jaar eerder zou dit onbespreekbaar zijn geweest.

Deze herstructurering leidt tot het wegvallen van vrijwel het gehele, niet direct op toepassingen gerichte, onderzoek door de energiesector zelf. Deze sector wordt in nog sterkere mate voor het (meer) fundamentele onderzoek afhankelijk van de universiteiten. Deze verschuiving is ook terug te zien in de groeiende rol van NWO in de financiering van het energieonderzoek op de universiteiten en daaraan gelieerde onderzoeksinstituten. Deze ontwikkelingen hebben tot gevolg dat 'kennis flows' in het sociale netwerk belangrijker worden, maar de vraag is of dit ook goed werkt. Een ander gevolg is dat de energiebedrijven, zowel de productie-, distributie- en netwerkbedrijven nieuwe stijl, in toenemende mate alleen afnemer van energietechnologie en energiediensten worden. Zij zijn opgeschoven naar de gebruikerszijde van het innovatienetwerk.

Voor de kennisinstellingen en NOVEM wordt het samen met marktpartijen identificeren van de onderzoeksthema's het uitgangspunt. De financiering en de beoordeling worden daarop aangepast. ECN dient bijvoorbeeld het onderzoek in veel sterkere mate te gaan afstemmen op de vragen vanuit de markt. Het gaat hierbij om de energieproductie- en distributiebedrijven, de (toeleverende) industrie en de energiegebruikers. Bij het onderzoek op specifieke terreinen (de doelfinanciering) wordt inbedding van het onderzoek in samenwerkingsverbanden met een financiële bijdrage door het bedrijfsleven zelfs min of meer verplicht.

De rol van de grote multinationale ondernemingen begint eveneens te veranderen. De multinationals reduceren hun onderzoeksinspanningen en beperken zich voornamelijk tot korte termijn en heel toepassingsgericht onderzoek. Productievestigingen verdwijnen naar het buitenland, wat onderdeel van een algemene trend in Nederland en West-Europa is. Ook deze bedrijven worden dus afhankelijker van de kennisinstellingen en universiteiten voor het meer fundamenteel gerichte onderzoek, maar zij beperken zich in hun relaties met universiteiten niet tot Nederland, maar zoeken die relaties in een veel groter gebied. De positie van de machine- en apparatenindustrie is duidelijk verzwakt. Daarmee is ook het vermogen om innovaties te absorberen in de Nederlandse industrie verminderd. Opvallend is dat het aantal kleine Nederlandse bedrijven in het innovatienetwerk sterk is toegenomen. Hetzelfde geldt voor het

aantal advies- en ingenieursbureaus. Dit betekent dat er meer kleine ondernemingen zijn die relaties met kennisinstellingen en andere actoren in het netwerk onderhouden. In het algemeen nemen samenwerkingsverbanden tussen bedrijven onderling, en tussen bedrijven en kennisinstellingen, toe in de loop van de jaren negentig, wat als een positieve ontwikkeling kan worden gezien. Het Energie, Ecologie, Technologie (EET) programma, dat in 1996 tot stand is gekomen, met als doelstelling de stimulering van samenwerking tussen kennisinfrastructuur en industrie, is een voorbeeld.²⁷ Het programma wordt gelijkelijk gebruikt door het bedrijfsleven en de kennisinfrastructuur, waarbij in het bijzonder de grote deelname van het MKB aan de KIEM procedure (eenjarige exploratieve projecten) opvalt.²⁸ Het verbeteren van de samenwerking tussen de toeleverende bedrijven en de markt is altijd een punt van kritiek geweest, maar concreet beleid om deze situatie te verbeteren is pas de laatste jaren van de grond gekomen. Het is misschien nog te vroeg om de resultaten van dit beleid te kunnen beoordelen. Naast de trend tot meer samenwerking vindt er ook een internationalisering van de industrie plaats. Nederlandse bedrijven worden overgenomen door buitenlandse (of omgekeerd) en buitenlandse bedrijven begeven zich op de Nederlandse markt.

Over deze gehele periode gezien, beschikt Nederland over een goede kennisinfrastructuur op energiegebied. Deze infrastructuur is over het geheel genomen kwalitatief hoogwaardig in termen van kennisproductie en van technologieontwikkeling. Er is wel sprake van een hoge mate van onderlinge afbakening en afscherming, wat tot fragmentatie leidt. Wat betreft de positie van de industrie valt op dat grote bedrijven, zoals Shell en Philips, een dominante positie innemen, omdat ze zelf over een goede R&D-infrastructuur beschikken, sterk in adviescommissies en dergelijke zijn vertegenwoordigd, afnemers van kennis en technologie zijn, én over goede en invloedrijke lobbymogelijkheden op alle niveaus beschikken. Minder duidelijk is hoe de samenwerking tussen de kennisinstellingen met de industrie verloopt in termen van kennisoverdracht en –uitwisseling, en aansturing van onderzoek. In de beginfase zijn met name de verhoudingen tussen de elektriciteitsbedrijven en de industrie zeer slecht. Na de verwijdering van een aantal institutionele barrières zijn er veel meer samenwerkingsverbanden ontstaan. Tegelijkertijd is echter de positie van de toeleverende industrie verzwakt.

Daarnaast is met name de positie en de rol van de overheid aan het veranderen. Tot in de jaren tachtig trachtte de overheid een sterk sturende rol te spelen, daarna ontstaat er onduidelijkheid en onzekerheid over de rol van de overheid. Marktwerking wordt belangrijker in de aansturing van het innovatienetwerk, maar tegelijkertijd intervenueert de overheid direct en indirect op verschillende manieren. Ook de speelruimte en mogelijkheden voor de overheid veranderen. In eerste instantie zijn er vooral institutionele belemmeringen, zoals de ongemakkelijke verhouding met de elektriciteitssector en de Nederlandse, op consultatie en consensus gerichte, politieke cultuur (het ‘polderen’). Veranderingen in het institutionele kader elimineren de belemmeringen deels, maar door externe ontwikkelingen wordt tegelijkertijd de speelruimte voor de overheid verkleind en door internationalisering van de industrie (en kritischere consumenten) wordt het speelveld complexer. De groeiende invloed van Europa beperkt de mogelijkheden om te interveniëren nog verder.

²⁷ De EET-regeling is in 2003 afgeschaft.

²⁸ In totaal zijn 109 projecten gehonoreerd, waaraan M€ 201 is besteed, dit is iets meer dan helft van de totale project-kosten. Tweederde gaat om fundamenteel onderzoek, een derde aan industrieel onderzoek. Er is ook een kleine rest-categorie pre-concurrentiële ontwikkeling. Ministerie van EZ (2003), *Doorbraken in zicht, De verwachte effecten van het programma E.T.T. 1996-2002*, Den Haag, 40pp.

6. Innovatietrajecten en industriële capaciteit

De resultaten van energieonderzoek in brede zin kunnen op verschillende aspecten worden beoordeeld. Op de eerste plaats de bijdrage aan de doelstellingen van het energiebeleid. Over het algemeen is het energiebeleid succesvol geweest. Aan de eisen van een goedkope en betrouwbare energievoorziening is in grote lijnen voldaan. In termen van diversificatie is het beleid minder succesvol geweest, mede door de grote afhankelijkheid van aardgas, maar er hebben zich ook geen grote problemen voorgedaan. Ook in termen van ecologische inpasbaarheid is grote vooruitgang geboekt, mede ook door het energieonderzoek; emissies van energie-installaties zijn drastisch gereduceerd (met uitzondering van CO₂) en de efficiëntie van de energie-omzetting is aanmerkelijk gestegen. Emissies door elektriciteitscentrales zijn sterk gereduceerd; ook de emissies van broeikasgassen zijn, met uitzondering van de transportsector, over het geheel genomen binnen de perken gebleven. In dit opzicht is echter nog een veel sterkere reductie noodzakelijk. Dus in termen van het energiebeleid zijn er duidelijk successen geboekt.²⁹ Ik zal mij hier vooral richten op de ontwikkeling van energie-innovaties in Nederland en de betekenis hiervan voor de industrie. De resultaten van het energieonderzoek heb ik beoordeeld aan de hand van historische kennis van een groot aantal concrete innovatietrajecten. Ik zal hier alleen een aantal hoofdpunten behandelen en streef daarbij niet naar volledigheid.

Innovatietrajecten

In de eerste periode verloopt de ontwikkeling van kernenergie langs een aantal duidelijke lijnen. Naast de bouw van kerncentrales zijn er een aantal projecten voor reactorconcepten – scheepsreactor en langzame kweekreactor – en een aantal projecten gericht op componenten of complementaire technologie, zoals koeling voor een snelle kweekreactor, ultracentrifuge voor uraniumverrijking en productie van splijstofelementen, en ook nog een aantal toepassingen, met name materiaalonderzoek.

Over de langere termijn gezien wordt alleen de uraniumverrijking met behulp van ultracentrifuges een succes. UCN, onderdeel van een internationaal consortium, is een internationale speler. Een aantal van de projecten krijgt te maken met de groeiende maatschappelijke en politieke weerstand tegen kernenergie in het algemeen. De snelle kweekreactor bij Kalkar wordt bijvoorbeeld wel voltooid, maar nooit in gebruik genomen. Het kernenergieonderzoek wordt expliciet buiten de programmering van de NOP's gehouden. Zeker tot in de jaren tachtig vormen de uitgaven voor kernenergie en kernenergieonderzoek nog de grootste afzonderlijke post in de totale uitgaven voor energieonderzoek. Hier vallen ook kosten voor Kalkar onder, hoewel de regering in 1973 besluit om de kostenstijgingen rechtstreeks aan de consument door te berekenen. Ook het MHD-programma en onderzoek dat wel onder de NOP's valt, is nauw aan kernenergie verbonden.

Het doel van de eerste nationale onderzoeksprogramma's is vooral inventariserend en verkennend. Energiebesparing is al in een vroeg stadium geïdentificeerd als een kansrijke optie. Energiebesparing wordt geleidelijk aan, in termen van publiek gefinancierd onderzoek, de grootste categorie. In de tweede helft van de jaren zeventig steunt de overheid de Nederlandse energie-intensieve industrie in de vorm van subsidies en leningen. In de periode van de tweede oliecrisis lopen deze uitgaven sterk op en komt er ook een onderzoeksprogramma voor industriële energiebesparing. In deze sector boeken de bedrijven grote winst met betrekking tot de verbetering van de energie-efficiëntie, vooral door procesvernieuwing waarbij overheidssubsidies een positieve rol spelen. Later vlakt het tempo af en komt de nadruk meer op innovatie en werkgelegenheid te liggen. De energie-intensieve industrie krijgt steun (goedkoop gas, gegarandeerde teruglevering) van de overheid bij het opzetten van decentrale WKK-eenheden. Deze steun past in eerste instantie vooral binnen het industriebeleid; pas later gaat de reductie van

²⁹ Deze successen zijn in elk geval deels toe te schrijven aan het Nederlandse energieonderzoek in brede zin, bijvoorbeeld op het gebied van gastechnologie. Deels echter betreft het ook import van in het buitenland ontwikkelde technologie.

broeikasgassen ook een prominente doelstelling voor de stimulering van WKK vormen. In de jaren negentig is de invoering van de meerjarenafspraken de grootste verandering. Na enige huivering van de zijde van de energie-intensieve industrie, tekenden de meeste sectoren een convenant met de overheid, waarbij de industrie een energie-efficiencydoel moet bereiken: 20% energie-efficiencyverbetering in 2000. De doelstelling wordt gehaald.

Het Nederlandse beleid is vooral gericht op het wegnemen van de financiële belemmeringen bij de introductie van energiebesparingprojecten. Voor de industrie zijn er een groot aantal regelingen. Er worden weinig specifieke technieken gestimuleerd, maar met name wordt aan de vraag vanuit de markt (lees de energie-intensieve industrie) voldaan. De resultaten zijn over het algemeen goed. Nederlandse bedrijven behoren in een aantal sectoren tot de internationale top wat betreft energie-efficiency. Een positieve invloed lijkt verder de ontwikkeling van sociale netwerken op dit gebied te zijn. Sinds 1995 zijn een vijftal kennisplatforms opgestart op initiatief van de industrie, waarbij kennis wordt uitgewisseld over procesoptimalisatie en energiebesparingstechnologieën. De Nederlandse energie-intensieve industrie ziet energie-efficiency als een competitief voordeel en heeft daarmee ten opzichte van buitenlandse industrieën een voordeel.³⁰ Deze ontwikkelingen passen in het patroon van goede relaties en actieve steun van de zijde van de overheid voor de energie-intensieve bedrijven, dat al uit de jaren zestig dateert. Voor de toeleverende industrie lijkt dit veel minder betekenis te hebben, hoewel er wel bedrijven zijn die apparaten en componenten leveren.

Energiebesparing in de gebouwde omgeving is een andere toepassing. Op dit gebied zijn er veel mogelijkheden, zowel door aanpassingen in de gebouwschil als op het verbeteren van verwarmingssystemen. Het Nationaal Isolatie Programma (1979) richt zich op het verbeteren van de isolatie van woningen door voorlichting en subsidies. Tien jaar later blijkt dit een groot succes te zijn. Er vinden voortdurend verbeteringen plaats in materiaal en toepassingen. Isolatie en isolatiematerialen vormen een belangrijke markt voor bedrijven en installateurs. Op het gebied van verwarmingssystemen zijn een drietal deels overlappende, deels concurrerende innovatiepaden te onderscheiden: de optimalisatie van gasgestookte centrale verwarmingssystemen, de introductie van de gasgestookte warmtepomp en de ontwikkeling van zonneboilers. De gasector neemt het eerste onderwerp voor zijn rekening, voor de andere twee onderwerpen komen er afzonderlijke programma's. Zon-thermisch is het hoofdonderwerp van het eerste Nationaal Onderzoeksprogramma Zonne-energie. Het belangrijkste resultaat is dat zonneboilers een interessante maar beperkte optie zijn, namelijk alleen geschikt voor de productie van warm tapwater. Voor warmtepompen komt er zowel een programma als een organisatie voor demonstratieprojecten. De introductie van gaswarmtepompen in de jaren tachtig wordt overigens een jammerlijk fiasco.³¹ Het resultaat van al deze inspanningen is een aanzienlijke daling van het gasverbruik in woningen, een trend die ook in de jaren negentig door zal zetten (hoewel het elektriciteitsverbruik van huishoudens vanaf die tijd weer een flinke stijging laat zien). Dit resultaat wordt grotendeels bereikt door de optimalisatie van de centrale verwarmingsinstallaties in combinatie met voortschrijdende isolatie. In die periode komt er ook een nieuwe aanpak voor energiebesparing in de gebouwde omgeving door de introductie van de Energie Prestatie Norm voor nieuwbouwwoningen en utiliteitsgebouwen. Architecten, projectontwikkelaars en bouwbedrijven kunnen zelf invullen op welke wijze aan de norm wordt voldaan. De norm is in een aantal stappen scherper geworden, maar na enkele jaren heeft de overheid hier voorlopig een einde aan gemaakt. Recent heeft de overheid overigens een aanscherping aangekondigd. De methode is ook niet toegepast in de bestaande bouw. Technisch gezien zijn er nog steeds voldoende mogelijkheden om de energievraag voor verwarming en warm tapwater nog aanzienlijk verder te reduceren.³²

³⁰ CB, 2002, R. Kempener, *De energieketen van de chemische industrie* (Eindhoven 2003).

³¹ R. Vermeer (2002), *Diffusie van innovaties in de energiehuishouding*.

³² Zie bijvoorbeeld R. Knoppers (2004), *Verwarming op een laag pitje*.

Een derde veld is de herintroductie van kolen. Na verkennend onderzoek in de jaren zeventig gaat in 1980 het eerste kolenprogramma van start, gericht op een integrale aanpak van onderzoek, ontwikkeling en demonstratie. Het verhogen van het kolenaandeel in het brandstofpakket (diversificatie) is de hoofddoelstelling; daarnaast dienen tal van knelpunten te worden aangepakt, vooral op milieutechnisch gebied. Belangrijke onderwerpen zijn wervelbedverbranding, kolenvergassing en verder afgasreiniging en verwerking van de geproduceerde vliegassen. Het aandeel van kolen stijgt, de emissies van SO₂ en NO_x dalen sterk en vier Nederlandse apparatenbouwers krijgen door het bouwen van demonstratie-eenheden de kans om hun positie te verbeteren, maar na 1985 blijven grootschalige demonstratie- en commerciële projecten uit door de lage energieprijzen en een uitblijvende vraag door overcapaciteit in de elektriciteitsvoorziening. De omvang van het kolenonderzoek neemt weer af maar er vinden aanzienlijke investeringen in kolenvergassing plaats; daarnaast verwerft 'schoon fossiel' een groter aandeel in uitgaven voor energieonderzoek.

In het kolenonderzoek vindt begin jaren negentig een heroriëntatie plaats, omdat de doelstellingen van diversificatie en emissiereductie zijn bereikt. De nadruk komt nu op kolenvergassing en 'integrated gasification combined cycles' (IGCC) te liggen met aandacht voor CO₂-verwijdering en hergebruik van reststoffen. Ook is het doel om de Nederlandse kolentechnologie, industrie en ingenieursbureaus te promoten in het buitenland.³³ Met forse steun van de overheid wordt in de jaren negentig een kolenvergasser met STEG-eenheid gebouwd in Buggenum. De totale investeringen lopen op tot circa 350 M€. De vergasser is gebaseerd op een door Shell ontwikkeld procédé, hoewel er ook concurrerende concepten meedingen. De verwachtingen zijn hooggespannen, maar het project wordt een mislukking mede door de onverwachte groei van decentrale energieopwekking (door middel van WKK) en de lage gasprijzen. Hierdoor is er minder behoefte aan de nieuwe productiecapaciteit, die bovendien niet concurrerend is. Doorslaggevend echter zijn de grote omwentelingen in de energiesector. De kolenvergasser wordt onderwerp van een politiek steekspel tussen de overheid en productiebedrijven. De overheid is bereid om de schulden van de vergasser voor haar rekening te nemen als de productiebedrijven fuseren, maar deze weigeren dat. Het gevolg is dat de kolenvergasser een van de 'bakstenen' wordt die de Nederlandse elektriciteitsproductie financieel belasten en waarover lang is onderhandeld. Deze transformatie van paradepaardje op innovatiegebied in een financiële baksteen voltrekt zich binnen enkele jaren en kan alleen vanuit de maatschappelijke context worden begrepen. NUON heeft de centrale goedkoop overgenomen en experimenteert met de vergassing van kolenbiomassa mengsels. De centrale blijft daarmee behouden maar het is zeer twijfelachtig of de technologische kennis die in het ontwerp en bouw van de centrale zijn opgedaan, nog industriële betekenis heeft voor Nederland.³⁴

Kolenvergassing en het daaraan gekoppelde IGCC zijn dus om politieke redenen gestopt, maar onderzoek naar CO₂-verwijdering wordt voortgezet. Kolen krijgen in de tweede helft van de jaren negentig een lagere prioriteit. Ook de inzet van kolen in elektriciteitscentrales, waarbij relatief veel CO₂-emissies vrijkomen, komt in deze periode onder druk te staan. De elektriciteitsproducenten weten sluiting of dure ombouw naar gas te voorkomen door biomassa te gaan bij- of meestoken. De verwachtingen over energie uit biomassa zijn in deze periode sterk gestegen. Op de middellange termijn moet biomassa de belangrijkste duurzame energiebron worden. Biomassa is echter ook een gecompliceerde energiebron door de grote variëteit in aanbod, conversietechnologieën en eindproducten. Verbranding en vergassing van biomassa in centrales en afvalverbrandingsinstallaties hebben tot nu toe de meeste aandacht gekregen.

³³ Novem (2000), *De Nederlandse kolenprogramma's*.

³⁴ Harmsen (2000), *Forces in the development*, p. 84

De mogelijkheden om brandstofcellen te ontwikkelen en commercieel te exploiteren krijgen ook veel aandacht. Het brandstofcel programma vormt samen met de kolenvergasser het technologische speerpunt in de jaren negentig. Nederland heeft aanzienlijk geïnvesteerd in de ontwikkeling van de brandstofceltechnologie, naar schatting bijna 100 M€. Onderzoek en ontwikkeling zijn uitgevoerd door ECN in samenwerking met een aantal industriële partners. De commercialisering door Brandstof Cel Nederland (BCN) mislukt echter.³⁵ Een aantal partijen, waaronder EZ, zien begin jaren tachtig perspectieven om een energiebesparende technologie te ontwikkelen en tegelijkertijd een nieuwe industrie te creëren. Nederland kiest, na een evaluatie door een commissie van Nederlandse deskundigen, voor een specifiek type brandstofcel, de MCFC, en investeert vooral in dit traject. Achteraf misschien niet de goede keuze, maar dit is inherent aan technologische ontwikkeling. Wel geven verschillende betrokkenen aan dat het programma te weinig flexibel is geweest om op veranderende inzichten in te kunnen spelen. Op zo'n manier ontstaat dus padafhankelijkheid. Ook uiten een aantal betrokken partijen forse kritiek op de rol van EZ. EZ heeft een dubbele agenda: de ontwikkeling van een energiebesparende technologie koppelen aan het creëren van een zelscheppende industrie. De vraag is of Nederland wel in staat is om deze technologie zelfstandig tot ontwikkeling te brengen. Dit is een kwestie van ambitieniveau. Twee factoren spelen daarbij een rol: er is relatief veel geld beschikbaar maar niet voldoende om zowel een onderzoeksprogramma te financieren als een industrieel ontwikkelingsprogramma. De verwachting van EZ dat de participerende bedrijven (eerst Stork, De Schelde, later Hoogovens en Sep) meebetalen, blijkt niet uit te komen omdat bedrijven investeringen in risicovolle projecten meestal aan de overheid overlaten en in dit geval ook door de slechte financiële situatie waarin Stork en De Schelde verkeren. Daarbij heeft EZ een onbeperkt vertrouwen in de industrie in de zin van "als er maar industrie bij betrokken is, dan komt het wel goed". Druk van EZ om het proces te versnellen verergert de situatie. De oorspronkelijke inschatting is dat het ontwikkelingstraject zeker 15 jaar nodig zal hebben om toepasbare resultaten op te leveren, maar EZ denkt aan kortere termijnen.³⁶

Een klein programma is dat voor de toepassing van aardwarmte. Geothermische energie blijkt (nog) geen haalbare optie te zijn; de aandacht verschuift dan in de richting van energieopslag in aquifers. Vanaf het midden van de jaren tachtig wordt energieopslag in aquifers (Warmte-Koude Opslag of WKO) met succes ontwikkeld en toegepast, ondersteund door een relatief klein netwerk van kleinschalige bedrijven. Energieopslag blijkt voor grote bouwprojecten in grote delen van Nederland een aantrekkelijke optie te zijn om energiekosten te besparen. Energieopslag in aquifers is een echt succesverhaal. Daarbij speelde een rol dat het netwerk relatief klein en hecht was en dat ook het vastleggen en doorgeven van ervaringen goed was geregeld. Intermediaire organisaties als Novem en de brancheorganisatie speelden daarbij een doorslaggevende rol. Subsidiëring was met name belangrijk om de onzekerheid over de haalbaarheid te reduceren.³⁷ Naast WKO is er vanaf 1980 ook aan gewerkt aan grootschalige opslagprojecten voor elektriciteit zoals het Plan Lievense en ondergrondse pompaccumulatiesystemen. Dalende energieprijzen hebben op de kortere termijn een einde gemaakt aan de perspectieven voor dit type energieopslagsystemen.

³⁵ Van der Hoeven heeft deze ontwikkeling beschreven en geanalyseerd in *Een gedurfd bod*. Het is een van de weinige voorbeelden waarin we meer specifieke informatie over keuzen, bestedingen en opbrengsten hebben. D. van der Hoeven (2001), *Een gedurfd bod. Nederland zet in op de brandstofcel*, Bergen, met name hoofdstuk 1 en 8

³⁶ Gebaseerd op Van der Hoeven, *Een gedurfd bod*, hoofdstuk 8

³⁷ WKO is een mooi voorbeeld van flexibel reageren op veranderende inzichten, bijvoorbeeld dat aardwarmte geen aantrekkelijke optie was maar energieopslag wel en van het grijpen van kansen door met name op koeling in te zetten in plaats op verwarming. Koeling concurreert met dure elektriciteit, verwarming met relatief goedkoop gas. Daarnaast is de geringe zichtbaarheid van de projecten – die grotendeels onder de grond zitten en verder in de gebouwschil zijn weggewerkt – misschien eerder een voordeel dan een nadeel zijn geweest. Verbong, *Kwestie van lange adem*, Hoofdstuk 10 en 12

Duurzame energie krijgt, vooral na de *Derde Energienucleaire*, een steeds hogere prioriteit. Biomassa voor energieopwekking heb ik al genoemd. In de beginfase ligt de nadruk nog sterk op windenergie. Het is niet alleen het eerste nationale programma, dat van start gaat, maar ook het ambitieniveau is hoog. Nederland wil – met een verwijzing naar ons nationaal verleden – een internationaal leidende positie innemen op het gebied van windenergie. Dit loopt op een teleurstelling uit. De start is veelbelovend. In het eerste onderzoeksprogramma verkent men niet alleen de algemene mogelijkheden maar wordt concreet in samenwerking met een aantal grotere bedrijven en ingenieursbedrijven aan de ontwikkeling van nieuwe turbines gewerkt. Deze bedrijven trekken zich de een na de ander terug uit de windenergie, deels door gebrek aan korte termijn perspectief en terugtrekken op kerntaken, deels door de frustraties die in de loop van het traject worden opgedaan. De overheid dwingt, via haar intermediären, fusies en samenwerking tussen de kleinere bedrijven af totdat drie grotere bedrijven overblijven, die het uiteindelijk niet redden. De aansturing is sterk van bovenaf en er is een aantal klachten over concepten en ideeën, die geen kans krijgen omdat ze niet in het officiële programma passen. Nederland kiest verder in internationaal perspectief voor een eigen innovatietraject, dat het moet afleggen tegen de traditionelere, maar betrouwbaardere Deense turbines. Ook de maatschappelijke introductie van windturbines verloopt veel moeizamer dan verwacht. De doelstellingen – 1000 MW in 2000 – zijn bij lange na niet gehaald. De aandacht verschuift nu naar windparken op zee.

Er vindt vanaf omstreeks 1990 een verschuiving plaats van windenergie richting biomassa en PV. Vooral voor PV is dit opvallend, aangezien tot medio jaren tachtig PV niet als een aantrekkelijke optie voor Nederland is gezien door beleidsmakers en de meeste experts. Eind jaren negentig vormen de uitgaven voor stimulering van onderzoek en introductie van PV zelfs tijdelijk de grootste afzonderlijke post in de categorie duurzame energie. Ondanks nog steeds hoge kosten en de relatief kleine bijdrage aan de energievoorziening, is het maatschappelijke draagvlak voor PV erg hoog. De visies op duurzame energiebronnen en op een duurzame energievoorziening in zijn geheel, kunnen dus nogal snel verschuiven, wat ons voorzichtig moet maken ten aanzien van al te stellige toekomstbeelden.

Positie van de Nederlandse industrie

Wat hebben al deze activiteiten nu betekend voor de Nederlandse industrie? We kijken eerst naar de toeleverende industrie. Het industriële aspect is immers een belangrijk criterium bij de programmering en selectie van de energieprogramma's en nog sterker in de grote projecten zoals de bouw van de kolenvergasser bij Buggenum en het brandstofcelprogramma waarbij een internationaal toonaangevende positie is nagestreefd.

Ik heb in de inleiding al geconstateerd dat decennia energieonderzoek nauwelijks tot nieuwe industriële activiteiten heeft geleid. Verder is de positie van de maakindustrie, dus hier de toeleverende industrie over het algemeen veel zwakker geworden, maar dit is niet exclusief voor het energiedomein. ECN bevestigt dit nogal sombere beeld in een recente studie die de stand van zaken op gebied van energietechnologie in Nederland inventariseert. Voor een 13-tal energietoepassingen is een inschatting gemaakt van de positie van de Nederlandse industrie daarin. Er zijn slechts twee gebieden waarin één of een aantal bedrijven genoemd kunnen worden die internationaal competitief zijn. Urenco is er daar een van. De Nederlandse fabrikanten van verwarmingsketels en boilers voor CV-systemen vormen de tweede. De bedrijven in deze laatste groep internationaliseren in hoog tempo. De meeste bedrijven zijn overgenomen door buitenlandse bedrijven, maar er is nog wel productiecapaciteit in Nederland aanwezig. In andere sectoren gaat het vooral om toelevering van componenten (voor HVDC-kabels) of onderdelen en apparaten voor centrales zoals bijvoorbeeld gasturbines en gasreinigingsapparatuur. Het ECN-rapport noemt concreet bijvoorbeeld bij de KV-STEG: NEM (Leiden, afgassenketels), Schelde Engineering and Construction en Jacobs Engineering Nederland (voorheen Stork/Comprimo). De desbetreffende Nederlandse ondernemingen leveren alleen onderdelen of componenten en zijn dus altijd afhankelijk van internationale consortia. Van de oorspronkelijke ambities is echter

weinig terecht gekomen. De levering van radioactieve isotopen voor medische toepassingen door NRG vormt een niche.³⁸

De conclusie uit dit overzicht is dat er nauwelijks toepassingsgebieden zijn waar Nederland een sterke internationale positie inneemt. Dat betekent niet dat er geen bedrijven actief zijn, maar wel dat zij de ontwikkelingen in het buitenland volgen en de benodigde technologische kennis importeren. Dit geldt bijvoorbeeld op het gebied van warmtepompen. In sectoren als de warmtepompen, windenergie en PV zijn er geen hechte relaties tussen vragende en aanbiedende partijen in Nederland ontstaan (of deze zijn niet over een lange periode bestendig). Bij uraniumverrijking is dit wel het geval, maar dit zijn vanaf het begin internationale samenwerkingsrelaties geweest. Op twee gebieden waarop de Nederlandse kennisinfrastructuur zich in het bijzonder heeft toegelegd, wind en PV, is geen innovatieve, producerende industrie (meer) aanwezig. Op het gebied van windenergie is Nederland klant geworden in plaats van leverancier, bij PV zijn er na het sluiten van de fabriek van Shell Solar alleen nog leveranciers, installateurs en adviesbedrijven. In dit geval is dus een situatie ontstaan waarin Nederlandse marktpartijen van buitenlandse aanbieders afhankelijk zijn, c.q. dat er in het buitenland productiecapaciteit is opgebouwd.³⁹ In dit verband is er veel kritiek op de overheid: de overheid steunt en beschermt de industrie onvoldoende, nieuwe energietechnologieën worden te snel aan de markt overgelaten en het is onmogelijk om lange termijn afspraken te maken of garanties te krijgen.

Wat betreft de energie-intensieve industrie (een belangrijke afnemer van energie) energieapparatuur en diensten, is de situatie rooskleuriger. Energie-efficiencyverbetering is een groot succes geworden, de Nederlandse bedrijven scoren ook in internationaal opzicht goed, maar de vraag is wat dit voor de Nederlandse economie betekent. Een goede presterende innovatieve industrie, zoals in de chemie, metaalverwerking of voedingsmiddelensector, is natuurlijk van groot belang voor de Nederlandse economie. Voor de toepassing van energie-innovaties is deze industrie niet afhankelijk van Nederlandse bedrijven en met uitzondering van Shell, zijn de bedrijven zelf ook niet actief in de energiesector. Voor de energiebedrijven geldt dat de afstand tot de toeleverende industrie over het algemeen groter is geworden, omdat zij zelf geen onderzoek meer uitvoeren. Verder heeft bijvoorbeeld de bouw van nieuwe grootschalige productiecapaciteit de afgelopen 10 tot 15 jaar op een laag pitje gestaan, zodat dit geen perspectieven heeft geboden. Voor de toepassing van kleinschalige opwekking en andere energie-innovaties is echter nog wel degelijk ruimte, dus hier liggen wel kansen. Daarnaast heeft ook het aantal commercieel opererende intermediaire organisaties, zoals ingenieurs- en adviesbureaus, zich sterk ontwikkeld. Het duidelijkste voorbeeld is het Utrechtse ingenieursbureau Ecofys, maar ook KEMA en andere grote en kleine bedrijven in deze sector, hebben zich over het algemeen een goede positie weten te verwerven.⁴⁰

Succes en falen van innovatietrajecten

Het aantal succesvolle trajecten is beperkt. Uit de eerste periode gaat het vooral om uraniumverrijking en de productie van radioactieve isotopen voor medische toepassingen. Voor de periode vanaf 1974 is vooral energiebesparing succesvol geweest, zowel in de industrie als in de gebouwde omgeving. In de industrie zijn geen duidelijke innovatietrajecten te onderscheiden, mede omdat deze in hoge mate maatwerk zijn. Het is vooral te danken aan de inspanning van de bedrijven zelf, al dan niet met steun van externe adviseurs en toeleveranciers van onderdelen of machines. In de gebouwde omgeving gaat het om een groter aantal deels overlappende trajecten op het gebied van isolatie, verwarming en klimaatbeheersing. Een ander opvallend succesverhaal is de energieopslag in aquifers. Ten slotte is ook het terugdringen van emissies door centrales

³⁸ M. Menkveld (2004), *Energietechnologieën in relatie tot transitiebeleid*, Factsheets, ECN.

³⁹ M. Menkveld (2004), *Energietechnologieën in relatie tot transitiebeleid*, Factsheets, ECN.

⁴⁰ Daarentegen verkeert Gastec in grote problemen, NRC 8 mei 2004

succesvol geweest; de snelle opkomst van decentrale WKK-eenheden heeft hierin een belangrijk aandeel gehad.

In een groot aantal gevallen is er wel technisch maar nauwelijks commercieel succes. Het mislukken van deze innovatietrajecten kent zelden een eenvoudige verklaring. Bovendien dienen de voor de energievoorziening ontwikkelde innovaties ook een bijdrage te leveren aan de nationale industriële ontwikkeling (of omgekeerd). Een factor is het ambitieniveau, dat zeker bij de speerpunten zeer hoog is geweest. Het is niet zozeer het ambitieniveau zelf dat problematisch is. Uit innovatieonderzoek blijkt dat een hoog ambitieniveau noodzakelijk is, omdat dat voor actoren voor een duidelijke oriëntatie zorgt, voor druk, maar de actoren ook mogelijkheden geeft om mensen en middelen te mobiliseren. Dit moet echter wel in relatie staan tot de mogelijkheden van Nederland. Bij dit laatste lijkt er sprake te zijn van een systematische overschatting van de mogelijkheden van Nederland, dus een gebrek aan realisme bij de uitvoering van het innovatietraject. De sterke nationale oriëntatie speelt daarbij ongetwijfeld parten. Bij tegenslag moet het implementatietraject kunnen worden aangepast. Niet alleen het niveau, maar ook van belang is of de ideeën en toekomstbeelden breed worden gedeeld. Ook in dit opzicht hebben zich herhaaldelijk problemen voorgedaan.

Verder is sprake van een 'technology push' vanuit de kennisinstellingen. De meeste innovatietrajecten komen voort uit ideeën uit de wetenschappelijke en technische wereld; deze komen vooral uit de bestaande netwerken. Met enige voorzichtigheid: voor buitenstaanders of 'bottom-up' initiatieven is het moeilijk steun te mobiliseren voor innovatieve ideeën. Bij de meeste grote en veel kleinere projecten zijn wel bedrijven betrokken, zowel toeleverende bedrijven als gebruikers: dit blijkt geen garantie voor succes te zijn. Het gaat erom of een productieve samenwerking tot stand kan worden gebracht. Bedrijven blijken nauwelijks in deze samenwerking te investeren. Door de lange duur van het innovatieproject, de daarmee gepaard gaande hoge kosten en de inherente onzekerheid over de resultaten, laten bedrijven begrijpelijkerwijs de financiering over aan de overheid. Maar ook de overheid en de andere partijen hebben geen breed gedeelde lange termijn visie kunnen formuleren, respectievelijk een duidelijk implementatiepad kunnen (of willen) aangegeven en ondersteunen, waardoor voor bedrijven een aantrekkelijk perspectief werd geschapen. Met andere woorden aan de voorwaarden voor een productieve samenwerking is niet voldaan.

Verder is het duidelijk dat de positie van de maakindustrie in Nederland in de afgelopen 25 jaar sterk is achteruitgegaan. Dit is een algemene trend, die ook voor de toeleverende industrie in de energiesector van toepassing is. De ontwikkeling van bedrijven als Holec, Stork en De Schelde is daarvoor representatief. Dit is mede versterkt door de aanwezigheid van buitenlandse aanbieders op de Nederlandse markt, respectievelijk de internationalisering van het Nederlandse bedrijfsleven. Een voorbeeld van het eerste zijn de grote internationale machinebouwers, die complete elektriciteitscentrales of biomassacentrales aanbieden. Voorbeelden van de tweede categorie zijn de producenten van boilers en van verwarmingsapparatuur en Shell, dat de productie van zonnecellen naar het buitenland verplaatst.⁴¹ De verklaring voor het ontbreken van dergelijke bedrijven of bedrijfstakken moet, zoals aangegeven, vooral in een gebrekkige afstemming tussen vragers en aanbieders worden gezocht. Tot in de jaren tachtig zijn duidelijk institutionele factoren aanwijsbaar, die het tot stand brengen van vruchtbare samenwerkingsrelaties in hoge mate hebben bemoeilijkt, maar ook na die tijd lijkt het innovatiebeleid, ondanks de nadruk op samenwerking, niet of nauwelijks tot aansprekende resultaten te leiden.

Naast de systeeminterne factoren kan het mislukken van innovatietrajecten ook worden toegeschreven aan de wijzigende externe omstandigheden, zoals de liberalisering, maar zeker ook

⁴¹ Vanuit het perspectief van transitie hoeft dit overigens geen probleem te zijn.

aan de problemen die ontstaan bij de marktintroductie en de maatschappelijke inbedding (regelgeving, maatschappelijke acceptatie). Vanuit het sterk aanbod georiënteerde perspectief blijkt het telkens moeilijk te zijn om hierop in te spelen. Populair gezegd: men begrijpt niet waarom de maatschappij 'onze mooie technologie niet wil', of het nu om kerncentrales, windturbines of biomassa-installaties gaat. Hoewel dit aspect is onderkend en er bijvoorbeeld sinds de tweede helft van de jaren negentig regelmatig om meer aandacht voor de sociale aspecten wordt gevraagd en gammaonderzoek op dit gebied is toegenomen, lijkt het alsof dit in de praktijk nog niet voldoende doorwerkt.

De belangrijkste conclusie is dus dat er wel degelijk een aantal sterke sectoren en toepassingsgebieden zijn aan te wijzen en andere gebieden waarop Nederland in elk geval op onderzoeksgebied een relatief sterke positie inneemt. Nederland kent echter vooral problemen met het vertalen van innovatieve ideeën en concepten naar de markt, en met de maatschappelijke inbedding en acceptatie van nieuwe energietechnologieën.

7. Het transitiebeleid

Het transitiebeleid zoals dat in het NMP-4 is uitgewerkt, lijkt op het eerste gezicht de introductie van een heel andere benadering in het energie- en milieubeleid. Toch is het transitiebeleid een min of meer logisch uitvloeisel van ontwikkelingen in het beleidsveld begin jaren negentig. Door de toenemende nadruk op mondiale milieuproblemen, zoals de klimaatproblematiek, en het besef dat deze problemen niet op korte termijn opgelost kunnen worden, raken beleidsmakers in Nederland ervan overtuigd dat naast het korte termijn energie- en milieubeleid ook een lange termijn beleid noodzakelijk is om deze problemen te kunnen aanpakken. Deze discussies spelen al rond het eerste NMP.

Een concrete uitwerking van deze ideeën vindt plaats in het interdepartementale onderzoekprogramma Duurzame Technologische Ontwikkeling (1993-1997). DTO is opgericht om een antwoord te geven op de vraag welke rol technologie kan spelen bij het integreren van economische groei en zorg voor het milieu. Het centrale idee is dat door technologische ontwikkeling de milieubelasting per eenheid welvaart in vijftig jaar met een factor 20 verminderd kan worden.⁴² Uitgaande van duurzame toekomstbeelden voor verschillende maatschappelijke functies kan via ‘backcasting’ na worden gegaan welke stappen moeten worden ondernomen om die toekomstbeelden ook te realiseren. In het vervolgprogramma Kennisoverdracht en Verankering (1998–2001) is getracht de verworven kennis en inzichten op een aantal specifieke deelterreinen over te dragen naar professionals en onderwijs. De grote verdienste van het DTO-programma is ongetwijfeld dat het maatschappelijk draagvlak heeft gecreëerd voor lange termijnbeleid, gericht op systeeminnovaties. Toch is ook op een aantal punten kritiek mogelijk op de DTO-aanpak. Ondanks het benadrukken van de wisselwerking tussen technologie, structuur en cultuur zijn de DTO-illustratieprocessen in hoge mate technologisch vormgegeven. De functionalistische inslag van de toekomstbeelden versterkt dit. Cultuur en structuur leveren alleen de randvoorwaarden voor de spronggewijze ontwikkeling in de vermindering van de milieubelasting. Verder is het ook de vraag wat er van de geïnitieerde projecten is terecht gekomen. De indruk is dat het draagvlak voor de projecten in het algemeen niet erg groot is, maar een nauwkeurigere analyse van de opbrengsten van het DTO-programma zouden daar meer licht op kunnen werpen.⁴³

Het achterblijven van de realisatie van de doelstellingen voor CO₂-emissiereductie in het kader van het Kyoto-protocol heeft het zoeken naar een lange termijn aanpak een nieuwe stimulans gegeven. Op basis van enkele voorstudies is in het NMP-4 het transitiedenken en transitie management geïntroduceerd. De inzet van het transitiebeleid is de ontwikkeling van een lange termijn visie en het opzetten en uitvoeren van transitie-experimenten om de verschillende routes naar een meer duurzame energievoorziening te verkennen. Belangrijk daarbij is dat de toekomstbeelden voldoende open zijn voor nieuwe, innovatieve ideeën. Het probleem is dat zowel eindbeeld als het proces daar naar toe zijn nog onduidelijk zijn. Hoe zal een duurzame energievoorziening er in de toekomst uitzien? Dit probleem ontstaat niet omdat een duurzame energievoorziening technisch niet haalbaar zou zijn, maar juist omdat er tal van technische mogelijkheden en configuraties zijn om een meer duurzame energievoorziening te realiseren. Er zijn met andere woorden zeer verschillende toekomstbeelden mogelijk, variërend van een waterstofeconomie tot een ‘all-electric society’. Daar zou men tegen kunnen aanvoeren dat we inmiddels een redelijk tot goed beeld hebben van de verschillende mogelijkheden – dit wordt in EOS expliciet als opbrengst van het energieonderzoek vermeld. Dit valt echter te betwijfelen. Externe gebeurtenissen (Slochteren, Tsjernobyl, Californië) kunnen, zo laat de (recente)

⁴² Zie voor informatie over DTO <http://www.dto-kov.nl/dto-progr/index-result.htm>.

⁴³ Studies van DTO zelf wijzen op de noodzaak van de aanwezigheid van een breed netwerk, waarin een robuust draagvlak bestaat voor de beoogde innovatieprocessen, L. Coenen, DTO Illustratieprocessen, wordt vervolgd...? (Eindhoven 2000).

geschiedenis zien, tot in relatief korte tijd, drastische bijstellingen van de toekomstbeelden leiden.⁴⁴

EZ heeft het transitiebeleid voortvarend aangepakt met het Project Implementatie Transitie management. Er zijn vijf hoofdroutes geformuleerd: 'efficiënt en groen gas', 'ketenefficiëntie', 'groene grondstoffen', 'alternatieve motorbrandstoffen' en 'duurzame elektriciteit'.⁴⁵ Toch zijn er een aantal kanttekeningen te maken bij het transitiebeleid. Op de eerste plaats met betrekking tot de visievorming in deze projecten. Energie-experts hebben een grote inbreng in het proces van visievorming.

Dat is op zichzelf niet zo vreemd, maar het betekent wel dat deze visies vooral de huidige inzichten én belangen van de dominante partijen verwoorden. Met andere woorden, er is te weinig inbreng door buitenstaanders, die meer afwijkende ideeën en concepten kunnen inbrengen. Volgens de innovatietheorieën moeten deze toekomstbeelden ook breed gedeeld worden. Dit is wel een noodzakelijke voorwaarde om een succesvol transitie-experiment te beginnen, maar het is niet voldoende. Minstens zo belangrijk is dat de betrokken partijen ook een hoge mate van commitment hebben en een zekere 'sense of urgency' delen. Als dit niet het geval is, zullen de toekomstvisies vooral weinig verplichtende compromissen zijn, waarin iedereen zich wel kan vinden, maar die daardoor geen leidende of sturende rol in het transitieproces zullen spelen. Dit past vanzelfsprekend goed in onze op consensus georiënteerde cultuur, maar draagt in de praktijk vooral bij aan het bestendigen van de huidige situatie in plaats van het op gang brengen van structurele veranderingen.

Ook is niet verrassend dat de toekomstbeelden nog steeds sterk technologisch georiënteerd zijn. Dit hangt deels samen met de wijze waarop de toekomstbeelden tot stand zijn gekomen, door consultatie van energie-experts en een focus op de aanbodzijde, deels ook door het nogal eendimensionale beeld dat van een duurzame energievoorziening wordt gegeven, namelijk een voorziening met een zeer lage uitstoot van broeikasgasemissies. De verschillende opties worden vooral beoordeeld op het criterium 'bijdrage aan emissiereductie'. Er is te weinig aandacht voor de maatschappelijke inbedding en de betekenis van de voorgestelde technologieën. Juist daar kunnen zich veranderingen voltrekken die de visie op de vormgeving van de toekomstige energievoorziening sterk kunnen beïnvloeden. Vanuit een vooral technologisch geïnspireerde visie loopt men regelmatig tegen onverwachte, 'irrationele' weerstanden aan, die tot bijstelling dwingen. Met andere woorden, de gearticuleerde toekomstbeelden zijn nogal beperkt en trendgevoelig. De recente hype rond waterstof en de waterstofeconomie is daarvan een goed voorbeeld. De inzet van het transitiebeleid moet dan ook zijn om verschillende mogelijkheden te verkennen en niet te snel in een 'lock-in' terecht te komen.

Een ander probleem bij de uitvoering van het transitiebeleid betreft het draagvlak voor het transitiebeleid. Hoewel in woord en geschrift het transitiedenken breed is omarmd, en transities en transitie management een sterk modieus karakter hebben gekregen – verschillende organisaties claimen al de rol van transitie manager – kan men vraagtekens zetten bij deze schijnbare brede acceptatie. Dit geldt in de eerste plaats voor het ministerie van EZ zelf. Het Project Implementatie Transitie management wordt volgens Rotmans vooral gedragen door het projectteam Beleidsvernieuwing, maar is verder binnen EZ zeker niet onomstreden. Sinds de jaren negentig bestaat binnen EZ een ongebreideld vertrouwen in het vrije marktmechanisme. Vanuit dit beleidsparadigma is de rol van de overheid beperkt. Het opzetten en uitvoeren van transitie-experimenten, als men dit tenminste serieus neemt, vraagt echter een actievere rol van de overheid in samenwerking en interactie met andere partijen, bijvoorbeeld in de vorm van een (tijdelijke) bescherming van de experimenten. Rotmans concludeert dat er een eenzijdige focus is

⁴⁴ J. Rotmans (2003), *Transitiemanagement*, p. 152

⁴⁵ EZ (2004), *Innovatie in het Energiebeleid. Energietransitie: stand van zaken en het vervolg*, Den Haag 2004, hoofdstuk 3

op de praktische en instrumentele kant van experimenten en projecten, en te weinig aandacht voor de procesarchitectuur. Dit kan ten koste gaan van de cultuuromslag die binnen de eigen organisatie, maar ook bij externe partners noodzakelijk is. Technologische vernieuwing is namelijk niet het probleem, instrumentele vernieuwing daarentegen wel. Hoewel dit een zeer belangrijk onderwerp is, is er nog weinig onderzoek naar gedaan.⁴⁶

Ten slotte een opmerking over de keuze van de onderwerpen. ‘Efficiënt en groen gas’ en ‘ketenefficiency’ sluiten duidelijk aan bij de sterke punten van Nederland, het zijn dan ook goede keuzen. Ook voor ‘biomassa’ zijn goede argumenten te geven. Bij deze optiezijn twee opmerkingen bij te maken: de eerste betreft de keuze van de hoofdroutes. De vraag is of dit in termen van transitie en vanuit de innovatietheorie in alle opzichten verstandig is. Uitgaan van de huidige sterke punten betekent (meestal) een keuze voor incrementele innovaties. Inzetten op radicale innovaties, wat in feite de inzet van het transitiebeleid is, is veel moeilijker. In innovatietermen; er zijn ruwweg twee hoofdstrategieën. De eerste, zoals bijvoorbeeld ‘de Efficiënt en groen gas’-route is een zogenaamde ‘fit’-strategie, die zo dicht mogelijk bij de bestaande situatie start en van daaruit probeert radicale technologieën te implementeren of een ‘stretch’-strategie, die juist inzet op de afwijkende dimensies (zowel in termen van technologie als van markten). Welke route de beste is, is nog een open vraag en onderwerp van discussie in de innovatieliteratuur. Hoewel de keuze voor de thema’s goed te verdedigen is, is het aan te raden ook experimenten op te zetten met meer radicale innovaties. De tweede opmerking betreft het keuzeproces. De vijf thema’s lijken een duidelijke keuze in te houden voor bepaalde thema’s, maar het probleem is dat dat niet (helemaal) strookt met andere keuzen! In de afgelopen jaren zijn er langs drie lijnen initiatieven ontplooid met betrekking tot energieonderzoek (en breder). Dit is op de eerste plaats het transitiebeleid en de keuze voor de genoemde thema’s, de ontwikkeling en implementatie van EOS met een eigen lijst van speerpunten, en de ICES-KIS 3 procedure, waarbij grote bedragen uit de aardgasbaten in de ontwikkeling van de kennisinfrastructuur worden gestoken. Enkele van de toegekende ICES-KIS 3 programma’s richten zich expliciet ook op transitie in de landbouw, transport of op een meer fundamentele benadering van het onderwerp systeeminnovaties.

In termen van speerpuntenbeleid heeft er echter weinig afstemming plaatsgevonden, met als gevolg dat in elke procedure (gedeeltelijk) andere keuzes zijn gemaakt. Ook bij het transitiebeleid lijken zich dezelfde processen voor te doen, die tot de huidige discussie over versplintering heeft geleid. Dit is zeker niet bevorderlijk voor een succesvolle implementatie van het transitiebeleid.

⁴⁶ J. Rotmans (2003), *Transitiemanagement*, p. 160-162

8. Enkele lessen voor het transitiebeleid

De vraag die in dit essay centraal staat, is of het transitiebeleid kansen biedt voor het Nederlandse bedrijfsleven. Deze vraag heb ik in de context geplaatst van het innovatiedebat in Nederland. Ik zal alleen op de belangrijkste punten uit de analyse ingaan.

Leren uit het verleden

De algemene indruk is dat Nederland het in termen van het benutten van innovaties tot nu slecht heeft gedaan en dat dit vooral geweten moet worden aan de wijze waarop het innovatiesysteem in Nederland functioneert. Ik heb de belangrijkste kritiekpunten tegen het licht gehouden en, inderdaad geconstateerd dat de kritiek is in grote lijnen gerechtvaardigd. Ook de door de diverse adviesorganen aangedragen aanbevelingen voor verbetering van het Nederlandse energieonderzoek snijden hout. Opmerkelijk is dat een aantal kritiekpunten en de voorgedragen oplossingen absoluut niet nieuw is. De discussie over de breedheid van het energieonderzoek, ontwikkeling, demonstratie en marktintroductie is in feite al gestart vanaf het moment van de introductie van de Nationale Onderzoeksprogramma's op energiegebied. Deze programma's beoogden juist de verbreding van het energieonderzoek, maar vanuit industrieel perspectief is vrijwel meteen gepleit voor een grotere focus en concentratie. Hieruit kunnen we twee conclusies trekken. We zijn niet in staat om van het verleden te leren en als we al lessen trekken uit het verleden, dan slagen we er niet in om die ook in de praktijk te brengen. Er zijn voldoende scherpe analyses en goede adviezen uitgebracht door de adviesraden en speciale commissies, maar hiermee is niets gebeurd. Ook de Algemene Rekenkamer komt tot de conclusie dat er in Nederland een kennelijk onvermogen is om te leren van het verleden.⁴⁷ Wat is de verklaring voor dit gebrek aan lerend vermogen? Dit hangt vooral samen met de wijze waarop het innovatiesysteem functioneert en is ingericht, dus met de verhoudingen in het sociale netwerk en de institutionele inbedding daarvan. Het innovatienetwerk is relatief gesloten, met een beperkt aantal, dominante spelers en sterk op Nederland gericht, een eigenschap die terug gaat tot de jaren vijftig. Mogelijk hangt dit samen met de relatief kleine schaal van Nederland. Alle betrokkenen kennen elkaar en ontmoeten elkaar regelmatig in de verschillende gremia. Advisering en evaluatie hebben in deze context altijd betrekking op bekenden. Er is sprake van een hoge mate van afbakening en ruilverkaveling, waarbij iedereen een deel van de koek krijgt. Competitie vindt alleen plaats als nieuwe technologieën en onderzoeksvelden zich aandienen. Er bestaat een hoge mate van sociale afhankelijkheid in het innovatiesysteem. Binnen een dergelijke context is reflectie op mogelijke lessen uit het verleden ook niet wenselijk, en mogelijk zelfs bedreigend. Daarnaast heeft de institutionele inbedding een grote invloed. Het innovatiesysteem belichaamt de normen en waarden uit de Nederlandse samenleving, met zijn op consultatie en consensus georiënteerde poldercultuur. De conclusie dat dit institutionele veranderingen inclusief een culturomslag vergt, is veel vaker getrokken, maar ook hier geldt dat dergelijke veranderingsprocessen in de praktijk uiterst weerbarstig blijken te zijn. De les is dat in het innovatie- en transitiebeleid veel meer aandacht moet worden besteed aan de invloed van institutionele factoren en de mogelijkheden om hierin veranderingen aan te brengen. Op dit gebied zijn de afgelopen jaren verschillende nieuwe ideeën geopperd, inclusief transitie management, maar dit zijn vooralsnog beloften, waarvan de waarde in de praktijk nog moet worden getoetst. Anders geformuleerd: er moet veel meer aandacht komen voor de proceskant van het innoveren, inclusief transitie management.

⁴⁷ Uit onderzoek van de Algemene Rekenkamer in 1989 en 1991 komt naar voren dat sprake is van een vrij zwak ontwikkelde evaluatiecultuur. In het rijksbrede onderzoek naar meer dan 700 subsidieregelingen bleek dat bij slechts 18% sprake is van evaluaties, die voldoen aan een aantal elementaire vereisten. Later is dit beeld bevestigd voor evaluaties gericht op andere instrumenten (TNO, 1994, p.11) en recent door de Algemene Rekenkamer, in: *Tussen beleid en uitvoering. Lessen uit recent onderzoek van de Algemene Rekenkamer*, Tweede Kamer, vergaderjaar 2002-2003 28 831, nrs. 1-2, p.11. Het gaat hierbij overigens om een breed scala van beleidsthema's, waaronder het klimaatbeleid.

Kansen en keuzen

Wat zijn nu de kansen voor het Nederlandse bedrijfsleven? Het is vrijwel onmogelijk om deze vraag te beantwoorden. Op grond van het historische overzicht moeten de kansen over het geheel genomen niet al te hoog worden ingeschat. Voor zover toch naar mogelijkheden wordt gezocht om het Nederlandse bedrijfsleven te laten profiteren, dan is doorslaggevend om vooral de hoofdkritiekpunten op het innovatiesysteem aan te pakken. Het innovatiesysteem functioneert over het algemeen goed in termen van productie van kennis en ideeën, maar de problemen doen zich, zoals ik heb geconcludeerd, vooral voor in de exploitatie van die innovaties en de maatschappelijke implementatie daarvan. Bij de exploitatie van die innovaties speelt het ontbreken van flexibiliteit en een duidelijk implementatiepad een rol. Dit hangt weer samen met een te sterke 'technology push' in termen van het ontbreken van interactie/betrokkenheid van marktpartijen en van het te weinig rekening houden met de maatschappelijke inbedding. De oplossing hiervoor moet vooral worden gezocht in betere netwerkvorming. Het bevorderen van samenwerking is een belangrijk doel van het huidige beleid, maar het is moeilijk te overzien wat de kwaliteit en de betekenis van die samenwerkingsverbanden is. Netwerkvorming moet diep en breed zijn. Diep wil zeggen dat betrokken actoren ook in staat zijn om hun achterliggende (of onderliggende netwerken) te mobiliseren en te laten convergeren. Breed wil zeggen dat zowel gebruikers, kennisinstellingen, bedrijven als overheden meedoen. Op deze wijze kan ook voor een betere maatschappelijke inbedding worden gezorgd. De conclusie is dat dergelijke productieve netwerken in veel gevallen ontbroken hebben. Anders geformuleerd: er is geen nationale 'user-producer' relatie ontstaan die een innovatiepad kan onderbouwen, zoals bijvoorbeeld in het verleden in de landbouw wel het geval is geweest. Dit geldt met name voor de sterk technologie gedreven programma's, maar juist bij de meer doelgroepgerichte trajecten zijn wel successen behaald in relatie tot innovatie: in de gebouwde omgeving met het isolatieprogramma, subsidies voor HR-ketels en de EPN; in de industrie met de MJA's en de benchmark. In het verlengde hiervan lijken er in de glastuinbouw kansen te liggen voor innovatieve kasconcepten. Koppeling van implementatiegericht beleid aan het R&D-beleid lijkt dus een belangrijke succesfactor te zijn.⁴⁸ Of de Nederlandse overheid dit in de toekomst actief wil stimuleren, is vooral een politieke keuze. Alle heil van de Europese onderzoeksruimte en de kenniseconomie verwachten lijkt me een onverstandige keuze. De AWT concludeert dat met name het onderzoek dat van belang is voor innovatie in bedrijven, of dat een ander specifiek Nederlands belang dient, toch vooral in Nederland bevorderd moeten worden (AWT, 2004). Ik zou daar aan toe willen voegen, dat de overheid vooral moet investeren in opties waarin een productieve samenwerking mogelijk is. In zulke gevallen heeft ook beschermen van industrie wel degelijk zin, maar ook dit is een – niet erg waarschijnlijke – politieke keuze. Hierbij kan aanwezigheid van Nederlandse maakindustrie een extra criterium zijn, maar in sommige gevallen kan het ook aantrekkelijk zijn dat in Nederland kennis wordt ontwikkeld die vervolgens elders (in het buitenland) in nieuwe producten wordt omgezet en tot productie leidt. Het uitsluiten van bepaalde opties, respectievelijk het stoppen van bepaalde onderzoeklijnen, moet ook een reële optie zijn, maar ook dit vraagt een omslag in denken en handelen, ondanks alle retoriek over het maken van scherpe keuzen. Daarnaast ligt er een taak voor de overheid voor het scheppen van voldoende ruimte voor innovatieve ondernemingen en voor innovatoren in nichemarkten. Dit kan hand in hand gaan met het stimuleren van internationale samenwerking op onderzoek of industrieel gebied. Wel moet dan worden gekeken hoe de Nederlandse partijen 'return on investment' regelen, waarschijnlijk gewoon via inkomsten uit octrooien en licenties.

Tot slot, moet er meer aandacht komen voor de maatschappelijke inbedding van innovaties of, de keerzijde van dezelfde medaille, het voorkomen van te veel 'technology push'. Dit probleem is wel al eerder onderkend, maar men is er nog niet in geslaagd om die inzichten te integreren in het innovatieproces, juist mede door de sterke technologische oriëntatie. Hierbij is een belangrijke rol

⁴⁸ Ook uit de GAVE-evaluatie komt de kritiek dat het stimuleringsbeleid eindigt met demonstraties, maar dat er vervolgens geen implementatiegericht beleid is. De activiteiten vallen vervolgens stil.

weggelegd voor maatschappelijke experimenten met energie-innovaties en infrastructuren, respectievelijk bieden dergelijke experimenten goede kansen om al in een vroeg stadium rekening te houden met maatschappelijke inbedding. Ook de VROM-raad heeft op het belang van maatschappelijke experimenten gewezen (VROM-raad, 2002). De transitie-experimenten, zoals die nu worden opgezet, zijn een uitgelezen mogelijkheid om hiermee ervaring op te doen. Essentieel daarbij is dat niet alleen kennis en inzicht in het technisch functioneren van een innovatie wordt opgedaan, maar dat op een veel breder scala aan dimensies wordt geleerd, zoals kosten, regelgeving, gebruikersgedrag en acceptatie. Van wezenlijk belang daarbij is dat ook in voorzieningen voor het leren tussen projecten wordt geïnvesteerd en dat partijen worden gestimuleerd om hun leerprocessen te documenteren en door te geven. Een succesvolle maatschappelijke inbedding is ook van groot belang voor de participerende bedrijven, zowel voor de toeleverende industrie als voor de energiebedrijven en, afhankelijk van het toepassingsveld, voor de energie-intensieve industrie. Ook in dit opzicht biedt het transitiebeleid kansen voor het Nederlandse bedrijfsleven, maar dit is wel afhankelijk van de keuzen die bij de uitvoering van dit beleid, en ook in het bredere kader van het innovatiebeleid, worden gemaakt.

Lijst met afkortingen

AER	Algemene Energie Raad
AWT	Adviesraad voor Wetenschaps- en Technologiebeleid
BEOP	Bureau Energie Onderzoek Projecten
ECN	Energie Onderzoek Centrum Nederland
EDB	EnergieDistributieBedrijf
EOS	Energie Onderzoek Strategie
KEMA	Keuringsinstituut Elektrotechnische Materialen
KV-STEG	combinatie kolenvergassing/stoomturbine/gasturbine
LSEO	Landelijke Stuurgroep Energie Onderzoek
MHD	Magnetohydrodynamische energieconversie
NEOM	Nederlandse Energie Ontwikkelings Maatschappij BV
NOVEM	Nederlandse Onderneming voor Energie en Milieu
PBE	ProjectBureau Energieonderzoek
PDE	Projectbureau Duurzame Energie
PEO	Stichting Projectbeheerbureau Energieonderzoek
PWK	Projectbureau Warmte Kracht
RAWB	Raad van het Advies Wetenschapsbeleid
RCN	Reactor Centrum Nederland
REO	Raad voor Energie Onderzoek
RIVM	Rijksinstituut voor de Volksgezondheid en Milieu
SDE	Samenwerkingsverband Duurzame Energie
SEAN	Stichting Energie Apparatuur Nederland
SEP	Samenwerkende Elektriciteit Productiebedrijven
SER	Sociaal Economische Raad
SIGE	Samenwerkingsverband Industriële Grootafnemers van Energie
SVEN	Stichting Voorlichting Energiebesparing Nederland
UCN	Ultracentrifuge Nederland N.V.
VCE	Verkenningcommissie Energie-onderzoek
VDEN	Vereniging van Directeuren van Elektriciteitsbedrijven Nederland
VEEN	Vereniging van Exploitanten van Elektriciteitsbedrijven in Nederland
VEGIN	Vereniging van Exploitanten van Gasbedrijven in Nederland
VMF	Verenigde Machine Fabrieken

Afkortingen van regelingen

BIT	Bedrijfsgerichte Internationale Technologieprogramma's
BSE	Besluit Subsidie Energiebesparing
BSELI	Besluit Subsidies Energieprogramma Lichte Industrie
BSEOI	Besluit Subsidie Energieprogramma Overige Industrie
BSTS	Besluit Subsidies Bedrijfsgerichte Technologie
BTS	Bedrijfsgerichte Technologische Samenwerking
DEMO	Demonstratieprojecten energiebesparing
DEU	Duurzame Energie in Uitvoering
EDI	Energiebesparing door Innovatie
EET	Besluit subsidies Economie, Ecologie en Technologie
EIA	Energie Investerings Aftrek
	Energie Investerings Afrek voor de Non-Profit sector en bijzondere sectoren
EINP	

EMA	Energiebesparings- en MilieuAdviezen
FOSK	Financiering Ontwikkeling Snelle Kweekreactor
HMKB	Subsidieregeling Haalbaarheidsprojecten MKB
INSTIR	INnovatie STimuleringsRegeling
IOP	Innovatiegerichte OnderzoekProgramma's
IPW	Integraal Programma Windenergie
IS	Innovatiesubsidie Samenwerkingsprojecten
KIM	Subsidieregeling Kennisdragers in het MKB
KREDO	Besluit Kredieten Elektronische Diensten Ontwikkeling
MAP	Milieu Actie Plan
MIA	Milieu InvesteringsAftrek
MINT	Marktgericht Intersectoraal Technologie Stimuleringsprogramma
MPO	Kredietregeling Milieugerichte Productontwikkeling
MPW	MilieuPremie Windenergie
NIP	Nationaal IsolatieProgramma
PBTS	Programmatische Bedrijfsgerichte Technologische Stimulering
REB	Regulerende Energie Belasting
SES	Steunregeling energiebesparing en stromingsenergie
SET	Energiebesparingstechnieken
SKB	Subsidieregeling Kennisoverdracht Brancheorganisaties MKB
SKO	Subsidieregeling Kennisoverdracht Ondernemers MKB
	Subsidieregeling Milieu- en Energie-efficiency in het
SMEG	Goederenvervoer
SMO	Besluit Subsidies Maritiem Onderzoek
SPIRIT	Stimulatie Innovatieve Energie-efficiënte technologie
Sprint	Stimulatie Innovatieve Energie-efficiënte Technologie
SSZ	Stiller, Schoner, Zuiniger
TENDEM	Tender Investerings Industriële Energiebesparing
TIEB	Tender Industriële Energiebesparing
TIEB	Tender Industriële Energiebesparing
TOK	Besluit Technische OntwikkelingsKredieten
TOP	Technische OntwikkelingsProjecten
TS	Technologische Samenwerking
VAMIL	Vervroegde (Vrije) Afschrijving Milieu-Investerings
WBSO	Afdrachtvermindering Speur en Ontwikkelingswerk (S&O)
WIR-ET	Wet Investeringsrekening Energie Toeslag

Geraadpleegde literatuur en rapporten

- AER (1978), Energiebesparing in bedrijven.
- AER (1982), Duurzame energie.
- AER (1982), Evaluatie energiebesparing.
- AER (1983), Energiebesparing in verkeer en vervoer.
- AER (1984), Evaluatie kolenbeleid.
- AER (1987), Energie-onderzoek en lange termijn-energiebeleid.
- AER (1989), Energie en duurzame ontwikkeling.
- AER (1991), Ontwikkelingen in het gasbeleid.
- AER (1993), Jaaradvies 1992 “Is meten ook weten?”
- AER (1996), Energie-onderzoek in Nederland.
- AER (1999), Overheidsbeleid voor de lange termijn energievoorziening.
- AER (2001), Energie-onderzoek, de krachten gebundeld.
- AOO (1998), Initiatieven voor thermische verwerkingsmogelijkheden van hoogcalorische Afvalstromen.
- AWT (1999), Hoofdlijnen Innovatiebeleid.
- AWT (2004), Nederlands kompas voor de Europese onderzoeksruimte.
- Baggen, P., Faber, J. Homburg E. (2003), De opkomst van de kennismaatschappij, in J. Schot e.a., Techniek in Nederland in de 20^e eeuw, Deel VII, 140-173.
- Beer, J.G.d. e.a. (2000), Effectiviteit Energiesubsidies, Onderzoek naar de effectiviteit van enkele subsidies en fiscale regelingen in de periode 1988-1999, Ecofys.
- Benner, J.H.B., Kipperman, A.H.M. (2002), Integrale benadering van ontwikkelingen in de energie-infrastructuur, een denkmodel dat praktische waarde heeft bewezen, CEA.
- BEOP (1981), Onderzoekprogramma Energie-Opslag in Vliegwielen, Resultaten en Aanbevelingen.
- BEOP (1982), Onderzoekprogramma Stralingsaspecten van woonhygiëne en verwante radio-ecologische problemen.
- BEOP (1982), Zonne-energie in Nederland, Prgoramma voor de tweede fase van het Nationaal Onderzoekprogramma Zonne-energie (1982-1985).
- BEOP (1983), Overzicht Onderzoek Kolenreststoffen in Nederland.
- BEOP (1984), Rapportages in het kader van Nationale Onderzoek Programma.
- Berdowski, P.A.M., Stokx, C.F.M. (1993), Nederlandse energieclusters, een verkennende studie naar de Nederlandse toeleveranciers aan de energiesector.
- Berenschot (2001), Eindrapport Evaluatieonderzoek Milieu Actie Plan 1991 – 2000.
- Blok, K. et al. (1996), Nederlandse R&D-opties voor verbetering van de energie-efficiency, ten behoeve van de Verkenningcommissie Energieonderzoek.
- Blok, K. et al. (1997), Evaluatie Meerjarenaafspraken over Energie-Efficiency, Rapportage in opdracht van Ministerie van Economische Zaken, (No.97063).
- Boonekamp, P. et al. (2001), Techniekontwikkeling in een veder energievoorziening, Herbezinning op het Nederlandse R&D-aanpak, ECN.
- Boots, M. (2001), Moeizame invoering van de Gaswet, uit: energie markt trends 2001, Energiebeleid en Marktregulering, ECN.
- Brinkhorst, L.J. (2003) Kamerbrief Beleidsevaluatie Projectbureau Duurzame Energie
- Brouwer, E. et al (2002), WBSO nader beschouwd, Onderzoek naar de effectiviteit van de WBSO, PWC, i.o.v. Ministerie van EZ.
- Bureau voor Industrieel Eigendom (2001), Energieke Octrooien, Een onderzoek naar de wereldwijde octrooi-publicaties op diverse energiegebieden in de periode 1994-1999.
- CEA (2002) Evaluatie drie tenders EZ-regeling Besluit Subsidie CO₂-reductieplan.
- Chesshire, J. (2004), An Evaluation of the European Context for a Transition Towards a Sustainable Energy System, Report prepared for the VROM-raad and the Algemene Energieraad of the Netherlands.

Coenen, L. (2000), DTO Illustratieprojecten, wordt vervolgd....?

Correljé, A. and Verbong, G. (2004), The transition to natural gas, in: B.Elzen, F. Geels and K. Green (eds.), System Innovation and the Transition to Sustainability: Theory, Evidence and Policy.

ECN & PZEM (1981), Voorstudie Proefproject ENERGO, Een voorstel voor een gecombineerd windenergiespaarbekkenstelsel in de monding van de Oosterschelde.

ECN (1997), Fotovoltaïsche energie: toekomst voor de zon in Nederland? Uit: Energie Verslag Nederland 1997.

Ecorys (2002), Publiek Gefinancierd Energieonderzoek.

Edquist, C. (1997), Systems of innovation; Technologies, Institutions and Organizations, Pinter, London.

EZ (2000), EOS: Energie Onderzoek Strategie.

EZ (1976), Rapport van de interdepartementale werkgroep energie inzake het nationaal programma energieonderzoek 1976.

EZ (1982), Regeringsstandpunt over het REO-advies “Meerjarenplan voor energie-onderzoek”

EZ (1988) Energiebeleid, overdruk van enige onderdelen van de Memorie van Toelichting bij de begroting van 1989 van het Ministerie van Economische Zaken.

EZ (1989) Energiebeleid, overdruk van enige onderdelen van de Memorie van Toelichting bij de begroting van 1990 van het Ministerie van Economische Zaken.

EZ (1990), Energiebeleid, overdruk van enige onderdelen van de Memorie van Toelichting bij de begroting van 1991 van het Ministerie van Economische Zaken.

EZ (1997), Actieprogramma Duurzame Energie in Opmars.

EZ (1999), Duurzame energie in opmars, voortgangsrapportage 1999.

EZ (2000), M.E.E.T. Monitoring en Effectmeting van het EZ Technologie-instrumentarium.

EZ (2001), M.E.E.T. Monitoring en Effectmeting van het EZ Technologie-instrumentarium 2001.

EZ (2003), Rapport Implementatie EOS, product van projectgroep EOS2.

EZ (2003), Doorbraken in zicht, De verwachte effecten van het programma E.E.T. 1996 – 2002.

EZ (2004), Innovaties in het energiebeleid. Energietransitie: stand van zaken en het vervolg.

Faasse, P. (2002), De ontdekking van de ondergrond, TNO.

FOM (2000), Onderzoekbeleid FOM 2001-2006, Strategisch plan.

Geels, F. (2004), Going beyond the sectoral systems of innovation approach: Making use of insights from sociology and institutional theory’, Research Policy, forthcoming.

Gerritse, G., Melman, A.G. (1986), Industriële energiebesparing in de jaren 1979 – 1984, TNO.

Groene, H.d., Zwan, A.v.d. (2002), Effectiever innovatiebeleid door stroomlijning en samenwerking, uit: EZ (2002), Het Nederlandse innovatiebeleid: tijd voor vernieuwing?, Beschouwingen over het Nederlandse innovatiebeleid.

Harmsen, R. (2000), Forces in the Development of Coal Gasification.

Hilten, O.v. et al. (1996), Energieonderzoek in Nederland, Beschrijving van inhoud, omvang en maatschappelijke aspecten, ten behoeve van de Verkenningscommissie Energieonderzoek.

Homburg, E. (2003), Speuren op de tast. Een historische kijk op industriële en universitaire research., oratie UM 31 oktober.

IBO (2001), Interdepartementaal Beleidsonderzoek naar de kosteneffectiviteit van energiesubsidies.

IBO (2002), Samenwerken en Stroomlijnen: Opties voor een effectief innovatiebeleid.

IVAM (1988), Afvalpreventie – Onderzoek, een veldbeschrijving, Nationaal Onderzoekprogramma hergebruik van Afvalstoffen 1988-1992.

Kant, A.D. (1993), Working Paper 3: Description of the Institutional aspects of the energy sector in Germany and in the Netherlands, Task Force on Integrated Energy and Environmental Planning, ECN.

Kempener, R. (2003), De energieketens van de chemische industrie, afstudeerrapport voor DSM N.V. en Sabc EPC.

Kern, S. (2001), Evolution of Dutch Innovation Policies from a system’s perspective: towards a new paradigm?, TNO.

Knoppers, R. (2004), Verwarming op een laag pitje, NRC Handelsblad, 16 maart, 16.

Lagaaij, A., Verbong, G. (1998), Kerntechniek in Nederland 1945-1974, KIVI, Afdeling Kerntechniek & Stichting Historie der Techniek.

Lieshout, R.v. (1977), ZWO and energy-related research, toespraak op de conferentie: Energy, now and in the future.

Loor, H.M.d. et al. (1992), Publieksoordelen over nieuwe technologie.

LSEO (1975), Inventory of Netherlands Energy R&D project titles 1974-1975.

LSEO (1976), Energy Research, Second Interim Report.

LSEO (1978), Naar verminderd energiegebruik in de gebouwde omgeving, voorstel voor een Nationaal Onderzoekprogramma op het Gebied van Rationeel Energiegebruik in de Gebouwde Omgeving.

Lubbers, R.F.M. (1977), Energy research: priorities, financing and management, toespraak op de conferentie: Energy, now and in the future.

Lundvall, B-A, (1992), National Systems of Innovation, Pinter, London.

Luiten, E.E.M., Blok, K. (1999), Energy R&D in the Netherlands, prepared for U.S. Department of Energy.

Machielse, L.A.H., Hulle, F.J.L.v. (1988), Windwijzer, Gids van onderzoekers en adviseurs in de Windenergie in Nederland, NEWIN.

Menkveld, M. (ed.) et al. (2004), Energietechnologieën in relatie tot transitiebeleid, Factsheets, ECN.

NEOM (1986), Neom-EZ Programma's 1986.

Novem (1989), De isolatiegolf, overzicht van vijftien jaar energiebesparing in de woningbouw.

Novem (1993), Novem energie- en milieuprogramma's, Overzicht van activiteiten, financieringssteun en subsidies (brochure).

Novem (1994), Energie Monitoring Systemen, Een gereedschap voor structurele energiezorg (brochure).

Novem (1994), Energiebeheer in kantoorgebouwen (brochure).

Novem (1994), Energiebesparing in de industrie 1994, Hoe, wat en wie? (brochure).

Novem (1994), Energiewinning uit afval en biomassa, jaarrapportage 1993 en Programma 1994

Novem (1994), Netherlands Agency for Energy and the Environment (brochure).

Novem (1994), Programma Gebouwde Omgeving, 1994-1998 (brochure).

Novem (1995), Elektriciteit uit zonlicht (brochure).

Novem (1998), Overzicht van de lopende projecten en verschenen rapporten per 1 januari 1998.

Novem (2000), Solar DHW systems in the Netherlands, state of play at mid-2000.

Novem (2000), De Nederlandse kolenprogramma's. Trends en ontwikkelingen 1980-2000, evaluatie 4 juli.

Novem (2002), Handreiking Subsidieregeling duurzame energie 2002.

Novem (2003), NEO Scan.

Projectbureau CO₂-reductieplan (1996), Projectenoverzicht CO₂-reductieplan 1997 – 2000.

PWC (2001), EIA en EIMP Evaluatiestudie.

RAWB (1976), Advies inzake het nationaal programma voor energieonderzoek.

RAWB (1978), Relatie overheid – industriële R&D.

RAWB (1990), Een kwart eeuw wetenschapsbeleid.

REO (1981), Meerjarenplan Energie-onderzoek 1981.

REO (1983), Meerjarenplan Energie-onderzoek 1984-1988.

RIVM (1990), Vergelijking van centrale verwarming met stadsverwarming en kleinschalige warmtekoppeling.

RIVM (1993), De energiemonitor.

RIVM (1997), Twaalf NOH-onderwerpen.

Rotmans, J., Kemp R., Van Asselt, M.B.A., Geels F., Verbong G., Molendijk K. (2000), Transities en Transitie management: de casus van een emissiearme energievoorziening, ICIS.

Rotmans, J. (2003), Transitie management. Sleutel voor een duurzame samenleving.

Schaeffer, G.J. (1994), *Uitbreiding van het warmtefront, Een technologiedynamische analyse van de uitbreiding van lokale stadsverwarmingsnetten in Nederland*, ECN.

Scheepers, M.J.J., Raad, A.d. (2000), *Warmtepompen en zonneboilers in stad van de zon, financiering en rentabiliteit*, ECN.

Senter (2002), *De kracht van innovatie, Technologische samenwerking door de jaren heen*.

Senter (2002), *Energietechnologie 2000, Aandeel energietechnologie in de WBSO en in instrumenten van de EU*.

SER (1986), *Advies energieonderzoek en industriebeleid*.

Sjoerdsma, A.C. (ed). (1974), *Energy Conservation: Ways and Means*, Stichting Toekomst der Techniek.

Staatsblad (1997), *Besluit van Ministerie van Justitie van 8 dec. 1997 houdende subsidies energieprogramma's*.

Staatsblad (1998), *Besluit van 4 juni 1998 houdende Besluit subsidie CO₂-reductieplan*.

Trip, F.H.P. (1977), *The national energy research programme: points of departure, toespraak op de conferentie: Energy, now and in the future*.

Turkenburg, W.C. (2002), *The Innovation Chain: Policies to Promote Energy Innovations*, uit: Johansson, T, Goldenberg, J. (2002), *Energy for Sustainable Development: A Policy Agenda in het kader van de United Nations Development Programme (UNDP)*.

Tweede Kamer (1982), *Windenergie en opslag*.

Tweede Kamer (1995), *Energiebesparingsbeleid*.

Verbong, G. *Energie*, in; J. Schot e.a., *Techniek in Nederland in de Twintigste Eeuw (Zutphen 2000) deel II*, p 113-268.

Verbong, G., *De Nederlandse overheid en energietransities in historisch perspectief*, achtergronddocument bij het Rotmans, e.a., *Transities & Transitie management (2000)*, TU/e.

Verbong, G.P.J. et al. (2001), *Een kwestie van lange adem, De geschiedenis van duurzame energie in Nederland*.

Vermeer, R. (2002), *Diffusie van innovaties in de energiehuishouding, de casus van warmtepomptoepassing in de gebouwde omgeving in de jaren 1980*.

Vermeulen, W.J.V. et al. (1994), *De praktijk van beleidsinstrumenten voor energiebesparing, Rapportage over de "State of the Art" van het effectiviteitsonderzoek naar het beleidsinstrumentarium voor energiebesparing*, TNO.

VCE (1996), *Energie-onderzoek in Nederland*.

Vlijm W. (2000), *De interactie tussen de overheid en de elektriciteitssector in Nederland*.

VROM-raad (2002), *Milieu en Economie, Ontkoppeling door innovatie*.

Wolters, M. (2003), *Gasinfrastructuur van de 21^e eeuw, Overzicht van beschikbare technologie en ontwikkelingen*, PATO & Universiteit Twente.

Bijlage 1 Overzicht van de belangrijkste onderzoeksprogramma's en stimuleringsregelingen energieonderzoek, ontwikkeling en marktintroductie

Bij de indeling is in grote lijnen de IEA-indeling gevolgd.

Rubriek	Deelrubriek	Onderzoeksprogramma's	Overige stimulering
Algemeen		IOP ('82) EET ('96 – '03) CO ₂ -reductieplan ('96) NWO langlopend onderzoek ('98) NOH ('84-'97) ROB ('99) IS ('04)	WET ('53) TOK / TOP ('54-'03) WIR-ET ('79-'88) INSTIR / WBSO ('84) PBTS / BTS / TS ('87) MAP ('91-'00) GEA ('91) VA-mil ('94) BANS: DE-scan ('00) REB / MEP ('96)
Energiebesparing	Industrie	REI ('81-'87) TIEB ('90-'98) MINT ('94-'98) Netto / Tendem / Spirit / EDI ('99)	MJA / CB ('89) EMA ('93) BSE ('94)
	Gebouwde omgeving	REGO ('81-'87) SES ('85-'93) PGO / LTGO ('94)	NIP ('78-?) BSE ('94) EPN ('95)
	Transport	REV ('81-'98) SES ('85-'93) SSZ ('93-'98)	BSE ('94)
	Overig	PW ('81-'98) MINT ('94-'98)	BSE ('94) Warmtepomp-Convenant ('99)
Duurzame energie	Zon-thermisch	NOZ / NOZ-th I ('78-'85 / '94 – '01) DE in uitvoering ('99-'02)	Nat. ZON Scheme ('88-'00) BSE ('94) Zonneboiler-Convenanten ('94-'02)
	Zon-PV	NOZ / NOZ PV ('82-'00) DE in uitvoering ('99-'02)	BSE ('94) PV-Convenant ('97)
	Wind	NOW / IPW / TWIN ('76-'95) SES ('85-'93) DE in uitvoering ('99-'02)	MPW / TWIN ('86-'95) BPW ('91) BSE ('94) BLOW ('01)
	Aardwarmte	NOA / NOAA ('80-'95)	BSE ('94)
	Biomassa	EHA / NOH ('81-'97) EWAB ('89-'99) DE in uitvoering ('99-'02) GAVE ('02)	BSE ('94) Verplichting gescheiden afvalinzameling ('94)
	Waterkracht	Waterkracht-programma ('92-'95)	BSE ('94)
Fossiele brandstoffen	Steenkool	NOK ('81-'97)	
	Gas/Olie		Kleine-velden-beleid ('74)
Kernenergie	Kernfusie	(participatie in internationale programma's)	
	Kernsplijting	FOSK ('73-'79) PINK ('89-'96)	
Technieken	Conversie (voor- en naschakeltechnieken, WKK, brandstofcellen)	NOP MHD ('79-'83) EHA ('81-84) NOB ('86-'98) NECT / NECST ('93-'02) SES ('85-'93) NEWS ('96-'98)	W/K Stimuleringsprogr. ('88) SCT ('97)
	Opslag	NOV / NOA / NOAA ('79-'94) MEA ('94-'98) Netto / EDI ('99-'01)	

Bijlage 2 Financiering van het innovatiesysteem 1977-2001

De Nederlandse overheid heeft op verschillende manieren het energie-onderzoek in Nederland gefinancierd. Op de eerste plaats via financiering van het onderzoek op universiteiten en in de kennisinstellingen. Dit wordt het publiek gefinancierde onderzoek genoemd. Figuur 1 op pagina 17 geeft de ontwikkeling van de uitgaven van de overheid voor energieonderzoek vanaf 1977 in miljoenen euro's. Daarnaast is de R&D-inspanning en zijn investeringen in nieuwe energietechnologieën van bedrijven gesubsidieerd via een aantal regelingen.

Novem speelt een belangrijke rol bij de uitvoering van de onderzoeksprogramma's en overheidsregelingen op het gebied van energiebesparing en milieuverbetering. Deze worden voor het grootste gedeelte uitgevoerd in opdracht van het Directoraat-Generaal voor Energie van EZ en vallen onder het Nederlandse energieonderzoekbeleid. Ook het ministerie van VROM is opdrachtgever voor het uitvoeren van enkele milieugerelateerde programma's en regelingen. Voorbeelden van programma's uitgevoerd door Novem zijn de nationale onderzoeksprogramma's, zoals het NOZ-TH, NOZ-PV, TWIN, NOH, EWAB en NEC(S)T. Voorbeelden van overheidsregelingen zijn de SES, Regeling EnergieProgramma's (REP-regeling), het Subsidieprogramma Energiebesparings- en Milieudviesen (SEM), Meerjarenprogramma Intersectorale Nieuwe Technologieën (MINT), Tender Industriële EnergieBesparing (TIEB), Gemeentelijke energiebesparingsaanpak (GEA), Besluit Subsidies windenergie en de Stimuleringsregeling Milieutechnologie. Het meer "bedrijfsgerichte technologie-instrumentarium" binnen het innovatiebeleid wordt uitgevoerd door Senter. Hieronder vallen regelingen, zoals de WBSO, TOK, TS, EIA, EINP, EET en CO₂-reductieplan. Verder worden enkele regelingen, zoals de VAMIL, uitgevoerd door de belastingdienst. Voor een overzicht van regelingen en onderzoeksprogramma's wordt verwezen naar bijlage 1.

Met de fusie van Novem en Senter op 1 mei 2004 is aan deze traditionele tweesplitsing tussen innovatiegerelateerde en energie- en milieugerelateerde regelingen een einde gekomen. Tabel 2.1 geeft een overzicht van de belangrijkste regelingen en de daarmee gepaard gaande bedragen. Daarnaast hebben bedrijven zelf nog geïnvesteerd in onderzoek, ontwikkeling en innovatie. Hierover zijn enkele bedragen bekend.⁴⁹

⁴⁹ Uit de cijfers is niet te achterhalen of bedrijfsuitgaven aan R&D en investeringen in nieuwe energietechnologie ook deels door de overheid zijn betaald. Dit is wel waarschijnlijk en de bestedingen door de industrie vallen daardoor waarschijnlijk structureel te hoog uit.

Tabel 2.1

Overzicht van de belangrijkste fiscale regelingen

Naam	Periode, jaar van invoering	Budget [€]	Omschrijving
TOK	1954-2001	'55-'68: - '69-'83: 436 mln. '83-'01: -	Technologisch Ontwikkelingskrediet. Kredietregeling voor technisch risicovolle projecten. ⁵⁰
WIR (-ET)	1978-1988	5.5 mld. netto-uitgaven ten laste van de schatkist	De bedoeling van de WIR is investeringsbeslissingen van bedrijven in een maatschappelijk gewenste richting te sturen. Later wordt het een regeling waarbij de introductie van technologieën financieel wordt bevoordeeld. Van de positieve effecten voor de werkgelegenheid en voor de rendementen van bedrijven bestaan uiteraard slechts schattingen. ⁵¹
INSTIR	1984-1991	105 mln. p.a.	Innovatie Stimulerings Regeling. Een algemene subsidieregeling voor de loonkosten van R&D personeel. ⁵²
VA-mil	1991 -	380 mln.	Willekeurige afschrijving milieu-investeringen. Lijst met milieuvriendelijke en energiebesparende technieken, die versneld kunnen worden afgeschreven. ⁵³
WBSO	1994 -	'94: 148 mln. '95: 131 mln. '00: 18 mln. '01: 11 mln.	Wet Bevordering Speur- en Ontwikkelingswerk, fiscale regeling die niet drukt op de departementen. ⁵⁴
REB	1996 -	'96: 2 mln. '97: 3 mln. '98: 10 mln. '99: 20 mln. '00: 100 mln. '01: 447 mln.	Regulerende Energie Belasting. Een vermindering wordt toegepast op de levering van elektriciteit die is opgewekt door middel van windenergie, zonne-energie, kleinschalige WKK of centrales met enkel biomassa als grondstof. ⁵⁵ Wordt in de periode 2003 – 2005 vervangen door de MEP.
EIA	1997 -	'97: 61 mln. '01: 160 mln.	Energie Investeringsaftrek. Stimulans voor het bedrijfsleven om te investeren in energiebesparing en de inzet van duurzame energie. Een deel van de kosten is aftrekbaar van de fiscale winst. De bedrijfsmiddelen worden elk jaar gepubliceerd. ⁵⁶
MIA	2000 -	'00: 30 mln. '01: 39 mln.	Milieu-investeringsaftrek. De MIA is qua principe gelijk aan de VAMIL, maar stimuleert milieu-investeringen in bredere zin. Bedrijfsmiddelen die in aanmerking komen staan op een lijst die jaarlijks wordt geactualiseerd. ⁵⁷

⁵⁰ Donselaar & Knoester, 1999, p.10⁵¹ Graaf, H., 1993, www.bestuurskunde.nl⁵² Korte, R.W.d., 'Werk, Werk, Werk', <http://www.sdn.nl/soc-5.htm>, geraadpleegd 22-1-04⁵³ Milieu- en natuurcompendium, www.rivm.nl⁵⁴ Donselaar & Knoester, 1999, p.10; Ecorys, 2000⁵⁵ Milieu- en natuurcompendium, www.rivm.nl⁵⁶ Milieu- en natuurcompendium, www.rivm.nl⁵⁷ Milieu- en natuurcompendium, www.rivm.nl

Bijlage 3 Overzicht van de belangrijkste actoren in het Nederlandse energie-innovatiesysteem 1974-2002

1974 ⁵⁸	
Universiteiten	Alle universiteiten. Grootste zijn THD, THE, gevolgd door RUU, RUG
Kennisinstellingen	14 instellingen, waaronder TNO, RCN, FOM, KEMA, VEG-Gasinstituut
Industrie	11 grote bedrijven, waaronder RSV, Shell, DSM, Akzo, Philips + Neratoom (consortium)
Adviesbureau's	-
Energiebedrijven	Gasunie
Stichting/branche	7 instellingen, waaronder VEG, STT, KAB, IRO
Intermediairs	-
Overheidsinstanties	LSEO, RAWB, EZ, Wetenschapsbeleid
Gebruikers	Energiebedrijven, industrie
1980 ⁵⁹	
Universiteiten	Technische universiteiten en RUU & RUG
Kennisinstellingen	14 instellingen, waaronder TNO, ECN, FOM, KEMA, ITAL
Industrie	18 grote bedrijven, waaronder RSV, Shell, DSM, Akzo, Philips, Neratoom
Adviesbureaus	Groot aantal adviesbureaus, zoals FDO, Tauw, Tebodin, DHV, Comprimo
Energiebedrijven	PNEM, PZEM, Gasunie
Stichting/branche	10 instellingen, waaronder VEEN, VEGIN, ANWB, VK, IREM
Intermediairs	BEOP, PBE, SVEN, NEOM, SEAN
Overheidsinstanties	AER, REO, RAWB, EZ, VROM, OC&W
Gebruikers	Energiebedrijven, industrie, particulieren
1994 ⁶⁰	
Universiteiten	TUE, TUD, UT, RUG, LUW, RUU en Onderzoeksschool Procestechologie
Kennisinstellingen	TNO en ECN zijn de grootsten en vervolgens NIOK, FOM
Industrie	50 grote en kleine bedrijven, waaronder Stork, Shell, Akzo, DSM + CAPE (industriële kennisplatform procesoptimalisatie, vanaf 1995)
Adviesbureaus	10 adviesbureaus, waaronder KEMA, Gastec, Ecofys, Comprimo, HTS
Energiebedrijven	Gasunie, Energiebedrijven voeren gezamenlijk enkele projecten uit
Stichting/branche	12 instellingen, waaronder KIVI, VNP, NWR, CIWI Holland, Holland Solar
Intermediairs	NOVEM
Overheidsinstanties	AER, SER, EZ, VROM, OC&W
Gebruikers	Energiebedrijven, industrie, particulieren, gemeenten, provincies, bouwbedrijven, projectontwikkelaars
2002 ⁶¹	
Universiteiten	Technische universiteiten, RUG, LUW en overige
Kennisinstellingen	6 instellingen, maar met name ECN en TNO intensief betrokken
Industrie	12 grote bedrijven (Shell, Philips, Akzo, Gasunie) en 90 kleine bedrijven
Adviesbureaus	20 adviesbureaus, waaronder KEMA, Gastec, Ecofys, DWA, BTG
Energiebedrijven	Grootste energiebedrijven, zoals Gasunie, Essent, Nuon, Eneco, Remu
Stichting/branche	6 instellingen, waaronder COGEN, VGT
Intermediairs	NOVEM, Senter, SDE, PDE
Overheidsinstanties	AER, VROM-raad, EZ, VROM, OC&W
Gebruikers	Energiebedrijven, industrie, particulieren, gemeenten, provincies, bouwbedrijven

⁵⁸ Bron: LSEO (1975), *Energieonderzoek in Nederland*

⁵⁹ Bron: REO (1981), *Meerjarenplan*

⁶⁰ Bron: VCE (1996), *Energie-onderzoek in Nederland*

⁶¹ Bron: Novem (2003), *NEO Scans*

Bijlage 4 De toeleverende industrie in 2000/2002

Tabel 4.1

Een overzicht van de toepassing van verschillende energietechnologieën, de rol van de industrie en de invloed en de kansen voor sturing in Nederland

Bron: Menkveld, M. (2004), *Energietechnologieën in relatie tot transitiebeleid*, Factsheets, ECN.

Energie-technologie	Huidige toepassing	Rol industrie	Invloed beleid
gasgestookte elektriciteits-opwekking	52 TWh opgewekt door gasgestookte centrales; 44% door elektriciteitsproducenten, 56% door WKK van eindgebruikers	levering van kleine gasturbines door Nederlandse bedrijven (Opra, Heron-de Schelde) op het gebied van industriële apparaten	mogelijk op het gebied van de SOFC-brandstofcel voor zeer efficiënte centrales door bedrijven, zoals Opra, Heron en INDEC
kolengestookte elektriciteitsopwekking	6 poederkoolcentrales, 1 semi-commerciële kolenvergasser met totaal 25 TWh	levering van afgassenketel, luchtscheidings- of gasreinigingsinstallaties door NEM, Schelde en Jacobs Engin	kennis over vergassingstechniek en STEG's; bouw van een nieuwe kolencentrale met CO ₂ -opslag
elektriciteit uit kernsplijting	1 werkende centrale (PWR-type) van 4 TWh	NRG voorziet in isotopen voor medisch gebruik en afval-onderzoek, Urenco levert uranium	beperkte mogelijkheid, omdat kernenergie een gering aandeel in Nederland heeft
elektriciteit uit biomassa	38% in AVI's, 43% in kolencentrales, 7% zelfstandige verbranding en 12% zelfstandige vergisting. Totaal 2,5 TWh	eigenaren kolencentrales actief (Nuon, Essent, Elektrabel) + eigenaren AVI's. R&D door ECN, TNO, ATO, ImAG, LUW, TUE, PRI, Alterra, UU, TUT Implementatie door Host en BTG	vooral kansen op het gebied van vergassing en het mee- en bijstoken van biomassa door de goede uitgangspositie. Internationale ontwikkelingen doorslaggevend
windenergie	1462 windmolens met productie van 0,9 TWh, twee offshore parkjes (19 MW) en twee grote in de planning	Nederland is nu klant i.p.v. leverancier van windtechnologie. Offshore branche kan profiteren (HGB, Mammoetv. Oord, Ballast)	ambities omtrent offshore-parken kan de thuismarkt op zee stimuleren en de kennispositie hoog houden
PV zonne-energie	0,017 TWh productie, waarvan 18% autonome en 82% netgekoppeld PV-panels	R&D van PV panelen door TUE, UU, ECN, TNO, Akzo, Philips en Shell. Tevens toeleveringsbedrijven (OTB) en implementatie (Ecofys)	stimuleren van industriële activiteit en de toepassing van PV in gebouwde omgeving, bijvoorbeeld prefab + standaardisatie
elektriciteits-transport en -distributie	€ 10 mld. aan laag- en hoogspanningskabels, 3600 MW internationale verbindingen. Plan voor € 400 mln. hoogspanningskabels & HVCD-verbinding met Groot-Brittannië	enkele nationale bedrijven (NKF, Twentse Kabel), die componenten leveren voor de internationaal ontwikkelde HVAC en HVDC technieken	om grote offshore windparken te maken, is HVDC onmisbaar en R&D door industrie, instituten, KEMA noodzakelijk
elektriciteitsopslag	niet grootschalig toegepast, mede doordat pompaccumulatie niet geschikt is voor Nederland	alleen onderzoekinstellingen en consultancy-bedrijven hebben rol in de implementatie	windenergie kan de vraag naar opslag stimuleren, Nederlands beleid kan instrumenteel zijn
waterstofdistributie en -opslag	stoomreforming in industrie wordt toegepast, enkele experimentele stadsbussen en brandstofcellen voor verwarming woningen	industrie beperkte schaal bezig met waterstof, zoals Shell Hydrogen en Gasunie. Hoekloos houdt zich bezig met transport	technologieën voor productie, distributie, opslag en toepassing moeten worden gestimuleerd; toepassing in gebouwde omgeving is afhankelijk van ontwikkelingen in het buitenland

vervolg Tabel 4.1

Energietechnologie	Huidige toepassing	Rol industrie	Invloed beleid
CO ₂ -afvang, transport en opslag	CO ₂ -afvang alleen in gaswinning om zodanig zuiver methaan te produceren	onderzoekswereld en industrie erg actief, maar geen demonstratieprojecten; kennis over gasvelden mogelijk bruikbaar	publieke opinie is negatief t.o.v. CO ₂ -opslag, daarom terughoudendheid overheid geboden
brandstofcellen	kleinschalige stationaire PEMFC toepassingen (W/K in woningen) zijn in het demonstratiestadium	buitenlandse bedrijven hebben een grote voorsprong (bijvoorbeeld Ballard); goede onderzoeksinfrastructuur ten aanzien van PEMFC (incl. reforming) en SOFC	goede onderzoeksinfrastructuur is essentieel voor de introductie van brandstofcelvoertuigen in Nederland
biobrandstoffen	productie en toepassing van biobrandstoffen is nog maar in het beginstadium; in het buitenland is men veel verder	actief in ontwikkeling van technologie voor productie door BTG, Biofuel, HGP International, Nedalco, Shell	er is hier nauwelijks beleid op gevoerd, maar intensieve stimulering is noodzakelijk door het wegnemen accijns of verplichte bijmenging
warmteproductie in gebouwde omgeving	Combiketels nemen toe ten koste van gasgestookte geisers en boilers. Er zijn 33.215 warmtepompen, waarvan 12% voor ruimteverwarming, 25% warmtepompboilers, 17% omkeerbare warmtepompen in de utiliteitsbouw, 30% dubbel functionele warmtepompen, 67.705 zonneboilers en een terughoudende markt voor stadsverwarming, micro-wkk is in een experimenteel stadium	Nederlandse ketel en boilerfabrikanten, zoals AGPO, ATAG, AWB, Daalderop, Vaillant, Inventum. Een tiental bedrijven leveren warmtepompen (bijvoorbeeld Vaillant en Inventum), maar ontwikkeling vindt voornamelijk plaats in VS en Japan. Micro-WKK wordt nauwlettend gevolgd, hoewel brandstofceltechnologie met name in het buitenland wordt ontwikkeld	Voor zonneboiler en warmtepompen blijft actief beleid van de Nederlandse regering noodzakelijk. Micro-wkk is afhankelijk van internationale ontwikkelingen rondom brandstofceltechnologie.