

OPPAKKEN EN DOORPAKKEN

DURVEN KIEZEN VOOR ENERGIE-INNOVATIE



De Adviesraad voor wetenschap, technologie en innovatie (AWTI) brengt gevraagd en ongevraagd advies uit aan regering en parlement. Zijn onafhankelijke adviezen zijn strategisch van aard en gaan over de hoofdlijnen van wetenschaps-, technologie- en innovatiebeleid. De leden van de AWTI zijn afkomstig uit kennisinstellingen en het bedrijfsleven. De raad staat onder voorzitterschap van Uri Rosenthal. De AWTI doet zijn werk vanuit de overtuiging dat het belang van kennis, wetenschap en innovatie voor economie en samenleving groot is en in de toekomst nog verder zal toenemen.

prof. dr. U. (Uri) Rosenthal (voorzitter)
prof. dr. ing. D.H.A. (Dave) Blank
prof. dr. R. (Roshan) Cools
prof. dr. ir. K.D. (Koenraad) Debackere
prof. dr. V.A. (Valerie) Frissen
prof. dr. ir. T.H.J.J. (Tim) van der Hagen
dr. ir. S. (Sjoukje) Heimovaara
prof. dr. E.M. (Emmo) Meijer
dr. ir. A.J.H.M. (Arno) Peels
prof. dr. ir. M.F.H. (Martin) Schuurmans

Het secretariaat is gevestigd in Den Haag:
Prins Willem-Alexanderhof 20
2595 BE Den Haag
t. 070 3110920
e. secretariaat@awti.nl
w. www.awti.nl

ISBN: 9789077005798

Oppakken en doorpakken

Durven kiezen voor energie-innovatie

november 2016

Colofon

Fotografie	Shutterstock.com
Ontwerp	2D3D Design
Druk	Xerox/OBT, Den Haag
	november 2016
ISBN	9789077005798

Alle publicaties zijn gratis te downloaden via www.awti.nl.

Auteursrecht

Alle auteursrechten voorbehouden. Mits de bronvermelding correct is, mogen deze uitgave of onderdelen van deze uitgave worden veelevoudigd, opgeslagen of openbaar gemaakt zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de AWTI.

Een correcte bronvermelding bevat in ieder geval een duidelijke vermelding van organisatiennaam en naam en jaartal van de uitgave.

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	9
1.1 Naar een duurzame energievoorziening	9
1.2 Adviesvraag	10
1.3 Uitdaging en kansen	10
1.4 Begrippen, afbakening, aanpak en leeswijzer	11
2 Analyse	17
2.1 De context: innovatie en de energietransitie	17
2.2 De rol van de overheid bij energie-innovatie	20
2.3 Het huidige beleid	24
2.4 Diagnose: staat van energie-innovatie in Nederland	30
2.5 Contouren van een nieuw beleid voor energie-innovatie	32
2.6 Hoe kan de overheid radicale innovatie stimuleren?	37
2.7 Kiezen voor focus: een afwegingskader	42
2.8 Kosten van energie-innovatie	56
2.9 Politiek-bestuurlijke innovatie: een responsieve en adaptieve overheid	60
3 Conclusie en aanbevelingen	63
3.1 Conclusie	63
3.2 Aanbevelingen aan de overheid	64
Bijlage 1 Adviesvraag	71
Bijlage 2 Bestaand beleid in Nederland	75
Bijlage 3 Beleid in andere landen	99
Bijlage 4 Uitgaven in OESO-landen	111
Bijlage 5 Gesprekspartners	116
Bijlage 6 Gebruikte bronnen	119

Samenvatting

De energietransitie is een grote uitdaging die veel aspecten van de economie en de samenleving raakt. Zeker voor Nederland is het een stevige opgave met onze energie-intensieve economie en relatief beperkte potentieel aan duurzame energiebronnen. Om een duurzame energievoorziening te realiseren zijn innovatie en technologie-ontwikkeling hard nodig, zowel vele kleine ('incrementele') verbeteringen als radicale doorbraken.

De minister van Economische Zaken heeft de Adviesraad voor wetenschap, technologie en innovatie (AWTI) gevraagd de volgende adviesvraag te beantwoorden:

Welk beleid moet de overheid voeren om energie-innovatie zodanig te stimuleren dat de overgang naar een duurzame energievoorziening in Nederland in 2050 efficiënt, effectief en maatschappelijk acceptabel gerealiseerd kan worden en dat de economische kansen die de wereldwijde energietransitie biedt, optimaal benut worden?

De AWTI sluit bij de beantwoording van deze vraag zoveel mogelijk aan het recente advies van de Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (Rli) *'Rijk zonder CO₂, naar een duurzame energievoorziening in 2050'*.

Overheid

De AWTI concludeert dat de overheid een belangrijke rol heeft bij energie-innovatie, alleen al omdat de opgave (CO₂-neutraal in 2050) vanuit de overheid is gesteld, en omdat de overheid als wetgever en als (mede)eigenaar van infrastructuur en netwerken een belangrijke participant is binnen het energiesysteem. Bovendien is het energiesysteem zo complex en zijn de onzekerheden in de markt zo groot dat het afzonderlijke marktpartijen waarschijnlijk niet gaat lukken zonder een vorm van coördinatie de transitie te maken naar een *low* of zelfs *zero-carbon* energievoorziening.

Energie-innovatie blijft achter

Nederland heeft goede kansen om een rol te spelen in de wereldwijde energie-innovatie. Er is een goede uitgangspositie met bedrijven en kennisinstellingen en ervaring in samenwerking is opgebouwd, onder meer via de Topsector Energie. Toch blijkt uit onze analyse dat energie-innovatie in Nederland achterblijft bij wat mogelijk èn noodzakelijk is. De oorzaken zijn:

- ▶ *Het innovatiesysteem rond energie behoeft verdere versterking.*

Er is weliswaar veel kennis maar deze is versnipperd en gefragmenteerd. Ook ontbreken schakels in de innovatieketens en kan de aansluiting tussen schakels nog versterkt worden, hoewel de Topsector Energie hier al voor belangrijke verbeteringen heeft gezorgd. Bovendien blijft er onduidelijkheid over de contouren van

het gewenste energiesysteem door het ontbreken van een breed gedragen visie voor de lange termijn.

- ▶ *Er is te weinig aandacht voor innovatie binnen het energiebeleid.*

Er is wel geld beschikbaar voor de *uitrol* van duurzame energie (die steun richt zich op de goedkoopste nu beschikbare technologieën), maar het energiebeleid prikkelt nauwelijks tot de verbetering van bestaande technologieën of de ontwikkeling van nieuwe, dan wel tot andere manieren om emissies te beperken (zoals energiebesparing).

- ▶ *Radicale energie-innovatie en de implementatie daarvan worden te weinig gestimuleerd.*

Het huidige beleid dat zich specifiek richt op energie-innovatie geeft vooral prikkels tot incrementele innovaties. Instrumenten als de regeling Demonstratie Energie-innovatie of de Topsector Energie zijn vooral gericht op incrementele verbeteringen en blijken te weinig toegerust om radicale (systeem)veranderingen teweeg te brengen. Er is geen rijksbrede agenda die radicale innovatie bevordert. Bovendien investeert Nederland vergeleken met de OESO-landen weinig in onderzoek, ontwikkeling en demonstratie van nieuwe energietechnologieën.

Gerichter inzetten op energie-innovatie

Nederland kan de kansen rond energie-innovatie pakken en daarmee een bijdrage leveren aan de gewenste energietransitie. De AWTI vindt dat daarvoor een meer leidende rol van de overheid noodzakelijk is. Het gaat daarbij om het formuleren van een duidelijke visie op de toekomstige energievoorziening en het nemen van verantwoordelijkheid; dat helpt ook de samenleving en het bedrijfsleven bij hun keuzes. Daarnaast moet er in het algemene energiebeleid meer aandacht komen voor innovatie. Hiermee kunnen vooral incrementele energie-innovaties sterker gestimuleerd worden. De kosten hiervan zijn voor de overheid beperkt. Dit kan bijvoorbeeld door het stellen van duidelijke kaders en het creëren van meer zekerheden in de markt. Ten slotte moet de overheid specifiek beleid hebben voor energie-*innovatie*. Daarbij heeft de gerichte stimulering van *radicale* innovatie prioriteit voor de AWTI. Van groot belang is hierbij om te kiezen voor een beperkt aantal energie-opties en bijbehorende innovatie-opgaven waar Nederland een rol kan spelen. Internationale en Europese samenwerking is daarbij van groot belang.

De AWTI doet de volgende aanbevelingen, hier verkort weergegeven (en uitgebreider beschreven in hoofdstuk 3):

Aanbeveling 1:

Innoveer het beleid, pak energie-innovatie op, maar pak ook door.

Ga uit van een duidelijke visie op het toekomstige energiesysteem en het bijbehorende innovatie-systeem, implementeer bijbehorend beleid en creëer zo voor de lange termijn meer duidelijkheid en zekerheden in de markt. Sluit daarbij aan op de agenda's en visie van omringende landen en de EU. Wees bij het realiseren van deze visie zowel actief, adaptief als responsief. Investeer daartoe in kennis bij de overheid en maak gebruik van de aanwezige kennis en ervaring bij bedrijven en kennisinstellingen. Zorg ervoor dat internationale samenwerking op het terrein van energie-innovatie voor bedrijven en kennisinstellingen vanzelfsprekend is. Stimuleer zowel incrementele als radicale innovatie en besteed aandacht aan maatschappelijke en economische inbedding van nieuwe technologieën. Per jaar is zo'n 300 miljoen euro nodig voor het nieuwe beleid gericht op de specifieke stimulering van radicale energie-innovatie (zie aanbevelingen 4 en 5). Zoek daarvoor het nodige commitment en draagvlak in de samenleving, bij het bedrijfsleven en de kennisinstellingen. Heroverweeg de bestaande regelingen en budgetten gericht op energie-innovatie in het licht van nieuw en aangepast beleid (zie onderstaande aanbevelingen). Een jaarlijks totaalbudget voor energie-innovatie tussen de 400 en 450 miljoen euro is redelijk in vergelijking met andere landen en gezien de grote opgave waar Nederland voor staat.

Doe dit alles langs de volgende lijnen:

Aanbeveling 2:

Richt de uitvoering van het bestaande Europese en Nederlandse beleid voor de verduurzaming van de energiesector en het overige beleid rondom energie meer in op innovatie. Neem innovatie op als expliciet doel en aandachtspunt van dit beleid.

Zet de Stimulering Duurzame Energie (SDE+) innovatiever in, bijvoorbeeld door kostenreducties te stimuleren of oplopende eisen te stellen aan subsidies. Werk aan een betere beprijzing van CO₂-uitstoot door verbetering van het emissiehandelssysteem ETS en hervorming van de energiebelastingen. Daardoor ontstaat een betere markt voor *low carbon* energie. Dit kan voor de overheid kostenneutraal gedaan worden.

Aanbeveling 3:

Richt het bestaande generieke innovatiebeleid beter in op energie-innovatie.

Overweeg om het budget voor generieke bevordering van innovatie meer nadrukkelijk te bestemmen voor maatschappelijk gewenste innovaties. Zet dan ook in op het steunen van duurzame innovaties en sluit R&D die gericht is op niet-duurzame opties uit van ondersteuning, via een lichte niet-bureaucratische toets.

Aanbeveling 4:

Stel een energie-innovatieportefeuille voor radicale innovatie samen voor de opties die passen bij Nederland, en die recht doet aan de unieke kansen van Nederland en zorg voor een goede institutionele inbedding door een 'Task force energie-innovatie' op te richten.

Kies zo'n zes missiegedreven innovatieprogramma's met een langjarige looptijd, een planmatige aanpak en sterke interne samenhang. Gebruik hiervoor het afwegingskader zoals beschreven in dit advies, voor de selectie van eerst de opties die goed bij Nederland passen en vervolgens van de concrete innovatieopgaven (bij die opties) die voor Nederland interessant en kansrijk zijn om gericht op te pakken in de innovatieprogramma's. Spreek commitment uit voor het hele traject (alle innovatiefasen, inclusief uitrol of implementatie) en wees bereid om door te pakken. Reserveer voor deze missiegedreven programma's in totaal een bedrag van 180 miljoen euro per jaar en nog eens 40 miljoen euro voor bijdrage aan toekomstige uitrol of infrastructuur. Zorg voor een goede governance en breng de missiegedreven programma's onder één dak, een 'Task force energie-innovatie', die verantwoordelijk is voor de samenhang. Sluit aan bij of bouw voort op de samenwerking tussen bedrijven en kennisinstellingen die binnen de Topsector energie is bereikt. De Topsector Energie zou zichzelf kunnen vernieuwen in aanpak, bestuurlijke opzet en in internationale oriëntatie en zo kunnen uitgroeien tot een organisatie die ook de beschreven programma's voor radicale innovatie kan accommoderen en kan aansturen als genoemde task force met overheids- en internationale sturing. Dat biedt de mogelijkheid om de Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI's), de missiegedreven programma's en het *high impact/high risk* programma (zie aanbeveling 5) zoveel mogelijk onder één bestuurlijk dak te brengen, wat versnippering voorkomt.

Aanbeveling 5:

Zorg dat de brede kennisbasis op orde blijft en effectief is voor energie-innovatie.

Zorg voor ruim voldoende middelen voor nieuwe ideeën in de hele breedte van het energiedomein. Start hiervoor een *high impact/high risk* programma. Reserveer voor dit programma 60 miljoen euro per jaar om jaarlijks zo'n 10 potentieel kansrijke ideeën/projecten 'uit het veld' te financieren met een looptijd van 2 tot 5 jaar. Verdeel de middelen in een open competitie. Breng het *high impact/high risk* programma onder bij de Task force energie-innovatie, zodat optimale samenhang ontstaat en versnippering wordt voorkomen. Reserveer additioneel nog 20 miljoen euro per jaar om projecten die (potentieel) succesvol zijn, te laten doorontwikkelen tot innovatieprogramma.

Inleiding

1.1 Naar een duurzame energievoorziening

Wereldwijd is er een urgentie om de uitstoot van broeikasgassen substantieel te verminderen. Binnen de Europese Unie is de concrete ambitie geformuleerd om in 2050 een reductie van uitstoot van broeikasgassen van 80 tot 95% in de economie te realiseren. Op die manier kan de menselijke invloed op klimaatverandering beperkt blijven en verminderen de schadelijke effecten van het gebruik van fossiele energiebronnen. De Nederlandse regering onderschrijft deze Europese ambitie, blijkt uit het recente Energierapport 'Transitie naar duurzaam'.¹

De uitdaging is groot. Energie is cruciaal voor onze economie en industrie, voor onze samenleving, onze manier van leven. Een *low carbon* energievoorziening luidt een compleet andere wijze van productie, opslag en gebruik van energie in, met grote gevolgen voor de samenleving. Hoe de *low carbon* economie er uit zal zien, is nog onduidelijk. Er zijn verschillende beelden van de toekomst: decentrale energieopwekking met behulp van zon, wind en biomassa, minder en schoner transport, energieneutrale woningen die voor een groot gedeelte zelfvoorzienend zijn, extreem zuinige apparaten, en warmtenetten en *smart grids* die ons verbinden.² Maar er bestaan ook geheel andere beelden. Bijvoorbeeld: inherent veilige kerncentrales die zorgen voor voortzetting van centrale elektriciteitsopwekking en die een transitie naar *all electric* mogelijk maken. Of: nieuwe technieken om CO₂ op te vangen en zelfs uit de lucht te halen, die ervoor zorgen dat fossiele bronnen ook in een *low carbon* energievoorziening een substantiële rol (kunnen) blijven spelen. Welke toekomst werkelijkheid wordt, weten we niet. Wel is duidelijk dat er veel werk verzet moet worden om de transitie te realiseren, dat innovatie hard nodig is en dat de overheid daarbij een rol heeft.

Eerder vroeg de regering advies aan de Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (Rli) over de haalbaarheid van een volledig duurzame energievoorziening in Nederland in 2050.³ Kort gezegd concludeert de Rli dat een CO₂-vrije energievoorziening in Nederland in 2050 haalbaar is, maar dan moeten wel alle zeilen worden bijgezet. Er zal om dat doel te bereiken nog veel innovatie moeten plaatsvinden, aldus de Rli.

¹ Ministerie van Economische Zaken, *Energierapport. Transitie naar duurzaam*, Den Haag: januari 2016.

² Zie bijvoorbeeld: Natuur en Milieu, *Energievisie 2035. Energietransitie in de hoogste versnelling*, juni 2016.

³ Raad voor de leefomgeving en infrastructuur, *Rijk zonder CO₂. Naar een duurzame energievoorziening in 2050*, Den Haag: september 2015.

1.2 Adviesvraag

Het recente Energierapport bevat de contouren van een strategie om de energietransitie richting 2050 verder door te zetten. Een van de onderdelen hierin is om versterkt in te zetten op onderzoek en innovatie. Dat roept de vraag op wat er moet gebeuren om de benodigde energie-innovaties van de grond te krijgen en welke rol de overheid daarin kan en moet spelen. Dat staat centraal in de adviesvraag die aan de AWTI gesteld is door de minister van Economische Zaken (zie bijlage 1 voor de adviesvraag plus toelichting):

Welk beleid moet de overheid voeren om energie-innovatie zodanig te stimuleren dat de overgang naar een duurzame energievoorziening in Nederland in 2050 efficiënt, effectief en maatschappelijk acceptabel gerealiseerd kan worden en dat de economische kansen die de wereldwijde energietransitie biedt, optimaal benut worden?

Het advies zal adviseren over drie hoofdpunten:

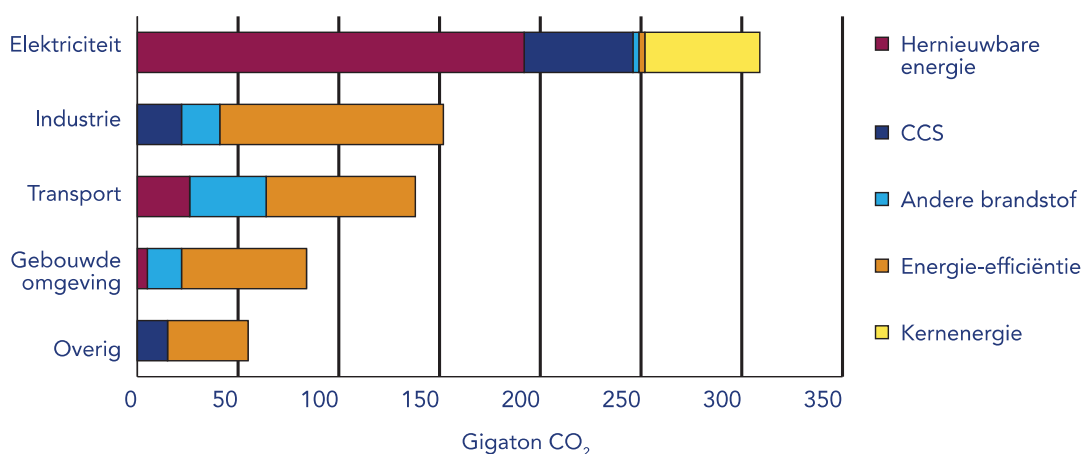
1. Wat moet de rol van de overheid zijn bij energie-innovatie en wat betekent dit voor de houding en het optreden van de overheid?
2. Hoe kan de Nederlandse overheid effectief beleid voeren met betrekking tot energie-innovatie, over de tijdspanne tot 2050, inclusief een aantal suggesties voor beleidsinstrumenten?
3. Op welke manier kan de (Nederlandse) overheid bepalen op welke gebieden van energie-innovatie ze haar aandacht bij voorkeur moet richten?

1.3 Uitdaging en kansen

De opgave om op termijn een duurzame energievoorziening te bereiken is om meerdere redenen niet eenvoudig. Energie is een belangrijke 'brandstof' voor zowel de economie als voor comfort en activiteiten in ons dagelijks leven. De energievoorziening is dan ook verbonden met onze manier van leven en onze economie. Drastische verandering is ingrijpend. Bovendien geldt voor Nederland dat onze economie relatief energie-intensief is. Er is veel 'zware' industrie (chemie, metaal) en Nederland is met zijn zee- en luchthavens ook een transportland. Dat betekent dat de energietransitie diep ingrijpt op de economie. Daarbij komt dat het potentieel voor hernieuwbare energie(bronnen) in Nederland beperkt is: er is weinig zon, weinig ruimte voor windmolens op land en het verval in onze rivieren is gering. Kortom, voor Nederland is de energietransitie een extra grote uitdaging. Aan de andere kant zijn er voor Nederland ook weer kansen. Er is een omvangrijke maakindustrie, zeker ook op het gebied van hightech, en er is een traditie om multidisciplinair te denken en samen te werken.

Energie-innovaties zijn overigens ruimer dan alleen opwekking of energieproductie; het gaat bijvoorbeeld ook om zaken als efficiëntie ('besparing'), conversie en opslag. Sommige technologieën zijn bijna uitontwikkeld en leveren weinig of geen onzekerheid op, bijvoorbeeld waterkracht en windenergie. Rond andere technologieën, zoals de technologie voor het opslaan van elektriciteit en het omzetten van zonne-energie in brandstoffen (*solar fuels*) is juist nog veel onduidelijk. Sommige technologieën kunnen een grote impact hebben op de energiehuishouding, andere minder. Onderstaande figuur geeft een indruk van hoe de verschillende opties wereldwijd zullen (moeten) bijdragen in de transitie.

Figuur 1 Herkomst van de wereldwijd benodigde CO₂-reductie per sector en technologie in het 2-graden-scenario van IEA (tot 2050)



Bron: IEA, *Energy Technology Perspectives 2015 – Executive Summary*, Paris: OECD/IEA, 2015, p. 4.

1.4 Begrippen, afbakening, aanpak en leeswijzer

De AWTI gaat uit van de gangbare definitie van innovatie: het verbeteren of ontwikkelen van (nieuwe) producten en/of diensten dan wel productieprocessen, en het succesvol naar de markt brengen van die producten/diensten dan wel het creëren van de gewenste markten.⁴ Er wordt vaak gesproken van een innovatieketen: van fundamenteel onderzoek via toegepast onderzoek naar demonstratie, opschaling en uitrol in de markt. Die keten hoeft niet lineair te verlopen: in de praktijk worden fases in de keten ook overgeslagen of in een geheel andere volgorde doorlopen. Innovatie is vaak ook een nieuwe combinatie van bestaande kennis en technologie, nieuwe business modellen en soms ook het creëren van nieuwe markten. Innovatie gaat echter vaak ook om het verbeteren van bestaande technologie, planmatig of via *trial and error*.

⁴ Vergelijk de definitie van innovatie door OESO/Eurostat: "An innovation is the implementation of a new or significantly improved product (good or service), or process, a new marketing method, or a new organisational method in business practices, workplace organisation or external relations." Zie: OECD & Eurostat (2005), p. 46.

Het Rli-rapport onderscheidt vier domeinen van innovatie, die de AWTI ook zal hanteren:

- ▶ Technologische innovatie: nieuwe technologie, bijvoorbeeld om energie te produceren, op te slaan, te distribueren of efficiënter te gebruiken.
- ▶ Economische innovatie: nieuwe business modellen, energiebedrijven leveren bijvoorbeeld energiediensten in plaats van energie.
- ▶ Sociale innovatie. Daarbij gaat het om veranderingen in de manier waarop we omgaan met energie. Dat kan bijvoorbeeld te maken hebben met slimme meters die bijdragen aan bewustwording van het energieverbruik, met het dragen van warmere kleding zodat minder verwarming nodig is, met coöperaties die op buurtniveau energie opwekken (zonnecentrales) of - meer vergaand – met de invoering van individuele carbonrekeningen.
- ▶ Politiek-bestuurlijke innovatie: energie-innovatiebeleid moet effectief en vol te houden zijn. Dat kan aanpassingen vragen binnen de regelgeving, maar ook in de manier waarop de overheid rekening houdt met onzekerheid en met langetermijnopgaven.

Tevens maakt de Rli onderscheid tussen incrementele en radicale innovaties, een onderscheid dat ook in de literatuur bekend is.⁵ Dat onderscheid is ook voor de AWTI relevant. Bij **incrementele** innovatie gaat het om verbeteringen aan de bestaande technieken en systemen om energie/elektriciteit te produceren, energie of warmte op te slaan, en energie efficiënter te gebruiken.⁶ Windturbines en zonnepanelen (zon-PV) zijn de laatste jaren efficiënter geworden, maar het optimum is nog niet bereikt: er is nog potentie om de kosten te verlagen en de efficiëntie te vergroten. Incrementele innovatie heeft uiteraard ook betrekking op de omzetting van fossiele bronnen naar elektriciteit, warmte en brandstoffen. Hoe zuiniger/efficiënter de inzet van kolen, gas en olie, hoe lager de CO₂-uitstoot. Incrementele innovatie is vaak ook nodig om kostenreductie te realiseren. Bij **radicale innovatie** gaat het om nieuwe technologieën om energie te besparen, te produceren, op te slaan of te 'vervoeren'.⁷ Voorbeelden zijn *solar fuels*, *blue energy* of CCU.⁸ Een andere vorm van innovatie is **stelselinnovatie**: de verandering van infrastructuur en het hele energiesysteem. Bijvoorbeeld de invoering van gelijkspanning in plaats van wisselspanning of de omschakeling naar elektrisch vervoer.

⁵ R. Lester en D. Hart, *Unlocking Energy Innovation*, Cambridge, MA: MIT Press, 2011.

⁶ Vergelijk IEA (2015), *Energy Technology Perspectives 2015*, p. 149: "Incremental innovation (also continuous [innovation]) [is an] improvement in performance, cost, reliability, design, etc. to an existing commercial technology without any fundamental novelty in end-use service provision."

⁷ Vergelijk IEA (2015), *Energy Technology Perspectives 2015*, p. 149: "Radical innovation (also breakthrough, disruptive [innovation]) [is a] novel technology that strongly deviates from prevailing norms and thus often entails a disruptive change from existing commercial technologies and for associated institutions."

⁸ *Solar fuels*: kunstmatige fotosynthese; *blue energy*: energieproductie uit de interactie tussen zout en zoet water, *CCU*: *Carbon Capture and Utilization*, het afvangen van CO₂ en het nuttig gebruiken, bijvoorbeeld bij productie van methanol.

Een voorbeeld uit de jaren '60 is de omschakeling die huishoudens maakten van stoken op kolen en olie naar aardgas.

Uiteraard is het onderscheid tussen de verschillende categorieën van innovatie niet altijd even scherp. Er zijn grensgevallen tussen incrementele en radicale innovatie en wat de een radicaal noemt, is voor de ander 'slechts' een verbetering van het bestaande. Hybride auto's bijvoorbeeld zijn voor een deel elektrisch, wat als een radicaal andere technologie getypeerd kan worden. Ze veranderen echter niets aan de bestaande organisatie van mobiliteit waardoor de innovatie ook als incrementeel omschreven kan worden. Toch is het onderscheid tussen incrementele en radicale innovatie nuttig om het beleid en de opgave voor de toekomst te analyseren. Van belang is daarbij wel om de mogelijke relatie tussen incrementele en radicale innovatie te onderkennen. Veel opeenvolgende incrementele innovatie in bestaande energievoorziening kan het zicht op de noodzaak van radicale innovatie ontnemen. Bijstook van biomassa (geen technologisch hoogstandje), bijvoorbeeld, vermindert de CO₂-uitstoot van kolencentrales, maar bevestigt de afhankelijkheid van de infrastructuur voor grootschalige energieopwekking. Daardoor komen bepaalde radicale innovaties (zoals andere technologieën of decentrale energieproductie) wellicht moeilijker van de grond.

Om de innovatiebehoefte voor de energietransitie te omschrijven sluiten we aan bij het Rli-advies. De Rli onderscheidt vier functionaliteiten waarvoor energie wordt verbruikt en analyseert de transitie langs de lijnen van die functionaliteiten. Het gaat dan om:

- (i) laagtemperatuurwarmte voor de verwarming van gebouwen en bijvoorbeeld kassen,
- (ii) hogetemperatuurwarmte voor de industrie,
- (iii) brandstof voor mobiliteit en
- (iv) energie/elektriciteit voor apparaten en verlichting.

De benodigde innovatie kan per functionaliteit in kaart gebracht worden. Kort samengevat levert dat het volgende beeld op (vergelijk ook figuur 1). Bij de functionaliteit 'laagtemperatuurwarmte' is de technologische innovatieopgave relatief beperkt, maar liggen er nog grote uitdagingen op het economische en sociaal-maatschappelijke vlak. Daar zal innovatie nodig zijn. Het gaat om het uitrollen van reeds bestaande technologie en daarbij uitproberen wat de juiste schaal is: buurten, steden of regio's en om de vraag hoe bewoners bij de transitie betrokken kunnen worden. Bij hogetemperatuurwarmte is de technologische innovatiebehoefte veel groter. Dan gaat het om het ontwikkelen en toepassen van nieuwe procestechnieken, waardoor minder energie nodig is (en mogelijk

ook minder grondstoffen). Ook bij de functionaliteit 'mobiliteit' en 'elektriciteit' is technologische innovatie noodzakelijk.⁹

Van belang is meteen op te merken dat de hoeveelheid benodigde energie niet vastligt per functionaliteit en dat er niet altijd scherpe grenzen te trekken zijn tussen de vier functionaliteiten. Op dit moment vertegenwoordigt elektriciteit ongeveer 12% van ons eindverbruik aan energie. Maar het toenemende gebruik van ICT en internet zal leiden tot een stijging van de vraag naar elektriciteit. Als daar ontwikkelingen bij komen als *all electric* huizen of meer elektrisch vervoer, dan zal dat de vraag naar elektriciteit nog verder toenemen, maar tegelijkertijd daalt dan de vraag naar fossiele brandstoffen voor lagetemperatuurwarmte en naar brandstof voor vervoer.

We benadrukken dat het bij innovatie dus niet alleen gaat om nieuwe vormen van energieproductie en/of opslag, maar ook om minder gebruik van energie. Bijvoorbeeld door het energiegebruik van apparaten te verminderen, betere isolatie en grotere motorefficiëntie. Minder gebruik van energie helpt aanzienlijk de *low carbon* doelstellingen te realiseren. Naar schatting ruim een derde van de opgave kan hiermee gerealiseerd worden (zie figuur 1, hierboven). Voor efficiëntie van apparaten is duidelijke wetgeving nodig, die overigens voor een groot deel op Europees niveau vastgesteld wordt. Denk aan regulering van de CO₂-uitstoot van auto's en vrachtwagens of het gloeilampenverbod. Deze wetgeving leidt vaak tot innovatie. Er zijn nu tal van verlichtingsopties die aanzienlijk zuiniger zijn dan gloeilampen. Voor energie-efficiënte binnen de gebouwde omgeving (dat naar zijn aard een lokaal onderwerp is) is er een Nederlandse aanpak (onderdeel van het energie-akkoord), maar ook een Europese context.

Dit beleid van (voortschrijdende) normstelling om meer efficiëntie van apparaten, voertuigen en dergelijke te bevorderen is zeer effectief, maar (behalve bij de gebouwde omgeving) vooral Europees van aard. Dat brengt ons bij de afbakening van dit advies. Omdat dit advies zich vooral richt op de mogelijkheden voor Nederlands beleid ter bevordering van energie-innovatie, vallen Europese maatregelen rond normeringen buiten de *scope* van dit advies. Deze maatregelen zijn zeer belangrijk, maar hier volstaat de aanbeveling om op Europees niveau te streven naar zo ambitieus mogelijke normering.

Uitgangspunt bij dit advies is dat alle vormen van innovatie nodig zijn. Nederland kan een rol spelen, maar de internationale context is van groot belang. Dit advies richt de aandacht in eerste instantie op technologische innovatie, maar beschouwt deze

⁹ Zie voor mobiliteit bijvoorbeeld de Brandstoffenvisie (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2014) of de Actie-agenda duurzame brandstoffen (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2015).

nadrukkelijk binnen de bredere economische, sociale en politiek/bestuurlijke innovatie waar dat relevant is. Zowel incrementele als radicale innovatie komen aan de orde. De uitrol van bestaande technologieën is in Nederland nu onderdeel van het energieakkoord.¹⁰ Daar zijn veel publieke en private middelen mee gemoeid. Voor innovatie als zodanig en radicale innovaties in het bijzonder is binnen de huidige beleidspraktijk echter veel minder aandacht en geld.¹¹ Gegeven deze verhouding is het van groot belang dat we in dit advies niet enkel kijken naar het specifieke beleid voor energie-innovatie. Energie is immers een beleidsrijk terrein (vergunningen, voorschriften, subsidies, veiligheid, verplichtingen, belastingen, accijnzen) en dit algemene energiebeleid heeft een grote impact op de keuzes die rond energie-innovatie gemaakt worden. Het is daarom van belang om bij *al* het beleid rondom energie te zoeken naar aanknopingspunten om innovatie te stimuleren.

Aanpak

Bij de voorbereiding van de dit advies is gebruik gemaakt van bestaande literatuur en zijn gesprekken gevoerd met deskundigen. Daarnaast heeft de AWTI een workshop georganiseerd in het kader van de energiedialoog. Bovendien zijn conceptversies van dit advies verspreid en is commentaar ontvangen van diverse betrokkenen. Een overzicht van de deelnemers aan de energiedialoogbijeenkomst over energie-innovatie en de overige gesprekspartners (inclusief degenen die een reactie hebben gegeven op conceptteksten) is te vinden in bijlage 5.

Dit advies is voorbereid door een projectgroep van de AWTI, die bestond uit de raadsleden Tim van der Hagen (voorzitter), Roshan Cools en Martin Schuurmans, de stafleden en penvoerders Dorette Corbey en Hamilcar Knops, en de stagiairs Dennis Krijger en Stan van den Broek, met ondersteuning van Ralf Vermeer vanuit het ministerie van Economische Zaken.

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 'Analyse' gaat in op de rol van de overheid bij energie-innovatie, schetst het huidige beleid rondom energie, signaleert een tekort aan stimulering van innovatie en doet voorstellen hoe dit te verbeteren. Hoofdstuk 3 'Conclusie en Aanbevelingen' concludeert en vervolgens formuleert de AWTI een vijftal aanbevelingen. De bijlagen geven nadere uitwerking en onderbouwing.

¹⁰ Zie over het energieakkoord: <http://www.energieakkoordser.nl/>

¹¹ Zie ook: M. Camps *et al.* (2016), *Kiezen voor duurzame groei, Rapport Studiegroep Duurzame Groei*, juli 2016, p. 20.

Analyse

In onderstaande analyse geven we antwoord op de drie subvragen. Na het schetsen van de specifieke context van energie-innovatie (paragraaf 2.1) geven we aan wat de rol en houding van de overheid moet zijn bij energie-innovatie (paragraaf 2.2, eerste subvraag). Daarna richten we de aandacht op de tweede subvraag: hoe kan de overheid effectief beleid voeren? Daartoe analyseren we eerst het huidige beleid dat invloed heeft op energie-innovatie (paragraaf 2.3), waarna de diagnose volgt hoe het gesteld is met energie-innovatie in Nederland (paragraaf 2.4). In paragraaf 2.5 schetsen we de contouren van een effectief beleid voor energie-innovatie. Een belangrijk aspect daarvan is de bevordering van radicale innovaties; in paragraaf 2.6 werken we dit uit. Vervolgens gaat paragraaf 2.7 in op de derde subvraag: hoe kan de overheid kiezen? De analyse sluit af in paragraaf 2.8 met een aantal overwegingen over de kosten van energie-innovatie voor de overheid en in paragraaf 2.9 met een overwegingen over politiek-bestuurlijke innovatie.

2.1 De context: innovatie en de energietransitie

De context: kenmerken van de energiehuishouding

Het energiedomein kenmerkt zich door grote investeringen met een lange afschrijvings-tijd. Het gaat daarbij zowel om installaties als om infrastructuur. Dit brengt *lock-in* effecten met zich mee waardoor bestaande belangen en eerdere gedane investeringen een sterk remmende factor kunnen vormen voor veranderingen. De flexibiliteit van het systeem is daardoor niet erg groot. Daarnaast bestaan er grote onzekerheden.¹² Allereerst over prijzen van energie en emissierechten. Verder is er grote onzekerheid over de technologieën van de toekomst. Optimisten wijzen erop dat energie op aarde in overvloed aanwezig is: alleen al de zon levert een veelvoud van de energie die nodig is om samenlevingen te voorzien van warmte en elektriciteit. Realisten benadrukken dat het kostbaar is om de aanwezige energie in een bruikbare vorm op te slaan, te transporteren en te benutten. Daar is verdere technologie-ontwikkeling voor nodig, evenals aanpassingen in economie en samenleving. Het is moeilijk te voorspellen welke technologie voor welke toepassing 'wint'. Er is ook onzekerheid over de marktperspectieven voor de verschillende opties. Onzekerheid strekt zich daarnaast uit over de keuzes die in het buitenland gemaakt gaan worden. Voor Nederland is dit cruciaal: het heeft geen zin om technologieën te ontwikkelen die alleen in Nederland worden toegepast. Interconnectiviteit is van belang en op veel terreinen ook een zekere

¹² Zie uitgebreid over de verschillende onzekerheden en hun mogelijke impact en de mate van onzekerheid: World Energy Council (2016), waarin per regio en ook voor een aantal specifieke landen de onzekerheden in kaart gebracht worden.

harmonisatie, bijvoorbeeld als het gaat om mobiliteit. De vraag is daarom ook waar de EU en grote landen als China, Brazilië of de Verenigde Staten op inzetten. Ten slotte zijn er geopolitieke onzekerheden – al zijn die bij een duurzame energievoorziening vermoedelijk minder dan bij een op olie en gas gebaseerd energiesysteem.

Innovatie is nodig

Er is discussie over de vraag in hoeverre uitrol van bestaande technologieën volstaat om een *low carbon* energievoorziening te realiseren. De AWTI gaat er vanuit dat de uitrol van bestaande technologieën voor duurzame energie uiteraard zeer belangrijk is, maar niet volstaat. Daarvoor is de transitie-opgave te groot. De ontwikkeling van nieuwe technologieën kan de energietransitie ook relatief goedkoper maken. Bij laagtemperatuurwarmte en in mindere mate bij elektriciteit zouden we wel nog een heel eind kunnen komen zonder radicale technologische innovatie. Maar ook op die terreinen is er behoefte aan economische innovatie (nieuwe business modellen), sociale innovatie (draagvlak, betrokkenheid en initiatief van burgers) en politiek/bestuurlijke innovatie (langjarige zekerheid bieden, belemmerende wet- en regelgeving aanpassen). Bij mobiliteit en hogetemperatuurwarmte is radicale technologische innovatie absoluut essentieel. Bij alle functionaliteiten blijft aandacht voor de uitrol van bestaande CO₂-arme technologieën nodig.

Benodigde innovaties komen niet 'vanzelf'

Innovatie vindt plaats als marktpartijen inschatten dat er geld te verdienen is met nieuwe producten of diensten of wanneer maatschappelijke partijen nieuwe diensten aanbieden waar de samenleving behoefte aan heeft (sociale innovatie). Toch komen niet alle voor de energietransitie benodigde innovaties 'vanzelf' tot stand. Innovatieve *low carbon* oplossingen zijn, zeker in de eerste stadia van ontwikkeling, immers vaak duurder dan al jarenlang gebruikte en geoptimaliseerde technieken die gebaseerd zijn op olie, steenkool of gas. Innovatie kan ook belemmerd worden doordat bedrijven een tekort aan kennis hebben of dat ze oplopen tegen bestaande infrastructuur die niet past bij hun nieuwe dienst of product. Bovendien is het onzeker of bedrijven volledig kunnen profiteren van hun investeringen in onderzoek en ontwikkeling. Als gevolg daarvan zal er minder worden geïnvesteerd in schone energietechnologie dan maatschappelijk gewenst (om de energietransitie te bereiken) en daarmee ook in onderzoek naar en ontwikkeling van deze technologieën.

Bovendien bestaan rond nieuwe oplossingen niet meteen de juiste clusters en vormen van samenwerking die nodig zijn voor een succesvol innovatieproces ('systeemfalen') en bestaat er ook het gevaar dat bestaande marktpartijen niet altijd belang hebben bij een grootschalige transitie en zij nieuwe ontwikkelingen ontmoedigen of zelfs blokkeren. Dat belemmert vooral innovaties met een radicaal karakter.

Dit zijn redenen waarom de overheid een rol dient op te pakken om de benodigde innovaties voor het bereiken van de duurzame energievoorziening te bevorderen. Deze rol wordt in de volgende paragraaf verder uitgewerkt.

Innovatie voor de energievoorziening ‘internationaal’

Internationale ontwikkelingen bepalen mede de context. Er zijn op de internationale energiemarkt *game changers* (olieprijs, schaliegas), die een belangrijke invloed hebben op de *business cases* voor *low carbon* energie. Minstens even belangrijk is dat de menselijke creativiteit om oplossingen te genereren niet aan grenzen gebonden is. “Energy solutions for the twenty-first century will be found in the minds of people around the world. And that resource base is growing”, schrijft energie-analist Daniel Yergin terecht.¹³ Dat betekent dat beleidsmakers rekening moeten houden met ontwikkelingen in andere landen en dat voor onderzoek en innovatie ook internationale samenwerking gezocht moet worden. Op het gebied van grootschalige onderzoeksinfrastructuren, zoals rond kernfusie, wordt al wereldwijd samengewerkt. Bij andere onderwerpen zal van geval tot geval samenwerking tot stand komen tussen verschillende landen. Men kan samenwerken bij onderzoek of ontwikkeling, maar men kan ook aansluiten bij ontwikkelingen in het buitenland door het opzetten van toepassingsgerichte *pilots* (of het creëren van markten) in het ene land voor technieken of innovaties die in eerste instantie zijn ontwikkeld in een ander land. Bij de internationale dimensie van energie-innovatie bieden internationale organisaties als het IEA en IRENA een platform.

Europese Unie

De energievoorziening en het energiebeleid zijn sterk gekleurd door Europese wetgeving en beleid. Zo is de energiemarkt (voor elektriciteit en gas) een gemeenschappelijke Europese markt en heeft de EU (als geheel) zich internationaal gecommitteerd aan ambitieuze doelen waaronder de reductie van de uitstoot van broeikasgassen. Dat is vertaald in het Europese klimaatbeleid met als doelen: 40% reductie van broeikasgassen in 2030 ten opzichte van 1990, 80 tot 95% reductie in 2050. Voor 2020 heeft de EU drie tussendoelen gesteld: 20% reductie van uitstoot van broeikasgassen, een aandeel van 20% van hernieuwbare energie in de totale energievoorziening, en 20% energiebesparing. Om die doelen te bereiken is wetgeving (emissiehandel, hernieuwbare energie, energie-efficiëntie, productnormeringen) vastgesteld en hebben lidstaten verplichtingen op zich genomen, voor de reductie van CO₂-uitstoot, het aandeel hernieuwbare energie en energiebesparing.

Een Europese aanpak is nodig vanwege de impact die energiebeleid en energieprijzen hebben op de concurrentieverhoudingen tussen bedrijven. Zonder gelijk speelveld is het

¹³ D. Yergin, *The Quest. Energy, security and the remaking of the modern world*, Penguin Press, 2011, p. 724.

voor afzonderlijke lidstaten immers moeilijk om besluiten te nemen die de energievoorziening duurder maken en de concurrentiepositie van de eigen (energie-intensieve) bedrijven aantasten.

Vorig jaar heeft de Europese Commissie het plan voor de realisering van Energy Union gepresenteerd.¹⁴ Doelen zijn meer energiezekerheid door diversificatie van bronnen, een geïntegreerde interne energiemarkt, minder emissies, meer efficiëntie en meer onderzoek en innovatie om deze doelen te realiseren. De EU investeert in onderzoek en innovatie. Dit vindt plaats binnen het Europese Horizon 2020 programma en het *Strategic Energy Technology plan* (SET-plan). Binnen het SET-plan zijn 13 thema's vastgesteld (*integrated roadmaps*) die elkaar deels overlappen.¹⁵ De uitvoering van onderzoeks- en innovatieprogramma's vindt plaats in ETIPs (*European Technology and Innovation Platforms*), dit zijn platforms met meerdere stakeholders en met deelname uit meerdere lidstaten. Naast de programma's van de EU is er ook het Eureka-programma van Europese landen (inclusief Rusland) en Canada, Zuid-Afrika, Israël en Zuid-Korea, dat onderzoek en ontwikkeling stimuleert, waarbij energie een van prioriteiten is.¹⁶ Verder hebben de Noordzeelanden (België, Denemarken, Duitsland, Frankrijk, Ierland, Luxemburg, Nederland, Noorwegen, het Verenigd Koninkrijk en Zweden) onlangs een platform opgericht voor samenwerking op energiegebied.

2.2 De rol van de overheid bij energie-innovatie

Waarom een taak voor de overheid?

De overheid heeft een rol bij de bevordering van energie-innovatie, alleen al omdat de uitdaging enorm is. Er is immers door de overheid een duidelijk doel gesteld (CO₂-vrije energievoorziening in 2050) en dat vraagt om een andere energievoorziening. Het is onwaarschijnlijk dat dat doel gerealiseerd wordt zonder duidelijk overheidscommitment en zonder enige regie vanuit publieke waarden. Belangenafwegingen zijn nodig, en dat is een taak van de politiek en de overheid.¹⁷ De energiesector is ten tweede al sterk ingekaderd door vele soorten beleid. Het gevolg is dat de overheid ook de huidige marktverhoudingen sterk bepaalt. De overheid bepaalt door accijnzen, belastingen en CO₂-beprijzing mede de marktprijzen voor elektriciteit, warmte en brandstoffen en daarmee de marktkansen voor de verschillende opties. Daarmee kan de overheid ook ingrijpen om minder milieubelastende, innovatieve oplossingen een grotere kans op de

¹⁴ Europese Commissie, Mededeling van de Commissie, *Een kaderstrategie voor een schokbestendige energie-unie met een toekomstgericht beleid inzake klimaatverandering*, Brussel: 25 februari 2015, COM(2015) 80 final.

¹⁵ De thema's zijn: (1) engaging consumers, (2) smart technology for consumers, (3) efficiency in buildings, (4) efficiency in heating and cooling, (5) efficiency in industry and services, (6) modernizing the grid, (7) energy storage, (8) system flexibility, (10) renewables, (11) CCS/U, (12) nuclear energy en (13) biofuels, hydrogen and fuel cells.

¹⁶ Zie: <http://www.eurekanetwork.org>

¹⁷ Vergelijk Algemene Energieraad (2007), p. 46.

markt te bieden, hetgeen weer nieuwe markten kan creëren. Daarnaast vormen de bestaande wet- en regelgeving en het beleid soms een rem op toepassing van innovatieve energietechnologieën. De overheid is in de positie om die belemmeringen op te ruimen. Ten derde heeft de overheid een taak om kennisontwikkeling, –uitwisseling en benutting te bevorderen. Ook bij een gunstig klimaat voor innovaties in het energiedomein kunnen er nog steeds bepaalde interessante mogelijkheden voor innovatie *niet* opgepikt worden vanuit de ‘markt’. De overheid kan in dit ‘gat’ stappen en die innovatieprocessen aanzwengelen.¹⁸ Ten slotte vraagt systeeminnovatie een brede aanpak. Het ‘energiesysteem’ is complex en bestaat weer uit verschillende deelsystemen, die op hun beurt weer gekoppeld zijn aan de ‘systemen’ van economie en de samenleving; veranderingen in de economie en samenleving hebben impact op wat er van het energiesysteem gevraagd wordt en vice versa. Daarnaast is het zo dat verschillende bronnen (kolen, gas, olie, kernenergie, wind, zon) energie leveren via verschillende infrastructuren (pijpleidingen, netwerken, terminals) waarbij leveringszekerheid cruciaal is. Wijziging van het gehele systeem of deelsystemen vraagt aandacht voor infrastructuur, opslag en wet- en regelgeving, zodat onder andere leveringszekerheid en betrouwbaarheid geborgd blijven. Hierbij is overzicht en coördinatie nodig, waarbij de overheid onmisbaar is.¹⁹

Verschillende rollen voor de overheid

Samenhangend beleid is in ieder geval nodig. Internationale, Europese en bilaterale samenwerking is daarbij cruciaal. Transformaties waarbij nieuwe toepassingen het moeten winnen van bestaande praktijken komen niet vanzelf tot stand. Bij de transitie kan de overheid een rol spelen door bij te dragen aan het toekomstperspectief van bestaande (en nieuwe) spelers die zich kunnen en willen omvormen tot spelers in een *low carbon* economie.

De overheid heeft hierbij zowel een faciliterende als een sturende (‘leidende’) rol, maar daarbij ook een participerende rol.

Een *faciliterende* overheid vergt:

1. een vruchtbaar en toegankelijk klimaat voor innovatie, waarbinnen nieuwe kennis en nieuwe spelers kansen krijgen;²⁰
2. adequate beprijzing van externe negatieve effecten om CO₂-arme en minder schadelijke energieoplossingen kansen op de markt te bieden (marktcreatie);²¹

¹⁸ In de Verenigde Staten ziet de overheid haar rol vooral vanuit dit perspectief: de overheid dient datgene op te pakken dat de markt niet al zelf doet of net zo goed dan wel beter zou kunnen doen, zie: Van den Broek (2016). Vergelijk Algemene Energieraad (2007).

¹⁹ Vergelijk IEA (2013), p. 123.

²⁰ Zie voor een analyse van het algemene innovatiebeleid: Centraal Planbureau (2016).

²¹ Vergelijk: Ministerie van Financiën (2016).

3. langjarige duidelijkheid en daarom ook een breed publiek en politiek draagvlak;²²
4. een overheid die bereid is te investeren in kennisontwikkeling;
5. een overheid die bereid is wet- en regelgeving waar nodig aan te passen, om belemmeringen weg te nemen, dan wel om markten te creëren;²³
6. Europese, internationale en regionale samenwerking omtrent kennis, maar ook bijvoorbeeld standaardisering en normering.

Faciliteren is belangrijk, maar niet voldoende. Omdat het energiesysteem complex is en alle deelsystemen en onderdelen daarvan weer met elkaar samenhangen is de transitie naar een *low carbon* economie en samenleving ook een systeemwijziging. Daarbij geldt dat er vele verschillende technologische opties zijn met hun eigen kansen, effecten en koppelingen naar andere mogelijke ontwikkelingen, waarvan op voorhand niet helder is welke het gaan redden: daardoor zijn marktpartijen eigenlijk niet zelf in staat de richting van de gewenste energievoorziening te kiezen en te doorlopen. Bovendien zijn middelen schaars. Daarom is een meer sturende overheid noodzakelijk. Dit is een overheid die de verantwoordelijkheid neemt om leiding te geven aan de (richting van de) energietransitie. Dat geeft bedrijven, burgers en maatschappelijke partijen meer houvast bij hun beslissingen (meer helderheid betekent minder onzekerheid) en helpt om de schaarse aandacht en middelen te focussen op die terreinen met de meeste potentie.²⁴

Zo'n *leidende* overheid vraagt in aanvulling op het voorafgaande de volgende zaken:²⁵

1. voldoende kennis bij de overheid over het toekomstige energiesysteem, de deelsystemen en een samenhangende visie daarop (waarvoor draagvlak bestaat);
2. bereidheid om te kiezen, en daarmee ook om risico's te nemen maar tegelijk ook leiderschap te tonen;²⁶
3. bereidheid om zo nodig te investeren in uitrol, infrastructuur en netwerken;²⁷
4. commitment voor een langere termijn: de energietransitie en energie-innovatie kosten tijd. De overheid werkt nu vaak met kortlopende budgettering binnen meerjarenramingen die doorgaans een kabinetsperiode bestrijken. Voor energie-innovatie is een langere tijdshorizon nodig;²⁸

²² Vergelijk: Algemene Energieraad (2007) en IEA (2015), p. 17.

²³ Vergelijk IEA (2013), p. 18, IEA (2015), p. 17, en Ministerie van Financiën (2016), p. 61.

²⁴ Chiong Meza (2012).

²⁵ Zie ook het advies van de AWT (2013) (*Waarde creëren uit maatschappelijke uitdagingen*) en M. Camps (2016), 'Onzekere wegen naar welvaart', *ESB*, Jrg. 101 (4725), p. 6-9. Voor een analyse van de meer sturende rol van de overheid bij technologie-ontwikkeling, zie M. Mazzucato (2015), *De ondernemende staat*, Amsterdam: Nieuw Amsterdam Uitgevers.

²⁶ De Algemene Energieraad (2007, p. 52) wijst op het belang van keuzes (prioriteiten stellen), net als de IEA (2013, p. 131) en (2015, p. 155), terwijl het Ministerie van Financiën (2016, p. 61) er terecht op wijst dat 'kiezen' ook kan voorkomen dat er dubbele infrastructuren (met 'dubbele' kosten) aangelegd worden.

²⁷ Vergelijk IEA (2015), p. 17, en Ministerie van Financiën (2016), p. 61.

²⁸ De Topsector Energie (2016) onderstreept ook het belang van dit punt.

5. adaptiviteit en responsiviteit: de overheid moet zich aanpassen aan veranderende omstandigheden, zoals technologische ontwikkeling of het ontbreken daarvan. Bovendien moet de overheid responsief zijn omdat het welslagen van innovaties vaak vraagt om aanpassing van wet- en regelgeving, infrastructuur en/of netwerken.²⁹

Naast de faciliterende en leidende rol *participeert* de overheid zelf actief in de energiesector, onder andere als eigenaar of aandeelhouder van infrastructuur, netwerken en als deelnemer bij de exploitatie van gas, maar ook als afnemer van energie. De overheid kan op verschillende manieren participeren in energie-innovatie:

1. via actief eigenaarschap of actief aandeelhouderschap kan de overheid invloed uitoefenen op de overheidsbedrijven (zoals netbeheerders);
2. via actief afnemerschap kan de overheid optreden als *launching customer*;
3. de overheid participeert als al partner in PPS-constructies en meer in het algemeen binnen de zogenoemde ‘Gouden Driehoek’ waar de overheid, bedrijfsleven en kennisinstellingen samenwerken.³⁰

Een goed innovatiesysteem voor de energievoorziening

Met deze verschillende rollen draagt de overheid bij aan een goed werkend innovatiesysteem voor de energiesector. Een innovatiesysteem wordt wel omschreven als een eco-systeem: het is een ‘habitat’ waarin verschillende soorten (partijen) zich thuis voelen, zich kunnen aanpassen aan veranderende omstandigheden en zo onderling in een evoluerend evenwicht zijn. Een goed werkend innovatiesysteem omvat alle onderdelen van de innovatieketen: fundamenteel onderzoek, toegepast onderzoek, demonstratie, uitrol en implementatie. Bovendien omvat zo’n innovatiesysteem zowel technologische, sociale en economische innovatie. Innovaties komen niet in isolatie tot stand.

Samenwerking tussen de verschillende spelers is nodig. Niet alleen de technologie moet ‘klaar’ zijn, vaak kan deze pas effectief worden toegepast in een netwerk van actoren.

Dat betekent dat zo’n netwerk ook voldoende ontwikkeld moet zijn: niet alleen *Technology Readiness Levels* (TRL) tellen, maar ook het ‘*Network Readiness Level*’.³¹

De overheid kan bijdragen aan een goed ‘innovatiesysteem’ of -klimaat in Nederland voor energie-innovatie. Daarvoor is een aantal zaken nodig. Er moet ruimte, stimulering en enthousiasme zijn voor nieuwe kennis, startups, nieuwe ondernemingen, nieuwe verdienmodellen, nieuwe samenwerkingsvormen. Bestaande bedrijven moeten gestimuleerd worden zich aan te passen en zich te richten op een *low carbon* energievoorziening. Er is aandacht nodig voor zowel efficiëntieverbeteringen en kostenreducties

²⁹ Vergelijk IEA (2015), p. 155-157, en Ministerie van Financiën (2016), p. 60-62. Over een adaptieve sturingsfilosofie in de energiesector zie: Knops *et al.* (2014).

³⁰ Vergelijk AWTI (2016), *Flexibiliseren, differentiëren, scherper kiezen. Balans van de topsectoren 2016*.

³¹ Krijger (2016).

als voor meer radicale innovaties. Er moet volop interactie zijn tussen de verschillende spelers en partijen binnen innovatieprocessen – innovatieprocessen verlopen meestal niet lineair. Partijen moeten elkaar weten te vinden. Zogenaemde *valleys of death*, barrières in een innovatieproces waardoor zo'n proces stopt, bijvoorbeeld, moeten vermeden worden door adequate ondersteuning van de overheid en vooral door perspectieven op nieuwe markten te creëren. Het is verstandig als de overheid een zekere ruimte laat om te experimenteren en zo nodig helpt om markten te creëren, belemmeringen opruimt of bijdraagt aan infrastructuur. Een innovatiesysteem kan goed functioneren als er voldoende instroom van nieuwe ideeën is, men voldoende wordt uitgedaagd en als er ook aansluiting is bij ontwikkelingen in het buitenland. Een goed innovatiesysteem geeft vertrouwen en comfort aan bestaande marktpartijen. Dit is cruciaal want *zij* moeten een omslag maken en *zij* doen de investeringen die terugverdiend moeten worden. Binnen een goed innovatiesysteem kunnen zij participeren en de omslag maken. Een goed energie-innovatiesysteem integreert *bottom-up* ideeën en initiatieven.

De overheid kan bijdragen aan een goed werkend 'innovatiesysteem' voor energie-innovatie door de voorwaarden daarvoor te creëren: een uitstekende kennisbasis, langetermijnperspectieven en zekerheid op basis van weloverwogen keuzes, het geven van de juiste prikkels voor innovatie en daarbij ook het commitment om bij te dragen aan de toepassing en uitrol van nieuwe innovatieve technologie en werkwijzen. Door te leiden, faciliteren en te participeren dus. De volgende paragrafen gaan in op de vraag hoe de overheid dit kan doen. Daartoe volgt eerst een analyse van het bestaande beleid.

2.3 Het huidige beleid

Energie is een 'beleidsrijk' terrein: met allerlei vormen van beleid beïnvloedt de overheid de energievoorziening. Het is van belang om bij al het beleid rondom energie te zoeken naar aanknopingspunten om innovatie te stimuleren. In deze paragraaf wordt een samenvatting gegeven van het huidige beleidspakket in Nederland dat van invloed is of kan zijn op de energietransitie en daarmee ook direct of indirect invloed heeft op energie-*innovatie*:

- (1) het algemene energiebeleid (dat zich onder meer richt op vermindering van CO₂-uitstoot, bevordering van hernieuwbare energie en energiebesparing),
- (2) het algemene innovatiebeleid en
- (3) het beleid dat specifiek gericht is op *energie-innovatie*.

Een uitgebreider overzicht is te vinden in bijlage 2. Daarin is voor een aantal van de belangrijkste instrumenten steeds per instrument beoordeeld wat het effect is of kan zijn

op innovatie. Bovendien worden daar suggesties gedaan hoe die instrumenten sterker tot innovatie zouden kunnen prikkelen.

2.3.1 Algemeen energiebeleid

Het algemene energiebeleid richt zich traditioneel op een betrouwbare, betaalbare en schone energievoorziening. Voor wat dat laatste betreft is dat vertaald in drie concrete doelen op Europees niveau voor 2020: i) 20% minder CO₂-uitstoot, ii) een Europees aandeel van 20% duurzame energie, en iii) 20% energiebesparing. Om deze doelen te bereiken is er Europees en nationaal beleid.

Reductie van de CO₂-uitstoot

Hiervoor geldt een gezamenlijk Europees emissieplafond, dat jaarlijks afneemt. Daarbij is er het ETS (*Emissions Trading System*), een systeem voor Europese handel in emissierechten. Onder dit systeem valt een aantal energie-intensieve sectoren, waaronder de elektriciteitsproductie. Als bedrijven investeren in schonere of efficiëntere technologie, houden ze emissierechten over, die ze kunnen verkopen. Maar de huidige prijs voor emissierechten is zo laag³² dat daar nauwelijks een prikkel voor innovatie in besparing of alternatieven voor fossiele energie vanuit gaat (en al helemaal niet voor radicale innovatie, zeker vanwege de onzekerheid over de langetermijnontwikkeling van de CO₂-prijs).

Vergroting aandeel duurzame energie

De Europese doelstelling van 20% is vertaald in nationale *targets*: voor Nederland is dat 14% hernieuwbare energie in 2020. Het Energieakkoord richt zich hier sterk op.

- ▶ Het belangrijkste financiële instrument is de Stimulering Duurzame Energieproductie (SDE+).³³ Dit geeft een exploitatiesubsidie voor geproduceerde duurzame energie. Het doel is om zo goedkoop mogelijk de 14%-doelstelling voor 2020 te halen. SDE+ prikkelt niet echt tot innovatie doordat de nadruk ligt op stimulering van de nu beschikbare goedkoopste opties in plaats van het potentieel voor de toekomst en doordat het gaat om een exploitatiesubsidie. Een uitzondering is wind-op-zee, waarvoor de stimulering gekoppeld is aan een taakstelling om binnen enkele jaren 40% goedkoper te zijn. Met de SDE+ is veel geld gemoeid: in 2016 kan voor 8 miljard euro aan toekomstige verplichtingen toegekend worden voor nieuwe SDE+ beschikkingen, terwijl de verwachte kasuitgave aan subsidies voor SDE+ en vergelijkbare voorlopers in het jaar 2016 1,2 miljard euro bedraagt.³⁴

³² De prijs voor emissierechten is het resultaat van vraag en aanbod. Het aanbod wordt bepaald door het emissieplafond. Mede door de economische crisis van enkele jaren geleden daalde de vraag naar emissierechten sterk, waardoor de prijs ook kelderde.

³³ Besluit stimulering duurzame energieproductie, geldende versie te vinden via: <http://wetten.overheid.nl/BWBR0022735/>.

³⁴ Zie Kamerstukken TK 2015-2016, 31 239, nr. 208 (brief van de minister van Economische Zaken d.d. 7 december 2015).

- ▶ Voor kleine installaties, zoals warmtepompen, bestaat nog de 'Investeringsubsidie Duurzame Energie' (ISDE)³⁵ waarmee een tegemoetkoming gegeven kan worden voor (de kosten van) kleine apparaten voor de productie van duurzame warmte, aan particulieren en bedrijven. Het maximaal beschikbare budget is 70 miljoen euro op jaarbasis. Deze regeling is gericht op de toepassing van beschikbare technologie en heeft slechts een looptijd tot 2020. Daardoor gaat er niet echt een prikkel tot innovatie van uit.
- ▶ Voor verduurzaming van transportbrandstoffen zijn er ook Europese targets (10% uit hernieuwbare bronnen in 2020), waarbij een klein deel gehaald moet worden met behulp van meer innovatieve biobrandstoffen.³⁶ Bovendien bestaat er een verplichting om de CO₂-prestatie van brandstoffen met 6% te verbeteren ten opzichte van 2010. Deze targets zijn in Nederland vertaald naar oplopende jaarverplichtingen voor brandstofleveranciers. Daar gaat een zekere prikkel tot innovatie van uit en deze wetgeving is voor de overheid kostenneutraal.

Energiebesparing

Hiervoor zijn verschillende instrumenten:

- ▶ Normen voor de energiezuinigheid van nieuwbouw en van apparaten; door deze eisen op te laten lopen in de tijd kan een goede prikkel tot innovatie gecreëerd worden. Bovendien is het kostenneutraal voor de overheid. Een nadeel is dat de (oplopende) normen slechts gelden voor nieuwbouw en nieuwe apparaten; ze laten bestaande bouw en bestaande apparaten ongemoeid.
- ▶ Wetgeving die bedrijven verplicht rendabele energiebesparende maatregelen te nemen; in de praktijk blijkt de handhaving hiervan zwak. Daardoor is het effect beperkt en als er al een innovatieprikkel van uit gaat, is die hoogstens gericht op incrementele innovatie.
- ▶ Convenanten met groepen bedrijven gericht op energiebesparing; ook deze afspraken blijken in de praktijk 'zacht' en daar gaat geen sterk signaal tot innovatie van uit (vergelijk het vorige item).
- ▶ Belastingvoordeel voor energiezuinige bedrijfsmiddelen: deze maatregel zorgt voor de toepassing van bestaande technologieën met een niet al te lange terugverdientijd, waardoor er zeker geen prikkel tot radicale innovatie vanuit gaat, op zijn best een lichte prikkel tot incrementele innovaties.
- ▶ Belastingen op energie (accijnzen op brandstoffen en de energiebelasting die geheven wordt over het verbruik van energie). Energiebelastingen maken

³⁵ Regeling van de Minister van Economische Zaken van 14 december 2015, nr. WJZ/15172584, tot wijziging van de Regeling nationale EZ-subsidies in verband met de invoering van investeringsubsidies voor kleine installaties voor duurzame energieproductie, *Stcrt.* 2015, 46527.

³⁶ Zie EU-richtlijnen 2009/28/EG (*Pb EU* 2009 L 140/16) en 2009/30/EG (*Pb EU* 2009 L 140/88) en richtlijn (EU) 2015/1513 (*Pb EU* 2015 L 239/1).

energiegebruik duurder en vormen daarmee een prikkel tot energiebesparing en energie-innovatie. De energiebelasting is echter degressief: voor de grootste energieverbruikers is ze bijna nihil en vormt ze daardoor eigenlijk geen prikkel tot innovatie. Bovendien is de hoogte van energiebelasting en accijnzen niet gerelateerd aan de milieuschade of CO₂-uitstoot.

2.3.2 Algemeen innovatiebeleid

Het algemene innovatiebeleid stimuleert innovatie in den brede ter versterking van de concurrentiekracht. De belangrijkste instrumenten zijn de WBSO³⁷ en de Innovatiebox, die een tegemoetkoming voor kosten van R&D geven respectievelijk een belastingvoordeel voor de winsten die voortkomen uit een innovatie-inspanning. Voor energie-gerelateerd onderzoek en ontwikkeling levert dit samen ongeveer 115 miljoen euro per jaar aan voordelen voor bedrijven op (WBSO ruim € 90 miljoen en Innovatiebox € 24 miljoen).³⁸ Daarmee vormen de maatregelen zeker een prikkel tot R&D.

Toch zijn er enkele kanttekeningen te plaatsen:

- i) De WBSO stimuleert innovaties die nieuw zijn 'voor het bedrijf' en is niet beperkt tot nieuw voor Nederland of voor de wereld; er is dus *geen* focus op 'koplopers'.
- ii) Het vormt vooral een prikkel voor incrementele innovaties, niet zozeer voor radicale, want hiervoor blijven de risico's vaak toch nog zo groot dat het voordeel van de regelingen er niet tegen opweegt.
- iii) Het is rond energie niet beperkt tot innovaties die de energievoorziening verduurzamen: beide regelingen zijn generiek en gelden net zo goed voor, bijvoorbeeld, R&D rond fossiele energiebronnen.

2.3.3 Specifiek energie-innovatiebeleid

Naast het generieke innovatiebeleid is er in Nederland beleid dat zich specifiek richt op energie-innovatie. Deze instrumenten worden hier behandeld. Het gaat dan om:

Hernieuwbare energieregeling

Dit is een investeringssubsidie voor onderzoek, ontwikkeling en demonstratie van innovaties die ervoor zorgen dat Nederland het doel van 16% hernieuwbare energie in 2023 kosteneffectiever kan bereiken. Het budget voor 2016 is € 50 miljoen. Door de

³⁷ De afkorting WBSO komt oorspronkelijk van de Wet bevordering speur- en ontwikkelingswerk (*Stb.* 1994, 312), die later opgegaan is in de Wet vermindering afdracht loonbelasting en premie voor de volksverzekeringen; de overheid is de afkorting WBSO wel blijven gebruiken voor de betreffende regeling.

³⁸ Bron: Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO), gebaseerd op een analyse door RVO waarbij op aan energie-innovatie gerelateerde zoektermen een selectie van projecten is gemaakt in de WBSO/RDA-database voor 2014.

relatief korte tijdshorizon richt dit instrument zich niet op radicale innovaties, maar op incrementele stappen.

Regeling Demonstratie Energie-innovatie

Dit betreft een investeringssubsidie voor demonstratieprojecten om te bevorderen dat Nederland een soort 'etalage' van energie-innovaties wordt van waaruit Nederlandse bedrijven de sprong naar de buitenlandse markt(en) kunnen maken. Het budget voor 2016 is € 35 miljoen en vanaf 2017 zal het € 50 miljoen worden. Doordat deze regeling de demonstratiefase ondersteunt zal er een indirecte prikkel van uitgaan voor de eerdere fases van onderzoek en ontwikkeling. Ook hier zal het vooral een prikkel tot incrementele innovaties zijn en minder tot het starten van radicale innovatieprocessen.

Topsector Energie

De Topsector Energie (TSE) is een publiek-privaat samenwerkingsverband waarin overheden, bedrijfsleven en kennisinstellingen samenwerken aan innovatie. Ruim duizend bedrijven en kennisinstellingen nemen deel aan innovatieprojecten binnen de Topsector Energie. Binnen de Topsector Energie bestaat een 'Topteam' dat strategische sturing geeft op hoofdlijnen; in het Topteam zijn de samenwerkende partijen (overheid, bedrijfsleven en kennisinstellingen) vertegenwoordigd. Voor vijf specifiek innovatie-domeinen ('thema's') zijn Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI's) opgericht. De TKI's hebben binnen hun thema met bedrijven en kennisinstellingen een gedeelde strategie ontwikkeld. Voor de uitvoering van deze strategie wordt publiek-private samenwerking gestimuleerd om vernieuwende producten en diensten te ontwikkelen en op de markt te brengen en hierover kennis te verspreiden.

Voor de innovatieprogramma's van de Topsector Energie staan de volgende instrumenten specifiek ter beschikking:

- ▶ Geormerkte onderzoeksinspanning bij TNO, ECN en NWO. Een deel van het budget van deze instellingen wordt ingezet voor de programma's van de TKI's. De TKI's kunnen hierop sturen. Het gaat om € 8,9 miljoen (TNO), € 14 miljoen (ECN) en € 21 miljoen (NWO). Ook wordt de meerjarige agenda van de TKI's in samenwerking met TNO, ECN en NWO vormgegeven.
- ▶ De regeling Topsector Energieprojecten: hierbinnen wordt jaarlijks voor circa € 40 miljoen via tenders subsidie gegeven aan vooral onderzoek, ontwikkeling en demonstraties die aansluiten bij de programmering van de TKI's.³⁹ Voor deze regeling kunnen bedrijven zich kwalificeren, maar ook ECN, TNO en wetenschappers in samenwerkingsverbanden met bedrijven.

³⁹ De paragraaf Demonstratie Energie-innovatie en de paragraaf Hernieuwbare Energie maken weliswaar onderdeel uit van de 'regeling Topsector Energieprojecten', maar omdat ze niet specifiek gericht zijn op de programmering van de TKI's van de Topsector Energie worden ze hier los van de Topsector Energie behandeld.

- ▶ De TKI-toeslag van 25% die de TKI's kunnen krijgen op private investeringen in onderzoek op hun thema's. De TKI's kunnen zelf bepalen hoe ze deze toeslag inzetten ten behoeve van publiek-private samenwerkingsprojecten voor onderzoek, ontwikkeling en demonstraties of netwerkactiviteiten. In totaal gaat het voor energie om de ordegrrootte van 5 à 10 miljoen euro per jaar.

Naast deze instrumenten, die specifiek voor de Topsector Energie beschikbaar zijn, maken de bij de Topsector Energie betrokken partijen natuurlijk ook gebruik van andere instrumenten of financieringsmogelijkheden⁴⁰ en wordt er samengewerkt met andere organisaties die bijdragen aan de innovaties rond energie.⁴¹

In de Topsector Energie komen relevante partijen bij elkaar voor verschillende innovatietrajecten. Voor deze innovaties is de Topsector een nuttig instrument. Toch heeft de huidige opzet van de Topsector Energie kenmerken die vooral het oppakken van radicale en systeeminnovaties bemoeilijken (nadere toelichting in bijlage 2),⁴² zoals het PBL eerder ook al duidelijk concludeerde op basis van gesprekken met betrokken experts:⁴³ "Het merendeel van de [geïnterviewde] experts [meent] dat er vrijwel alleen sprake is van incrementele (verbeterende) innovatie in de Topsector Energie en dat de ruimte voor radicaal nieuwe dingen volstrekt onvoldoende is." Dat komt door een aantal factoren:

1. Bedrijven en kennisinstellingen bepalen samen op welke innovatiedomeinen gericht wordt. Sommige bedrijven of kennisinstellingen hebben soms echter geen belang bij bepaalde radicale innovaties als deze niet aansluiten bij hun huidige koers. Ook wordt in een omgeving van bestaande spelers minder gauw een natuurlijke trekker of pleitbezorger gevonden voor het inzetten van schaarse publieke middelen op nieuwe terreinen waar radicale innovaties mogelijk zijn. Voor radicale innovaties is immers een fundamenteel andere kennisbasis nodig en bestaat er vaak nog geen netwerk van belanghebbende stakeholders. Dit kan in de praktijk een belemmering vormen voor het oppakken van radicale innovaties⁴⁴ (hoewel er binnen de tendersystematiek van de Topsector Energie wel door iedere partij een aanvraag kan worden ingediend, ook voor de meest radicale innovaties, maar deze moet dan wel binnen de 'agenda' passen).
2. Privaat geld is een criterium, zowel voor het verkrijgen van TKI-toeslag als voor het behalen van het aan de TKI's opgelegde *overall target* van een verhouding tussen privaat geld en publiek geld van minimaal 40/60. Vooral bij innovaties die zich bevinden in de onderzoeks- en eerste ontwikkelfase zijn private

⁴⁰ Zoals de WBSO, de Innovatiebox, de regeling Demonstratie Energie Innovatie, de Hernieuwbare Energieregeling, internationale subsidies en samenwerkingsverbanden (zoals Horizon 2020, ERAnetten) en regionale subsidies (EFRO, INTERREG).

⁴¹ Zoals KIC InnoEnergy, Kiemt, of Energy Valley.

⁴² Zie ook Van Son (2015). Overigens wordt in het huidige portfolio van de Topsector Energie wel gepoogd een aantal innovaties met een radicaal karakter op te pakken of bij te dragen aan innovaties die als (deel van) systeeminnovaties getypeerd kunnen worden.

⁴³ Vooren, A. van der, en J. Ros (2014), *De Topsector Energie en energie-innovatie. Inzichten van experts uit de 'gouden driehoek'*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving, september 2014, citaat op p. 13.

⁴⁴ Vergelijk: Van der Vooren en Ros (2014), p. 20: "Kleine radicale vernieuwers komen niet aan bod in de Topsector Energie."

investeringen vaak moeilijk te vinden. Daarmee is er in de Topsector Energie een impliciete prikkel om niet voor zulke eerste fasen te kiezen. Doordat radicale innovaties vaak hun startpunt vinden in die eerste fasen, kan deze werkwijze het oppakken van radicale innovaties in de Topsector Energie bemoeilijken.

3. In de instrumentenmix van de Topsector Energie ontbreken instrumenten die de TKI's in staat stellen om een optimaal klimaat te creëren rond (specifieke) radicale innovatieprocessen.
 - TKI's kunnen moeilijk langjarige commitments aangaan vanwege het feit dat budgettoekenning steeds per jaar gebeurt.
 - Subsidies worden verstrekt aan individuele projecten, waarmee er niet altijd een optimaal, samenhangend totaalpakket aan projecten ontstaat om het betreffende innovatieproces doelmatig te laten ontwikkelen. Slechts als voor een totaalpakket van projecten een gebundelde aanvraag wordt ingediend, worden ze in de huidige systematiek als totaalpakket beoordeeld.

Bovendien geldt dat binnen de Topsector de aandacht voor sociale en economische innovaties wat achterblijft. Dit gebeurt nu wel in de TKI's, maar deze aandacht lijkt onvoldoende om te bereiken dat ook buiten het technologisch domein gerealiseerd wordt wat nodig is om innovaties daadwerkelijk breed in de markt uitgerold te krijgen.

2.4 Diagnose: staat van energie-innovatie in Nederland

De doelstelling van een CO₂-vrije energievoorziening in 2050 is uitdagend en dwingend. De innovatie-opgave is groot: (energie-)efficiëntieverbeteringen zijn nodig, zowel van bestaande industriële processen als van technologieën rond duurzame energie. Kostenreducties zijn noodzakelijk omdat duurzame energie nog duur is in vergelijking met fossiele brandstoffen. Meer radicale innovatie en systeeminnovaties zijn nodig niet alleen omdat het huidige energiesysteem gebaseerd is op de technologie en infrastructuur van fossiele brandstoffen, maar ook een groot deel van onze economie. Dat laatste maakt een fundamentele omslag naar een duurzamere energievoorziening en economie nog urgenter. De benodigde energie-innovatie komt niet volledig 'spontaan' vanuit de marktpartijen (en kennisinstellingen). Daarvoor zijn de marktperspectieven te beperkt door de nog grote kostenverschillen tussen fossiel en *low carbon*. Beleid is nodig. Hoe staat het met het beleid rond energie-innovatie in Nederland? We kunnen na het voorafgaande overzicht van het bestaande beleid en op basis van de huidige praktijk de volgende diagnose stellen: Nederland heeft goede kansen om een rol te spelen in de wereldwijde energietransitie met zijn maakindustrie, hightech sector, kennisinstellingen, logistieke infrastructuur, maar deze worden nog niet voldoende benut. Daarvoor zijn drie redenen aan te geven:

- a. Het innovatiesysteem voor energie is niet volledig op orde.** Er is in Nederland weliswaar veel kennis- en technologieontwikkeling, maar deze is vaak nog gefragmenteerd en versnipperd, want verspreid over meerdere kennisinstituten. Er ontbreekt een langjarige visie en daarmee helderheid over de contouren van het gewenste energiesysteem (inclusief deelsystemen) van de toekomst en er mist een langetermijnperspectief voor demonstratie, toepassing en uitrol,⁴⁵ al is het energieakkoord gericht op *uitrol* van duurzame energie. De keten van innovatie mist zo enkele belangrijke schakels, of de aansluiting daartussen hapert;⁴⁶ er is geen klimaat dat toepassing van innovatieve energietechnologie bevordert. Er zijn daarbij mogelijk ook enkele averechtse prikkels, die juist de ontwikkeling van *high carbon* fossiele energie kunnen stimuleren. Consumenten zijn – afgezien van lage temperatuurwarmte - vaak niet betrokken, waardoor sociale innovatie ook moeilijker van de grond komt. Er is nauwelijks beleid dat sociale innovatie stimuleert, al zijn er talrijke initiatieven op lokaal en provinciaal niveau. Er is echter te weinig gecoördineerde ondersteuning om echt verschil te maken.⁴⁷ Aansluiting bij de EU krijgt meer vorm, maar is nog beperkt. Samenwerking met andere landen op het gebied van energie-innovatie is eveneens beperkt.
- b. Er is weinig aandacht voor incrementele innovatie binnen het bestaande beleid.** Er is weliswaar geld voor de uitrol van duurzame energie beschikbaar op basis van het energieakkoord, maar weinig stimulering van ontwikkeling van nieuwe technologie of verbeteringen van bestaande technologieën dan wel manieren van energiebesparing om emissies te beperken. Het Wind-op-zee-programma binnen SDE+ is hier een positieve uitzondering. Hoewel de instrumenten in eerste instantie beogen de emissie van broeikasgassen te verminderen dan wel het gebruik van energie of brandstof te ontmoedigen, zouden die beleidsinstrumenten ook andere, subsidiaire doelen (innovatie) kunnen dienen. Zowel SDE+ als ETS en het belastingstelsel kunnen omgevormd worden opdat ze innovatie, efficiëntieverbeteringen en kostenreducties meer en beter stimuleren. Het stimuleren van innovatie zou expliciet als doel toegevoegd moeten worden in het algemene energiebeleid.⁴⁸ Dat kan zorgen voor een extra stimulans voor veelal incrementele innovatie in de energiesector.
- c. Radicale innovatie wordt in Nederland (te) weinig gestimuleerd.** Binnen het beleid dat gebaseerd is op de EU-richtlijnen zijn weinig prikkels te vinden voor een echt vernieuwende aanpak of technologie, al gaat van het Europese brandstoffen-

⁴⁵ Zo constateren ook Van der Vooren en Ros (2014, p. 15-17) en Schoots en Hammingh (2015), p. 9 en p. 200 en verder.

⁴⁶ Zo constateerden ook het PBL & ECN (2013) en Schoots en Hammingh (2015), p. 9.

⁴⁷ Schoots en Hammingh (2015, p. 219 e.v.) illustreren dit aan de hand van de casus 'bio-energie'.

⁴⁸ Planbureau voor de Leefomgeving (2016, p. 13) bepleit dit ook als het 'verbinden van innovatie en implementatie'.

beleid wel een zekere stimulans uit om echt geavanceerde *low carbon* brandstoffen te ontwikkelen. De DEI en de Topsector Energie zijn beide te weinig toegerust om radicale (systeem)veranderingen teweeg te brengen.⁴⁹ De Topsector Energie werkt vooral met kortetermijnprojecten en beperkte financiering. Er is geen zicht op meerjarenfinanciering, laat staan op de ontwikkeling en uitrol van echt nieuwe toepassingen. Daardoor is de Topsector Energie vooral gericht op incrementele efficiëntieverbeteringen. Er is geen rijksbrede agenda die radicale innovatie bevordert en mede daardoor komen bepaalde op zich veelbelovende opties niet aan bod.⁵⁰ In Nederland is ook relatief weinig geld beschikbaar voor radicale energie-innovatie: binnen de groep OESO-landen hoort Nederland tot de achterblijvers qua publieke financiering van energiegerelateerde RD&D.⁵¹

Kortom, een meer ambitieuze en meer samenhangende aanpak is nodig. Een aanpak die langjarige zekerheid biedt, krachten bundelt, kennis en ervaring bundelt en meer gericht is op het realiseren van radicale innovatie.

2.5 Contouren van een nieuw beleid voor energie-innovatie

Het moge uit het voorgaande duidelijk zijn dat er ruimte is voor verbeteringen in het beleid dat energie-innovatie beïnvloedt. In deze paragraaf schetsen we de contouren daarvan. Daarbij kan Nederland leren van de ervaringen in het buitenland. Mede daarom hebben we uitgebreider gekeken naar de aanpak in een aantal landen: de Verenigde Staten, Duitsland, Denemarken en China. Daarbij is vooral gekeken naar de stimulering van radicale innovatie en de ontwikkeling van nieuwe technologie. De bevindingen staan per land beschreven in bijlage 3. De belangrijkste lessen zijn samengevat in het onderstaande tekstkader.

Van andere landen valt te leren

Duitsland, Denemarken, de Verenigde Staten en China hebben innovatieprogramma's voor de energievoorziening geïmplementeerd. Daarbij is rol van de overheid verschillend. Interessant is dat zowel in Duitsland als in de Verenigde Staten de overheid zelf in een aantal gevallen de leiding neemt: in beide landen stelt de overheid zelf de *calls* op voor de te subsidiëren energieprojecten, terwijl in de Verenigde Staten de *Secretary of Energy* beslist over de instelling van een grootschalige *Energy Innovation Hub* en in Duitsland het federale energieministerie grote invloed heeft op de strategie van de Helmholtz centra. Qua sturing is er in de Verenigde Staten een combinatie van open

⁴⁹ Van der Vooren en Ros (2014) en ook: Van Son (2015).

⁵⁰ Schoots en Hammingh (2015), p. 200.

⁵¹ Zie paragraaf 2.8 en bijlage 4; zie voor een uitgebreide analyse van de Nederlandse uitgaven aan energie-RD&D hoofdstuk 6 van Schoots en Hammingh (2015).

competitie en probleemgerichte sturing. Duitsland relateert het energie-innovatiebeleid sterk aan een visie op het toekomstige energiesysteem. Van Duitsland valt te leren dat grootschalige programma's via een 'dialogue' kunnen worden opgezet. Er is dan wel een concrete vertaling nodig van de te behalen resultaten zodat vooraf duidelijk is wat er moet worden bereikt binnen het programma. Daarnaast blijkt uit deze landen dat het via een competitie toekennen van projecten een nuttig instrument kan zijn voor energie-innovatie, waarbij deze *calls* natuurlijk wel goed moeten passen binnen uiteindelijke doelen die men met die energie-innovatie tracht te bereiken. De Deense overheid committeert zich aan opschalingen en verbeteringen, en richt zich zo op de hele innovatieketen. De Chinese overheid faciliteert innovatie door zelf te investeren en door garanties voor marktpartijen. Er is daarnaast veel nadruk op experimenteren, op pilots en op sociale innovatie.

Om innovatie te bevorderen is een duidelijke visie nodig. Daarbij gaat het om een visie op het 'innovatiesysteem' voor energie maar vooral om een visie op een duurzame energievoorziening voor Nederland.⁵² Binnen de visie op het innovatiesysteem moet er aandacht zijn voor incrementele en voor radicale innovatie, op technologisch, sociaal, economisch en bestuurlijk domein. Dit is beschreven aan het eind van paragraaf 2.2.

Zoals ook uit het beleid van Duitsland en Denemarken blijkt, is het belangrijk dat er bij de overheid een duidelijke visie bestaat op de energievoorziening van de toekomst.⁵³ Een visie die ook maatschappelijk draagvlak kent, zodat er een stabiele basis is, zowel voor het beleid als voor investeringsbeslissingen. Zo'n visie helpt ook om te bepalen waar niet of minder in geïnvesteerd wordt. Zo heeft Duitsland bijvoorbeeld besloten dat er voor kernenergie (kernsplijting) geen plaats is in hun energiesysteem van de toekomst; het ligt dan ook voor de hand om onderzoek daarnaar niet meer, of slechts zeer beperkt vanuit de Duitse overheid te stimuleren.

Een visie op het toekomstige energiesysteem moet aansluiten bij de kwaliteiten (bedrijven, kennis, geografische ligging) van Nederland.⁵⁴ Maar daarnaast is het vanwege aansluiting van netwerken, internationaal gedeelde opslag en infrastructuur raadzaam om niet te veel af te wijken van de visie op het energiesysteem van ons omringende landen en in het bijzonder Duitsland. Dat geldt met name voor elektriciteit (nu een relatief kleine functionaliteit, maar wel groeiend) en voor mobiliteit. Flexibiliteit en het functioneren van de netwerken, opslag en de aansluiting van de verschillende bronopties op elkaar, zou onderdeel moeten zijn van die visie. Een visie is overigens geen exacte blauwdruk.⁵⁵ Dat

⁵² Dit wordt ook breed gedragen door de in Van der Vooren & Ros (2014) geïnterviewde experts.

⁵³ Vergelijk Ros (2015), p. 6, Schoots en Hammingh (2015), p. 9 en p. 200 e.v., en IEA (2015), p. 17, die allen hetzelfde bepleiten.

⁵⁴ IEA (2015), p. 155.

⁵⁵ Ros (2015), p. 6 e.v..

is onmogelijk. Wel laat zo'n visie de richtingen zien waarin gedacht wordt (en waar de voorkeuren liggen) en hoe de samenhangen in het energiesysteem zullen zijn. Als men voorziet dat elektriciteit een overheersende rol gaat spelen binnen de energievoorziening is vervolgens de vraag aan de orde hoe die elektriciteit zo duurzaam mogelijk opgewekt kan worden. Als de toekomstige energievoorziening op andere energiedragers zal steunen, dringen zich weer andere uitdagingen op. Heeft het energiesysteem van de toekomst vooral een centraal of juist decentraal karakter, of een combinatie daarvan? De gevraagde visie kleurt dit soort aspecten in. Daarbij zullen soms nu al keuzes gemaakt worden;⁵⁶ indien dat nog niet mogelijk (of nodig) is, is het wel verstandig alvast duidelijkheid te geven over de te zijner tijd te hanteren criteria – dit maakt het beleid voorspelbaarder en consistent en dat helpt private partijen weer bij hun beslissingen.

De heldere visie op het (duurzame) energiesysteem van de toekomst zal een belangrijk richtinggevend uitgangspunt zijn bij de invulling van het beleid voor energie-innovatie. Dit beleid zal op drie pijlers moeten steunen. Allereerst zal er gezorgd moeten worden voor een goed ecosysteem voor (energie)innovatie. De basisvoorwaarden voor succesvolle innovatieprocessen rond energie moeten er zijn. Ten tweede moet er meer aandacht komen voor innovatieprikkeling in het *algemene* energiebeleid. Ten derde zal in aanvulling hierop nog gericht beleid nodig zijn om een aantal doorbraken te bereiken. Het gaat dan om innovatieprocessen die niet van de grond komen op basis van de eerdere twee pijlers, maar die wel interessant genoeg (kunnen) zijn voor Nederland om een gerichte inzet rechtvaardigen. Deze drie pijlers tezamen vormen een brede, adaptieve portefeuillebenadering van energie-innovatie, waarvoor recent ook gepleit is door een interdepartementale commissie.⁵⁷

Hieronder worden deze drie pijlers uitgewerkt.

1. Een goed klimaat voor (energie)innovatie:

Het ideale innovatiesysteem voor energie-innovatie is beschreven in paragraaf 2.2. Om de huidige praktijk en netwerken rond energie-innovatie te verbeteren is in de eerste innovatiefasen meer dynamiek nodig, maar ook rond de demonstratiefase stopt het proces soms. Dat vereist aandacht. Bovendien kan de aansluiting tussen de verschillende fasen in een innovatieproces beter. Verzeker bijvoorbeeld dat bedrijven bereid zijn om ontwikkelde kennis door te ontwikkelen, en zorg voor marktcreatie voor innovaties. Daarnaast is beleid nodig dat versnippering van kennis voorkomt en dat sociale en economische innovatie verbindt met technologische innovatie; heb

⁵⁶ Ros (2015), p. 8-10, beschrijft drie belangrijke 'afwegingen' waarvoor een keuze gemaakt moeten worden.

⁵⁷ Ministerie van Financiën (2016).

bijvoorbeeld ook aandacht voor de ontwikkeling van de juiste netwerken ('samenwerking') van bedrijven en andere partijen om innovaties daadwerkelijk succesvol toe te passen.⁵⁸

De overheid kan bijdragen aan een goed werkend 'innovatiesysteem' voor energie-innovatie door de voorwaarden daarvoor te creëren: een uitstekende kennisbasis, langetermijnperspectieven en zekerheid, het geven van de juiste prikkels voor innovatie en daarbij ook het commitment om bij te dragen aan de toepassing en uitrol van nieuwe innovatieve technologie en werkwijzen.

2. Het bestaande energiebeleid meer richten op innovatie

Er kan al veel bereikt worden door de huidige beleidsinstrumenten aan te passen en ze met enkele ingrepen méér te richten op het (ook) prikkelen van innovatie.⁵⁹ Deze maatregelen zijn voor de overheid kostenneutraal te organiseren.⁶⁰ Zo kan op relatief eenvoudige wijze energie-innovatie sterker bevorderd worden dan nu het geval is. Doeltreffende manieren om energie-innovatie te stimuleren zijn:

- ▶ Adequate beprijzing van externe effecten van niet-duurzame bronnen en CO₂-uitstoot.⁶¹ Voor de ETS-sectoren kan dat door aanpassing van het ETS. Dit creëert meer zekerheid en marktkansen voor innovaties die CO₂-uitstoot beperken. Zolang de prijs onder dat niveau blijft, zijn aanvullende maatregelen op nationaal niveau te overwegen (bijvoorbeeld een minimumprijs voor CO₂ invoeren, zoals in het Verenigd Koninkrijk gedaan is en nu voorzien wordt in Frankrijk, of rechten aankopen bij sluiting van kolencentrales). Daarnaast kan de overheid wijzigingen aanbrengen in de energiebelastingen, zodanig dat CO₂-uitstoot hoger belast en schone of *low carbon* energie niet of minder belast wordt. Zo worden markten gecreëerd voor duurzame energie en energiebesparing. Daarbij liggen de kansen vooral bij de energievoorziening van huishoudens. Bedrijven hebben immers te maken met internationale concurrentie en een eenzijdige substantiële verhoging van de belastingdruk verstoort het *level playing field*.
- ▶ Ondersteuning van bedrijven door het terugsluizen van de opbrengsten van de ETS-veilingen naar bedrijven onder voorwaarde dat geïnvesteerd wordt in energie-efficiëntie of *low carbon* technologie;

⁵⁸ Zie Krijger (2016).

⁵⁹ PBL (2016) ziet in dit 'verbinden van innovatie en implementatie' de sleutel liggen van een succesvol transitiebeleid; ook het Ministerie van Financiën (2016) pleit ervoor om 'klimaatinnovatie' meer als zodanig te stimuleren – het huidige algemene energie- en klimaatbeleid zijn waarschijnlijk niet voldoende.

⁶⁰ Deze maatregelen zouden géén (publiek) geld hoeven te kosten (bijvoorbeeld door normstelling) dan wel zouden de benodigde fondsen gevonden kunnen worden door bestaande geldstromen voor een deel om te buigen (bijvoorbeeld door een klein deel van het totale budget dat beschikbaar is voor SDE+ om te buigen richting innovatie of door het terugsluizen van veilingopbrengsten van emissierechten ten behoeve van innovatie).

⁶¹ In dezelfde zin: Ministerie van Financiën (2016).

- ▶ Het stellen van oplopende efficiëntie-eisen bij de uitrol van duurzame energie (bijvoorbeeld onder de SDE+) en het meer afstemmen van de subsidies op kostenreducties en de te doorlopen leercurves (zoals bij Wind op Zee al voor een deel gebeurt).
- ▶ Voortschrijdende normstelling: dit is een zeer effectief middel en de kosten die ermee gemoeid zijn, vallen in beginsel buiten het overheidsbudget; waar het producten of diensten betreft, moeten zulke normen eigenlijk via de EU opgelegd worden. Te denken valt wel aan normen voor de uitstoot van CO₂ voor bijvoorbeeld kolencentrales.

Werk maken van deze stimulansen voor efficiëntieverbeteringen en kostenreducties is urgent: er is veel winst te behalen in termen van vermeden CO₂-uitstoot, maar een sterkere focus op innovatie draagt ook zeker bij aan een beter innovatiesysteem en -klimaat. Er is immers een voortdurende extra prikkel om efficiëntie te verhogen en te zoeken naar innovatieve oplossingen. Deze prikkels tot energie-innovatie zullen naar verwachting vooral effectief zijn om incrementele innovaties te bevorderen, al kunnen bij hogere CO₂-prijzen ook meer radicale vernieuwingen betaalbaar worden.

3. Gericht beleid om te zorgen voor doorbraken rond energie-innovatie (radicale innovatie)

Het doel van een duurzame energievoorziening in 2050 is zo ambitieus dat niet alleen efficiëntieverbeteringen en kostenreducties nodig zijn, maar ook een aantal (andere) grote doorbraken. Binnen de wereldwijde zoektocht naar zulke doorbraken kan Nederland zeker een rol vervullen. Dat vereist wel dat de overheid leiderschap toont zodanig dat de hiervoor in te zetten publieke middelen zo goed mogelijk renderen (en ook de private middelen daar zo effectief mogelijk op aansluiten).

Om een aantal van zulke doorbraken te kunnen realiseren is er specifiek beleid nodig gericht op energie-innovatie.⁶² Aan de ene kant zijn er samenhangende, langjarige innovatieprogramma's nodig die bijdragen aan veelal radicale innovaties die cruciaal zijn voor de vorming van een nieuw (duurzaam) energiesysteem.⁶³ Bij de keuze van de onderwerpen voor die programma's zal aangesloten moeten worden bij de visie op het toekomstige energiesysteem. De overheid is de partij die – in samenwerking met het bedrijfsleven, kennisinstellingen en andere betrokkenen - bij zulke programma's een beperkte selectie moet maken van thema's die voor Nederland het meest interessant zijn en – daarbinnen – de concrete innovatieopgaven die het meest kansrijk zijn voor Nederland. Hierop moet de aandacht gefocust worden. Dit keuzeproces wordt hieronder toegelicht. Aan de andere kant is het essentieel om ook een meer open programma te

⁶² Zie ook: PBL en ECN (2013), p. 8 en 38.

⁶³ Vergelijk IEA (2013, p. 136): "[G]overnments should facilitate the emergence of disruptive, 'game changing' technologies."

hebben waarin ruimte gegeven wordt aan het uitwerken van enkele *high impact/high risk* projecten. Deze vrijheid is belangrijk, want veel is nog onzeker over hoe onze energievoorziening en economie zich gaan ontwikkelen en dan is diversiteit nuttig.⁶⁴

Deze gerichte stimulering van energie-innovatie wordt hierna verder uitgewerkt: hoe moet de overheid gericht radicale innovatie stimuleren en hoe moet ze daarbij keuzes maken? Daarbij heeft het beleid uit andere landen (zie vorige paragraaf) als een bron van inspiratie gediend.

2.6 Hoe kan de overheid radicale innovatie stimuleren?

De overheid kan radicale innovatie sturen door innovatieprogramma's. Zeker als het gaat om grootschalige programma's – die bij energie zeker aan de orde zullen zijn⁶⁵ – zijn grote private en publieke investeringen nodig. De vraag is daarbij of de overheid zelf moet kiezen welke radicale innovatie of welke energieoplossingen een kans moeten krijgen. Het antwoord is zowel 'ja' als 'nee'. Ja, de overheid moet kiezen omdat focus noodzakelijk is. Nederland moet een gerichte bijdrage leveren aan de energietransitie, een bijdrage die past bij onze geografische omstandigheden, onze economie, kennis en infrastructuur. Daar is het potentieel het grootst. De inzet van de publieke middelen is daar dan ook het meest verantwoord.⁶⁶ Daarvoor zijn gerichte ofwel missiegedreven innovatieprogramma's nodig. Deze worden hieronder verder uitgewerkt.

Maar aan kiezen en missies zijn ook risico's verbonden: de keuze kan verkeerd uitpakken, bijvoorbeeld door een verandering van externe omstandigheden of doordat de ontwikkeling van de technologie toch niet succesvol blijkt te zijn. Daarnaast is er gewoon nog veel onzeker. Juist vanwege die onzekerheid over de omgeving en de ontwikkeling van toekomstige technologie moet de overheid niet alle kaarten zetten op een beperkt aantal programma's gericht op enkele specifieke doorbraken, maar ook ruimte (blijven) bieden aan nieuwe onverwachte ideeën en oplossingen. Het is met andere woorden, rationeel om voor een deel ook niet te kiezen en in die zin alle opties open te houden. Een open benadering draagt zeker ook bij aan het innovatiesysteem en -klimaat. De open benadering kan vorm krijgen binnen een programma gericht op *high impact/high risk* projecten. Dit wordt hieronder eerst uitgewerkt.

High impact/high risk programma's

Veel landen werken met een vorm van open competitie voor onderzoek en innovatie. Ook Nederland zou dat kunnen doen. Nederland zou zich ten doel kunnen stellen per jaar minimaal tien nieuwe *high impact/high risk* projecten te steunen, die een looptijd hebben

⁶⁴ Van Son (2015).

⁶⁵ Naast grootschalige programma's gericht op enkele grote doorbraken zijn ook kleinere, meer gerichte programma's denkbaar.

⁶⁶ Zie ook: Algemene Energieraad (2007), p. 52, en IEA (2015), p. 155.

van twee tot vijf jaar. Binnen een *high impact/high risk* project gaat het er om een eerste idee verder uit te werken en de haalbaarheid nader te onderzoeken. Dat kunnen technologische vernieuwingen zijn, maar zeker ook projecten die vooral sociale innovatie beogen. Te verwachten valt dat de meeste ideeën of projecten uiteindelijk niet (helemaal) succesvol zijn. Maar de kans bestaat dat enkele projecten de basis zullen zijn voor verdere ontwikkeling en uitvoering. Uiteraard kan ook van projecten die niet succesvol zijn worden geleerd, en ze kunnen tot resultaten te leiden die van toepassing blijken te zijn buiten de energiesector. Een deel van de projectfinanciering kan worden toegewezen op basis van prijsvragen ('verzin een oplossing voor probleem x'). Een ander deel kan op basis van een volledig open competitie plaatsvinden. Selectiecriteria kunnen dan zijn:

- ▶ Potentiële bijdrage aan CO₂-reductie (maak ook een schatting van de kosten per vermeden CO₂-uitstoot).
- ▶ Technische haalbaarheid voldoende beargumenteerd.
- ▶ Er is een meerwaarde: geen herhaling van wat al in het buitenland gebeurt of is gebeurd.

Van belang is dat de overheid hier, zeker voor het vrije gedeelte, niet zelf kiest en 'top-down' oplegt, maar ervoor zorgt dat via een open competitie de beste ideeën een kans krijgen voor verdere ontwikkeling (ruimte voor 'bottom-up'). De selectie moet dan gemaakt worden door een team van deskundigen. In het gedeelte dat via prijsvragen verdeeld wordt, is iets meer ruimte voor sturing (namelijk via de formulering van de vraag), maar zou maximale ruimte moeten bestaan voor de (aard van de) oplossingen, zodat ook hier de creativiteit maximaal gestimuleerd wordt.

Missiegedreven innovatieprogramma's

Een missiegedreven innovatieprogramma is een samenwerkingsverband van kennisinstellingen, de overheid en bedrijven dat zich richt op samenhangende projecten met een missie op het gebied van uitwerking, doorontwikkeling, demonstratie en implementatie van een technologie- of systeeminnovatie. Sociale en economische innovatie maken deel uit van het programma, mogelijk via betrokkenheid van maatschappelijke partijen. Deze vormen van innovatie zijn in de praktijk namelijk vaak cruciaal om tot daadwerkelijke grootschalige toepassing in de praktijk te komen. Voor missiegedreven innovatie is langetermijnfinanciering nodig. Belangrijk is dat de overheid en de andere relevante partijen zich committeren om bij veelbelovende innovatie ook door te pakken, en de technologie of systeemkennis te benutten en gebruiken. Dat betekent dat de overheid bereid moet zijn zo nodig bij te dragen aan de uitrol, marktcreatie en/of infrastructuur.

Nederland zou zich ten doel moeten stellen om zo'n zes goedgekozen missiegedreven innovatieprogramma's op te stellen, en zich moeten committeren voor de hele

ontwikkelingsfase, inclusief uitrol en zo nodig bijdragen aan de benodigde infrastructuur en/of marktcreatie.

Kenmerken missiegedreven innovatieprogramma:

De missiegedreven innovatieprogramma's zijn langjarig en hebben een duidelijke doelstelling. Ze bestaan uit sterk samenhangende projecten die gezamenlijk tot de realisatie van de missie moeten leiden en hebben enkele gemeenschappelijke kenmerken:

a. adequate aansturing

- ▶ door een multidisciplinair team van (internationale) deskundigen, met participatie van de overheid, op basis van een agenda die gedeeltelijk *bottom-up* tot stand komt (kennisinstellingen, bedrijven, gebruikers, maatschappelijke organisaties hebben inbreng in de agenda);
- ▶ samenhang binnen het programma: het programma heeft een duidelijke focus en de afzonderlijke projecten worden daar planmatig van afgeleid en zijn daardoor met elkaar verbonden, en die verbindingen worden binnen het programma ook gelegd, waarbij sociale en economische innovatie worden meegenomen;⁶⁷
- ▶ verbinding met andere missiegedreven programma's en relevant beleid wordt actief gezocht;

b. duidelijke doelstellingen en monitoring voortgang

- ▶ duidelijke doelstellingen, gerelateerd aan het energiesysteem van de toekomst en CO₂-reductie, alsmede doelstellingen die het verdienpotentieel betreffen;
- ▶ een meerjarenprogramma: langjarige duidelijkheid, maar ook langjarige planning met oog voor de goede afstemming tussen de verschillende fasen in het innovatieproces;
- ▶ adequate monitoring van resultaten in relatie tot de doelstelling en planning en jaarlijkse rapportage;
- ▶ Een 'stop of ga door' procedure: onderdelen van het programma die na een redelijke tijd niet werken of niet bijdragen aan het realiseren van de doelstelling kunnen gestopt worden;

⁶⁷ De voorgestelde programma's zijn dus duidelijk iets anders dan een projectenportfolio met een overkoepelend thema (waarin ruimte is voor allerlei verschillende innovatieprocessen en waarbij tussen de projecten niet per se samenhang bestaat), wat de aanpak van het Duitse federale ministerie BMWi voor economie en energie lijkt te zijn (zie BMWi, 2014). Ook de 'meerjarige programma's' die de Topsector Energie (2016, p. 4) suggereert, lijken van het brede paraplu-type – dat is dus iets anders dan de AWTI nu voorstelt. De focus van de door de AWTI voorgestelde programma's ligt meer op het niveau van wat de Topsector Energie (2016) 'programmaliijnen' noemt. De planmatige aanpak van onze meerjarenprogramma's lijkt op de *Energy Innovation Hubs* in de VS.

c. werkwijze

- ▶ internationale oriëntatie: samenwerking met buitenlandse partners, participatie in Europese programma's;
- ▶ duidelijke spelregels en financieringsuitgangspunten: hoe meer experimenteel de projecten, hoe groter de publieke bijdrage; hoe meer gericht op toepassing en implementatie, hoe groter de private bijdrage;
- ▶ interactie met gebruikers, consumenten;
- ▶ open voor participatie van belangstellende bedrijven en kennisinstellingen;
- ▶ waar zinvol werken met experimenten en pilots;

d. commitment gedurende het hele traject

- ▶ commitment voor wat betreft de uitrol en implementatie: bedrijven die bereid zijn te investeren en een overheid (landelijk, of provinciaal, lokaal) die bereid is om belemmeringen weg te nemen en om te investeren in infrastructuur als dat nodig is voor een vervolgstap. Daarvoor is reservering van middelen nodig.

Naast deze overeenkomsten zullen er uiteraard ook verschillen zijn tussen de individuele programma's: sommige programma's vereisen bijvoorbeeld nauwe samenwerking en interactie met gebruikers, andere minder. Sommige zullen vooral gericht zijn op technologieontwikkeling, andere minder.

Inbedding en governance energie-innovatie: Task force energie-innovatie

Voor het succes van deze gerichte programma's voor energie-innovatie is een goede aansturing essentieel. Dit kan door middel van een *task force*, waarbij de overheid, kennisinstellingen en bedrijven betrokken zijn, met daarbij vertegenwoordigers van maatschappelijke organisaties. De missiegedreven programma's en de *high impact/high risk* programma's kunnen zo onder één bestuurlijk dak ondergebracht worden om versnippering en fragmentatie te voorkomen en synergie te bevorderen.

Kenmerken Task force energie-innovatie

De overheid heeft bij de Task force energie-innovatie een meer leidende rol dan nu binnen de Topsector energie. Daarvoor bestaan de volgende redenen: (a) de 2050-ambitie komt van de overheid, (b) de te maken keuzes zijn een politieke keuze (wat doe je wel/wat doe je niet; er is samenhang met de visie op het energiesysteem van de toekomst), (c) het gaat om inzet van substantiële publieke middelen, en (d) er zijn ook consequentie aan verbonden voor de overheid doordat deze zich committeert om de innovatie te helpen uitrollen (o.a. infrastructuur aanleggen).

De Task force bestaat verder uit deskundigen en betrokkenen uit binnen- en buitenland die gezamenlijk het veld overzien en in staat zijn besluiten te nemen. De overheid is er

verantwoordelijk voor dat er thema's gekozen worden voor de missiegedreven innovatieprogramma's (zie volgende paragraaf).⁶⁸ De Task force als geheel is verantwoordelijk voor de sturing/coördinatie van het *high impact/high risk* programma en van de missiegedreven programma's. De Task force bewaakt de samenhang en de voortgang (wel/niet stoppen) en zorgt voor heldere criteria/regels voor het programma-management *binnen* de missiegedreven programma's en monitort dat deze worden nageleefd. De Task force zorgt ook voor internationale inbreng en samenwerking. Ten eerste mede om te bewaken dat er gefocust wordt op die gebieden waar Nederland daadwerkelijk een koploper is of kan worden. Ten tweede omdat samenwerking met buitenlandse partijen het innovatieproces sneller doet verlopen. Bovendien zorgt de Task force voor een goede verbinding met universiteiten en kennisinstellingen, bijvoorbeeld via de Nationale Wetenschapsagenda. De Task force energie-innovatie legt jaarlijks verantwoording af aan de Minister van Economische Zaken en die van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap.

De missiegedreven programma's zelf en het *high impact/high risk* programma kennen hun eigen programmabureau en interne organisatie. De agenda's binnen de programma's komen vooral *bottom-up* tot stand. De Task force bewaakt en bevordert de samenhang vanuit een heldere langetermijnvisie en doelstelling.

Task force energie-innovatie en de Topsector Energie

De 'Task force energie-innovatie' kan voortbouwen op hetgeen bereikt is in de Topsector Energie, en de samenwerking tussen kennisinstellingen en bedrijven waar nodig verder uitbouwen. Er zijn echter belangrijke verschillen tussen enerzijds de missiegedreven programma's en het *high impact/high risk* programma en anderzijds de huidige opzet van de Topsector Energie. Waar de Topsector Energie sterk is in een brede waaier van technologische projecten op korte termijn die zich vooral aan het eind van de innovatieketen bevinden en met beperkte financiering, moet de Task force energie-innovatie zich richten op innovatieprocessen met een langere tijdhorizon met een specifieke missie en daarbij juist ook aandacht besteden aan de sociale en economische innovatie die nodig is. Dat leidt tot de vraag hoe de Topsector Energie met zijn aansturing door een 'Topteam' zich verhoudt tot de programma's gericht op radicale innovatie met aansturing door de Task force energie-innovatie.

Een eerste optie hierbij is dat de Topsector en de programma's voor radicale innovatie naast elkaar bestaan, ieder met hun eigen focus, karakter en aansturing (door Topteam respectievelijk Task force). Een nadeel hiervan is dat kennis en ervaring versnipperd kunnen blijven. Een tweede optie is het onder één paraplu brengen van de Topsector

⁶⁸ Zie ook: Algemene Energieraad (2007) en IEA (2015), p. 155.

Energie en de programma's voor radicale energie-innovatie. Beide kunnen dan aangestuurd worden door de Task force energie-innovatie. Dit kan bereikt worden door de huidige Topsector Energie bestuurlijk te laten doorgroeien tot een organisatie die de kenmerken bezit van de hierboven beschreven Task force energie-innovatie en die ook de beschreven programma's voor radicale innovatie kan accommoderen. Bij deze laatste optie zal er ruimte moeten zijn voor differentiatie tussen enerzijds incrementele innovatie (voortzetting van de huidige Topsector Energie) en anderzijds programma's voor radicale innovatie (hierboven beschreven). Rond radicale innovatie zullen in ieder geval de beperkingen die nu inherent zijn aan de topsectorenaanpak (met name de kortdurende financiering) moeten worden opgeheven.⁶⁹ Bovendien zijn een meer leidende rol voor de overheid en een sterkere internationale inbreng nodig.

2.7 Kiezen voor focus: een afwegingskader

Een tweeledig afwegingskader is nodig.

Innovatieprogramma's worden niet opgetuigd voor een kortdurende periode, ze kosten geld en vereisen commitment. Daarom is het belangrijk om goed te kiezen. Eerder adviseerde de Algemene Energieraad al om een 'strategische agenda' voor de stimulering van energie-innovatie op te stellen waarbij die agenda zou moeten leiden tot een 'sterke reductie van het aantal technologieën waarin Nederland in de toekomst gaat investeren.'⁷⁰ Meer focus en een duidelijkere doelstelling zal de resultaatgerichtheid vergroten en daarmee het ontwikkelingsproces versnellen. Ook het Internationaal Energieagentschap (IEA) wijst op het belang van *priority setting* en betoogt dat het raadzaam is om daarvoor een gestructureerde analyse en helder proces te hebben; zo niet, dan mist het beleid coherentie en wordt het minder effectief.⁷¹

Hiervoor gaven we al aan dat de overheid ervoor verantwoordelijk zou moeten zijn dat er thema's gekozen worden voor de missiegedreven innovatieprogramma's en dat zich dat vervolgens vertaalt in een zekere focus op een aantal samenhangende innovatieopgaven die met voorrang opgepakt worden in die programma's. De AWTI schetst hier een afwegingskader dat de overheid hierbij kan gebruiken. Voor de invulling van dat afwegingskader is uiteindelijk specialistische kennis en kunde nodig, van binnen en buiten de overheid en uit binnen- en buitenland. En zelfs met die specialistische kennis is het nog geen gemakkelijke opgave. De verschillende opties zijn immers vaak nog onzeker: de meeste opties of technologieën hebben 'believers' en 'non-believers'. Wie gelijk heeft blijkt pas veel later, als de technologie doorontwikkeling heeft ondergaan.

⁶⁹ Zie ook paragraaf 2.3 en bijlage 2, alsmede Van der Vooren en Ros (2014); vergelijk: AWTI (2016).

⁷⁰ Algemene Energieraad (2007), p. 52.

⁷¹ IEA (2013), p. 131, vergelijk: IEA (2015), p. 155.

Maar uiteindelijk vraagt het maken van een keuze ook om een afweging van het ene belang tegenover het andere en om een afweging hoe goed elke optie past bij het energiesysteem van de toekomst dat de samenleving voor ogen staat. Dat is toch meer een 'politieke' keuze. Een goed afwegingskader kan de overheid helpen bij het maken van die keuzes.⁷²

In de visie van de AWTI is een tweeledig afwegingskader nodig. De eerste stap richt zich op het selecteren van die opties die voor Nederland interessant zijn of kunnen zijn als 'bron' in de toekomstige, duurzame energievoorziening. Daarbij speelt de (overheids)visie op de energievoorziening van de toekomst een belangrijke rol. Interessant om nader te bekijken zijn die opties die een groot potentieel hebben, maar waarvoor nog een aantal flinke innovatiestappen genomen moeten worden.

De tweede stap is het selecteren van concrete innovatieopgaven (binnen de gekozen bronopties) waar Nederland een bijdrage aan kan leveren. Het doel van het afwegingskader is immers om die 'doorbraak-innovatieopgaven' te selecteren waar Nederland – via de missiegedreven programma's – het best zijn aandacht op kan richten. Zo'n innovatieopgave kan meestal niet op zichzelf staan – er is verbinding nodig met de omgeving. De toepassing moet mogelijk zijn, het innovatieproces moet 'kloppen' en dat vereist vaak ook het creëren van een (nieuw) business model of zelfs nieuwe markten. Daarom is het van belang dat de innovatieopgave hoort bij een bronoptie die goed aansluit bij Nederland.

Het afwegingskader helpt om de verschillende innovatieopgaven te vergelijken en prioriteit aan te brengen. Op basis hiervan kan een selectie gemaakt worden van die innovatieopgaven die aangepakt zullen worden in de langjarige, missiegedreven innovatieprogramma's.

Invulling van het afwegingskader, stap 1

De selectie van bronopties kan plaatsvinden door te kijken naar een aantal criteria die samen een indicatie opleveren van de aantrekkelijkheid voor Nederland van een bepaalde optie die bijdraagt aan de toekomstige, duurzame energievoorziening. Hieronder worden deze criteria uitgewerkt, maar kortweg komen ze erop neer dat het gaat om

- ▶ wat de verwachte effecten zijn van die optie (in hoeverre dragen ze bij aan de doelen?),
- ▶ in hoeverre Nederland een relatief voordeel heeft voor die optie, en
- ▶ hoe goed een optie past binnen onze visie op het energiesysteem van de toekomst.

⁷² Ook de Algemene Energieraad (2007, p. 52) concludeerde dat in het energiedomein het 'veld' als geheel waarschijnlijk niet in staat zou zijn – zonder de overheid – zo'n scherpe selectie van prioriteiten voor energie-innovatie te maken.

Voor de toepassing van deze eerste stap uit het afwegingskader kan men de verschillende (bron)opties in de energievoorziening (fossiel, zon, wind, kernenergie, aardwarmte, et cetera, of juist het besparen van energie) 'toetsen' aan de hand van deze criteria. Dat geeft een idee van hun relatieve aantrekkelijkheid voor Nederland als optie voor de energietransitie. Dit kan per energiefunctieiteit aangepakt worden. De opties zullen heel verschillend scoren: sommige hebben een groot potentieel effect, maar Nederland heeft daarbij geen voordelige positie, terwijl er ook gevallen zullen zijn dat Nederland zeer goed gepositioneerd is, maar de betreffende optie misschien niet past in onze visie of dat de verwachte effecten beperkt zijn. Het is nuttig dat deze verschillen expliciet worden. Dat is belangrijk in het uiteindelijke afwegingsproces.

De drie genoemde, relevante criteria worden hier nader uitgewerkt:

► **Wat zijn de verwachte effecten?**

Het eerste criterium betreft de potentiële bijdrage aan het realiseren van de verschillende doelen. Hoe groter die bijdrage, hoe aantrekkelijker de optie. Het gaat dan om:

- CO₂-reductiepotentieel;
- betaalbaarheid: verwachte kosten voor de lange termijn niet te hoog (wat zijn de verwachte kosten per vermeden hoeveelheid CO₂?);
- verdienpotentieel: verwachte kansen voor het bedrijfsleven;
- mogelijke schadelijke bijeffecten/risico's voor de omgeving;
- betrouwbaarheid: bijdrage aan de voorzieningszekerheid.

► **De relatieve positie van Nederland:**

Bronopties waarvoor Nederland (op een of meer aspecten) een goede uitgangspositie heeft ten opzichte van (of in samenwerking met) andere landen, zijn in principe aantrekkelijker om de aandacht op te richten. Het gaat dan om:

- Is er een kans op internationale samenwerking met positieve *offspring* naar Nederland?
- Is Nederland geschikt voor de technologie qua ligging, klimaat, infrastructuur enz.?
- Is het een opportuniteit? Voor de maatschappij (ook qua draagvlak)? Voor de economie van Nederland? Sluit het aan bij waar Nederland kennis en bedrijven heeft?

► **Aansluiting op het beoogde energiesysteem**

Zoals hiervoor aangegeven is het van belang dat er een heldere visie op de contouren van de toekomstige energievoorziening wordt ontwikkeld. Dat geeft ook richting bij de selectie van bronopties: in hoeverre sluiten deze aan bij (de kenmerken van) het beoogde energiesysteem? Bijvoorbeeld: als er binnen de visie geen rol is voor kernenergie, dan is

het logisch om kernenergie als aandachtsgebied links te laten liggen. Of: wanneer Nederland sterk inzet op maximaal gebruik van hernieuwbare bronnen als wind en zon om daarmee elektriciteit op te wekken en vervolgens in zo veel mogelijk energie-behoefte met behulp van elektriciteit te voorzien, dan wordt het verbeteren van opslag en de flexibiliteit van het systeem een zeer relevant aandachtspunt. De overheid zal ook oog moeten hebben voor de rol die verschillende opties kunnen spelen in het transitiepad naar een duurzame energievoorziening.⁷³ Duitsland is een voorbeeld van een land waar de aansluiting op het beoogde energiesysteem een dominant criterium is in het beleid voor energie-innovatie. Ook de IEA (2015) wijst op het belang van een heldere visie, die mede zal afhangen van hulpbronnen, mogelijkheden en de behoeften op lange termijn in een land; die visie geeft richting bij het bepalen van (innovatie)prioriteiten.

Visie op de toekomstige energievoorziening

Er bestaat nu nog geen duidelijk omschreven beeld van de toekomstige energievoorziening van Nederland, al geeft het recente energierapport aanzetten daartoe. Het ligt voor de hand de toekomstige energievoorziening zo in te richten dat ze aansluit bij de geografische kenmerken van Nederland (veel wind, maar weinig ruimte op land, een gematigd klimaat qua zon, weinig vooruitzichten voor waterkracht, kansen voor CCS/U, enige kansen voor getijdenenergie, opslag in energiedammen of het IJsselmeer). In ieder geval moeten de verschillende elementen (deelsystemen) samen een samenhangend energiesysteem vormen dat leveringszekerheid borgt en betrouwbaar is. Dat kan leiden tot een combinatie van centrale en decentrale energieopwekking, met flexibiliteit van zowel vraag als aanbod, waardoor aansluiting van vraag en aanbod optimaal is. De energievoorziening kan niet in één keer overstappen op CO₂-neutrale technologie. Dat betekent dat in overgangsfasen schoner fossiel nodig zal zijn. Bij het formuleren van zo'n visie zullen voor een aantal afwegingen keuzes gemaakt moeten worden (zie ook: Ros, 2015).

De bedoeling van deze eerste stap van het afwegingskader is het bepalen van een relatieve maat voor de aantrekkelijkheid van bepaalde opties voor Nederland. Van de potentiële effecten (inclusief kosten) van de verschillende opties worden in nationaal en internationaal verband regelmatig inschattingen gemaakt,⁷⁴ welke gebruikt kunnen worden. De inschatting van de relatieve positie van Nederland zal een wat kwalitatiever karakter hebben: voor bepaalde opties zal Nederland in vergelijking met andere landen

⁷³ Voorziet Nederland bijvoorbeeld dat er in de toekomst meer dan voldoende 'groen gas' beschikbaar kan komen, dan kan men in de tussentijd aardgas en de bijbehorende infrastructuur blijven gebruiken (en aanleggen), maar voorziet men een grotendeels gasloze toekomst, dan zal de aandacht op heel andere gebieden gericht moeten worden.

⁷⁴ Zie bijvoorbeeld Schoots en Hammingh (2015, p. 206) of Ros & Schure (2016) voor Nederland en de IEA-publicaties '*Energy Technology Perspectives*' voor een internationaal plaatje.

duidelijk een zeer sterke positie hebben, bij andere is dat minder evident of zelfs helemaal afwezig. De mate waarin een optie in de energievisie past, ten slotte, zal afhangen van de concrete visie. Soms zal het betekenen dat een optie niet in beeld is, omdat de visie die uitsluit; voor andere opties kan ook weer meer kwalitatief gekeken worden hoe goed het past en hoe relevant de betreffende optie is. Alles bij elkaar nemend moet het mogelijk zijn om de opties te ranken, eventueel in groepen, van zeer aantrekkelijk tot niet aantrekkelijk.

Afwegingskader, stap 2:

De hierboven gemaakte voorselectie gaat over (bron)opties die in hun breedte goed bij Nederland passen en een nuttige bijdrage leveren aan de energietransitie in Nederland. Dat zegt op zich nog niets over de benodigde *innovatieopgaven*: voordat de verschillende geanalyseerde opties de voorziene bijdrage kunnen leveren in een toekomstige, duurzame energievoorziening, zullen er in veel gevallen nog innovaties (technisch en niet-technisch) nodig zijn. Deze benodigde innovaties vormen de innovatieopgaven voor die optie. Daarover gaat deze tweede stap van het afwegingskader: hoe bepalen we op welke *innovatieopgaven* rond energie Nederland zich het beste kan richten?

Dat betekent dus dat per interessante 'branoptie' een selectie gemaakt moet worden van die opgaven die interessant zijn voor Nederland om op te pakken. Dit levert 'kandidaten' op voor de missiegedreven innovatieprogramma's. Uiteindelijk kunnen er dan keuzes gemaakt worden over welke innovatieprogramma's prioriteit moeten krijgen. Deze stap gaat vooral over het inschatten van de slagingskans en het potentieel van een innovatie voor ons land.

De selectie van kansrijke innovatieopgaven kan als volgt worden aangepakt. Inventariseer voor de geselecteerde branopties de verschillende concrete innovatievragen. Scoor deze vervolgens op de volgende criteria, die een indicatie vormen voor de slagingskans (die samenhangt met hoe gunstig de omstandigheden in Nederland zijn) en de aantrekkelijkheid van een bepaalde innovatie (die samenhangt met de mogelijkheden om een markt te creëren of te 'koppelen' met andere ontwikkelingen):⁷⁵

- ▶ Wordt in het buitenland niet hetzelfde gedaan? En is men daar niet veel verder? Als dit het geval is, ligt het niet voor de hand om het in Nederland op te pakken, hoogstens een *niche* in samenwerking met ontwikkelingen elders.
- ▶ Is de benodigde kennis aanwezig en is Nederland vooraanstaand in de wereld? Wat wordt er al gedaan? Bouwt het voort op bestaande kennis en initiatieven, bijvoorbeeld binnen de Topsector Energie?

⁷⁵ Vergelijk: AER 2007, p. 52-53, en IEA 2013, p. 131. Naast deze criteria zijn enkele andere kenmerken van de innovatie relevant bij de analyse, bijvoorbeeld: wat is de typische tijdschaal waarop de ontwikkelingen plaatsvinden? Hoe langer het duurt, hoe meer tijd er is om eventuele barrières uit de weg te ruimen.

- ▶ Zijn relevante bedrijven aanwezig en bereid te investeren?
- ▶ Is een markt aanwezig of te creëren, eventueel met hulp van de overheid?
- ▶ Zijn er 'koppelkansen' met andere innovaties, sectoren of ontwikkelingen?
Sluit het aan bij onze economische structuur en bij de maatschappij?
- ▶ Is maatschappelijk draagvlak aanwezig of te creëren?
Het ontbreken van draagvlak kan een grote barrière vormen en daarmee een reden zijn om een onderwerp *geen* prioriteit te geven.
- ▶ Zijn er andere barrières voor een bepaalde innovatie(stap), zoals het ontbreken van infrastructuur of *resources* (inclusief menselijk kapitaal)?
Zeker als er nog tijd is, zouden zulke barrières nog opgelost kunnen worden, bijvoorbeeld door de aanleg van infrastructuur, maar het is wel een aspect dat in de afweging meegenomen moet worden.

Als de verschillende concrete innovatieopgaven op basis van deze criteria geëvalueerd zijn, zal er een beeld opdoemen van de innovatieopgaven die het meest interessant en kansrijk zijn om in Nederland op te pakken. Het is heel goed voorstelbaar dat slechts een *deel* van alle innovatieopgaven voor een bepaalde aantrekkelijke bronoptie als interessant voor Nederland en een (nationaal) missiegedreven innovatieprogramma naar voren komt. Ook hier geldt weer dat het doel van het afwegingskader is om een relatieve score te bepalen, zodat de verschillende innovatieopgaven geordend kunnen worden. Het doel is immers om prioriteiten te kunnen stellen.

Daarbij geldt dat geen van de bovengenoemde aspecten op zichzelf een voldoende reden is om een bepaalde innovatievraag links te laten liggen, want barrières zouden bijvoorbeeld opgeruimd kunnen worden, en bedrijven kunnen nog ontstaan. Maar de verschillende aspecten spelen in het kader van prioritering wel een rol. Innovatieopgaven die beter scoren zullen in de uiteindelijke afweging aantrekkelijker zijn.

Toepassing afwegingskader:

Het door ons voorgestelde tweeledige afwegingskader zal onder verantwoordelijkheid van de overheid toegepast moeten worden. Om dat goed te doen zal men, zeker op het meer gedetailleerde niveau, experts uit binnen- en buitenland moeten betrekken. Het daadwerkelijk toepassen van het afwegingskader valt buiten dit advies. Wel is een eerste, **tentatieve** toepassing gemaakt van het afwegingskader, om een idee te geven van de voorgestelde methodiek.

In de eerste stap van het afwegingskader gaat het om het identificeren van bronopties die voor Nederland op het eerste gezicht (relatief) aantrekkelijk zijn. Daarbij letten we op de drie criteria: (a) de verwachte effecten (o.a. CO₂-reductie en kosten), (b) de relatieve voordelen van Nederland en (c) de mate waarin een optie in de visie op de toekomstige energievoorziening past. Per functionaliteit (van het energieverbruik) lopen we de

verschillende (bron)opties langs en 'scoren' we elke bronoptie op de genoemde criteria. Dat levert een zeker rangorde op voor de verschillende opties. Daarnaast maken we de innovatiebehoefte concreet: welke stappen of doorbraken zijn er nog nodig voordat de betreffende optie past in de duurzame energievoorziening van de toekomst.

Uit de verschillende innovatiebehoefte selecteren we vervolgens de meest interessante en kansrijke om in Nederland op te pakken. Hiervoor 'scoren' we de verschillende innovatiebehoefte op basis van de hiervoor relevante criteria (die samenhangen met slagingskans en het potentieel van een bepaalde innovatie).

In aanvulling op de verschillende energiebron-opties zal energiebesparing ook een rol spelen. Energiebesparing zorgt ervoor dat er minder energie nodig is (en er dus ook een kleiner beslag op de bronopties wordt gelegd). Energiebesparing zal bij alle functionaliteiten een rol spelen, zij het variërend qua potentieel⁷⁶ en de bijbehorende concrete innovatievragen. Verder zien we ook bepaalde innovatieopgaven bij meerdere bronopties en meerdere functionaliteiten naar voren komen. Dat zijn dus vrij 'robuuste' innovatieopgaven, wat ze aantrekkelijker maakt om op te pakken.

Bij onze tentatieve toepassing beginnen we met de potentiële effecten van verschillende opties. Deze zijn in kaart gebracht door het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), in het bijzonder de effecten op de reductie van uitstoot van broeikasgassen.⁷⁷ De lijst met meest bijdragende opties voor de functionaliteiten is weergegeven in tabel 1. Naast het effect op de CO₂-uitstoot zijn ook andere aspecten relevant, zoals de betaalbaarheid, het effect op de betrouwbaarheid en milieu-effecten.

Vervolgens analyseren we voor de verschillende opties bij welke een duidelijk (relatief) voordeel voor Nederland bestaat. Bijvoorbeeld vanwege onze geografische kenmerken, economische structuur of kennispositie.

Het laatste punt, de aansluiting bij de energievisie, is nog niet in te vullen, doordat zo'n duidelijke visie op het toekomstige, duurzame energiesysteem in Nederland nog ontbreekt.

⁷⁶ Zie ook Figuur 1.

⁷⁷ PBL heeft hierbij gebruik gemaakt van een model (E-design), waarmee verschillende scenario's voor een (Nederlandse) energievoorziening met 80 of 95% minder uitstoot van broeikasgassen in 2050 zijn doorgerekend. Hoewel de precieze aandelen van elke (bron)optie van scenario tot scenario verschillen, durft het PBL toch wel een bepaalde grove inschatting te geven over de verhouding van de potentiële bijdragen van de verschillende (bron)opties; die inschatting gebruiken we hier. Voor een recente versie van de lijst zie: Ros en Schure (2016).

Tabel 1 Voorbeeld van het hanteren van het afwegingskader. Onderdeel: potentiële bijdrage van technologieën aan CO₂-emissiereductie

Functionaliteit	Optie	Effect emissiereductie
Lagetemperatuurwarmte	Elektrische warmtepompen	◆◆◆
	Warmtenet (o.a. geothermie)	◆
	Groen gas*	◆◆◆◆◆
Hogetemperatuurwarmte	Energiebesparing (radicaal)	◆◆◆
	CCS in industrie/raffinage	◆◆◆
	<i>Biobased</i> proces/grondstof*	◆◆◆◆◆
Elektriciteit	Wind	◆◆◆
	Kernenergie	◆◆◆
	Zon-pv	◆◆
	Fossiel met CCS	◆◆
Mobiliteit	Nul-emissie wegvervoer	◆◆◆
	Biobrandstoffen*	◆◆◆◆◆
Cross-functioneel	Power-to-X	◆◆

* De met de asterisk gemarkeerde opties hebben *samen* het aangegeven effect op de emissiereductie, de verdeling over de verschillende functionaliteiten geeft PBL niet.

Bron: PBL (2015), p. 7; de inschatting van het effect is gebaseerd op het model 'E-design' van PBL.

Hieronder illustreren we voor twee functionaliteiten, namelijk hogetemperatuurwarmte en elektriciteit, de concrete toepassing van het afwegingskader, waarbij we aantekenen dat het hier gaat om een eerste, tentatieve toepassing. Bovendien wijzen we erop dat het uiteindelijk een meer kwalitatieve afweging is, waarbij het afwegingskader wel dwingt om de verschillende relevante aspecten expliciet te maken en, waar mogelijk, ook helpt om verschillende opties te ordenen. Dat laatste is relevant omdat het afwegingskader moet helpen om keuzes te maken, te prioriteren.

Functionaliteit 'hogetemperatuurwarmte'

Bronoptie: energiebesparing (door herijken processen)

Een van de opties die het PBL (2015) noemt is energiebesparing door het radicaal herijken van industriële processen. Voor ongeveer een derde van de processen is een alternatief commercieel beschikbaar met significant lagere energievraag en CO₂-emissie, voor de resterende twee derde niet. Daarvoor is nader onderzoek en ontwikkeling nodig.

Stap 1: Hoe 'scoort' deze bronoptie?

- ▶ Effecten: het (potentiële) effect op CO₂-reductie is groot, het effect op het milieu ook positief en er is duidelijk een verdienpotentieel zodra de alternatieve processen concurrerend blijken. Er zullen wel aanzienlijke investeringen gedaan moeten worden voordat die fase bereikt is voor een aantal processen.
- ▶ Voordeel Nederland? Deze optie past goed bij Nederland voor die industriële processen (of producten) waarin Nederland nu een sterke positie heeft, qua kennis en bedrijven.⁷⁸ Bovendien is het maken van stappen op dit terrein essentieel voor Nederland, omdat de energie-intensieve industrie momenteel een substantieel deel van onze economie vormt.
- ▶ Past het in de visie? Ja, want het stelt Nederland in staat een vooraanstaande positie in de industrie te houden, terwijl de bijbehorende energiedruk sterk afneemt.

Onze tentatieve conclusie is dat deze (bron)optie zeker interessant is voor Nederland.

Stap 2: De innovatiebehoefte bij deze bronoptie variëren per industrieel proces (of product). Hier geven we enkele voorbeelden, die we kort analyseren.

Ten eerste een alternatief voor het huidige staalproductieproces: Hisarna.⁷⁹ Dit is ontwikkeld bij Hoogovens in IJmuiden (nu: Tata Steel), waar een pilot *plant* staat. Het is duidelijk dat Nederland hier voorop liep, maar het is ook zo dat de grote staalbedrijven in andere landen zitten. Inmiddels heeft dat geleid tot Europese samenwerking op het gebied van *Ultra Low-Carbon dioxide Steelmaking (ULCOS)*, met een budget van 75 miljoen euro over 6 jaar. Deze ontwikkeling loopt dus al. Onze conclusie is: zoek vanuit Nederland een duidelijke *niche* in deze internationale samenwerking.

Ten tweede een alternatief voor thermische processen (zoals destillatie en verdamping) als scheidings- of zuiveringstechniek, bijvoorbeeld door gebruik te maken van membranen. Onze analyse: de industrie die dit moet toepassen, is er in Nederland. Cruciaal zal zijn hoe het zit met de aanwezigheid van kennis en de 'marktperspectieven'? Hier moet een definitieve analyse nader op inzoomen. Onze conclusie is: deze innovaties zijn potentieel kansrijk voor Nederland en het is derhalve de moeite waard om nader uit te

⁷⁸ Hoewel volgens de inschatting van Ros (2015, p. 7) van het PBL deze optie nu slechts 'beperkte aandacht krijgt'.

⁷⁹ Zie: <http://www.tatasteel.nl/nl/innovatie/Hisarna>

zoeken waar de grootste innovatiekansen liggen (en hoe die in een missiegedreven innovatieprogramma passen).

Bronoptie: energiebesparing (door overgang naar biobased)

Een andere optie die leidt tot energiebesparing (en besparing op het gebruik van fossiele energiebronnen als grondstof voor chemische processen) is het gebruik van biotechnologische processen (in plaats van de traditionele chemie); die vereisen een minder hoge temperatuur en maken gebruik van *biobased* materialen.

Stap 1: Hoe beoordelen we deze 'bronoptie'?

- ▶ Effecten: het effect op CO₂-reductie hiervan is groot, zeker door koppeling aan de mogelijkheid van het opvangen van CO₂ en opslaan of gebruiken daarvan,⁸⁰ of de koppeling aan andere vormen van inzet van biomassa, bijvoorbeeld als brandstof.
- ▶ Voordeel Nederland? De uitgangspositie van Nederland is gunstig door de hier aanwezige agro, chemie en logistiek. Toch kan aansluiting bij en samenwerking met Duitsland, Brazilië en de Verenigde Staten nuttig zijn.
- ▶ Past het in de visie? Dit is een belangrijk punt, want grootschalige inzet van biomassa zal vrijwel zeker alleen te realiseren zijn met behulp van import van biomassa: de te ontwikkelen visie zal duidelijk moeten aangeven of we daartoe wel of niet bereid zijn.

Onze tentatieve conclusie is dat deze (bron)optie zeer interessant is voor Nederland, vooral als we bereid zijn structureel biomassa te importeren in Nederland.

Stap 2: De innovatieopgaven zijn legio.⁸¹ Voor een deel gaat het om reeds beschikbare processen, die soms nog duur zijn (innovatiebehoefte is dan een kostenvermindering) en voor een deel gaat het om processen die nog helemaal aan het begin staan (daarbij zijn onderzoek, ontwikkeling en demonstratie nodig). Bovendien zijn er verschillende koppelkansen met andere processen, wat weer de innovatiebehoefte oproept van een zekere mate van systeemintegratie en slimme koppeling. Twee dingen zijn nodig: enerzijds een meer integrale visie op deze ontwikkelingen en hoe ze elkaar kunnen versterken en anderzijds moeten de verschillende concrete innovatieopgaven nader geanalyseerd worden op hun potentieel en slagingskans om daarmee vervolgens de meest aantrekkelijke(n) te selecteren voor een missiegedreven programma. Juist zo'n programma kan ook weer bijdragen aan de noodzakelijke coördinatie van de verschillende ontwikkelingen.

⁸⁰ Dat kan zelfs leiden tot 'negatieve emissies', zie ook Ros en Schure (2016), p. 14.

⁸¹ Zie bijvoorbeeld Ros en Schure (2016) die de optie van 'grootschalige biomassaverwerking voor de productie van transportbrandstoffen, methaan en/of chemicaliën' uitgewerkt hebben.

Bronoptie: fossiele bronnen

Deze optie past alleen in een duurzaam toekomstplaatje als het gecombineerd wordt met afvang en opslag of gebruik van CO₂. Dat is de belangrijkste en essentiële innovatiebehoefte bij deze bronoptie.

Stap 1: Hoe 'scoort' deze bronoptie?

- ▶ Effecten: fossiele bronnen zijn nog goedkoop en goed beschikbaar (goed voor de betrouwbaarheid), maar scoren (zonder CCS/U) slecht op uitstoot en andere milieueffecten; met CCS/U wordt dat beter, maar daar horen hogere kosten bij.
- ▶ Voordeel Nederland? Nederland is erg geschikt voor aanvoer (o.a. kolen) en spil in gasnetwerk, naast de eigen gasvoorraad en heeft ook enige ruimte voor CO₂-opslag. Deze optie sluit ook goed aan bij de energie-intensieve industrie. Qua draagvlak is fossiel met CCU aantrekkelijker dan fossiel met CCS; draagvlak voor ondergrondse opslag 'onder land' is zeer beperkt.
- ▶ Past het in de visie? Dit aspect zal bepalend zijn: laat de visie ruimte voor de energie-intensieve industrie op fossiele basis of wil men daar juist snel van af?

Onze tentatieve conclusie is dat deze optie aantrekkelijk is onder voorwaarde dat CCS/U wordt gerealiseerd.

Stap 2: De belangrijkste innovatiebehoefte bij deze bronoptie is het afvangen en vervolgens opslaan (CCS) of gebruiken van CO₂ (CCU). Innovaties zullen moeten leiden tot een sterke kostendaling, tot een aanzienlijk toepassingsvolume van CCU en tot een groot draagvlak. De ontwikkeling van CCS/U in de industrie lijkt momenteel echter stil te liggen.⁸² Overigens komen de innovaties rond CCS/U ook nog in beeld in combinatie met *biobased* processen (zie hiervoor) en vormt dat een koppelkans.

Functionaliteit elektriciteit

Voor deze functionaliteit bestaan vele verschillende bronopties. In onze illustratie van de toepassing van het afwegingskader beperken we ons tot een paar bronopties als voorbeeld, namelijk een van de opties met het grootste potentiële effect op de emissie-reductie in Nederland: windenergie, en één die weliswaar heel goed past bij onze kennis over water, maar waarvan de bijdrage hier waarschijnlijk zeer beperkt is: getijdenenergie.

Bronoptie: wind.

Windenergie kan in Nederland een grote bijdrage leveren aan de reductie van uitstoot van CO₂ bij de productie van elektriciteit (zie tabel 1).

⁸² Ros (2015), p. 7; voor CCS/U gekoppeld aan de elektriciteitsproductie gebeurt er meer.

Stap 1: Is dit een interessante optie voor Nederland om de aandacht op te richten?

- ▶ Effecten: het potentieel aan reductie van CO₂-uitstoot is groot, windenergie wordt steeds goedkoper; er zijn echter wel externe effecten: geluidsoverlast en 'horizonvervuiling', die het sterkst spelen bij windturbines op land. Het accommoderen en optimaal inpassen van de fluctuerende elektriciteitsproductie van windturbines is een innovatiebehoefte.
- ▶ Voordeel Nederland? Het dichtbebouwde karakter van Nederland werkt als een nadeel voor windenergie op land. Nederland is wel goed gepositioneerd voor wind-op-zee: ons deel van de Noordzee is vrij ondiep en beslaat een groot oppervlak. Bovendien heeft Nederland veel kennis en bedrijven op het gebied van *offshore*. Ook een plus is dat er nu in Nederland al flinke aandacht is voor innovaties rond wind-op-zee (om de kosten met 40% te laten dalen).
- ▶ Past het in de visie? Wind-op-land is een onderwerp waar de meningen over verdeeld zijn, maar wind-op-zee kan vermoedelijk op een veel breder draagvlak rekenen. In onze inschatting zal wind-op-zee goed passen in de te ontwikkelen visie.

Conclusie: Vooral 'wind op zee' is interessant voor Nederland, wind op land minder.

Stap 2: Innovatieopgaven.

We beperken ons hier tot wind-op-zee. In zijn algemeenheid vallen de innovatieopgaven uiteen in enerzijds het goedkoper en effectiever maken van wind-op-zee en anderzijds de innovaties die nodig zijn op systeemniveau om een groter aandeel aan niet-regelbare bronnen (zoals wind, maar ook zon-pv) in te passen. Verschillende vooraanstaande wetenschappers op het gebied van windenergie hebben een inventarisatie gemaakt van de onderzoeksuitdagingen voor de lange termijn voor windenergie (Van Kuik *et al.* 2016) en zij komen tot 11 terreinen voor innovatie (zie ook tabel 2). Uit deze 11 terreinen dient Nederland die opgaven te selecteren waar Nederland duidelijk een koppositie heeft (qua kennis en bedrijven). De structuur van die analyse is weergegeven in tabel 2. Bij de concrete toepassing van het afwegingskader dient eigenlijk eerst per aangegeven terrein een nadere specificatie gegeven te worden van de concrete innovatieopgaven. Vervolgens dienen (met behulp van experts) die verschillende opgaven beoordeeld te worden op de door ons gegeven criteria (het invullen van de vakjes in de tabel), waarna bepaald kan worden welke innovatieopgaven het meest aantrekkelijk zijn voor Nederland om op te pakken. Ook liggen er mogelijkheden om bijvoorbeeld binnen Noordzeeverband, tot internationale samenwerking te komen op het gebied van de innovaties.

Tabel 2 Voorbeeld van structuur van analyse van innovatie-opgaven (voor bronoptie windenergie)

Bronoptie	Windenergie					
Innovatie-opgave	Materialen & structuren	Wind en turbulentie	Aerodynamica	Sturing en controle	Elektriciteits-conversie	Betrouwbaarheid
Criteria						
Kennis aanwezig						
Bedrijven aanwezig						
Buitenland al verder?						
Marktkansen innovatie						
Koppelkansen						
Barrières? (draagvlak, infra, etc)						

Bronoptie	Windenergie				
Innovatie-opgave	Ontwerp-methodes	Hydrodynamica & bodem	Offshore milieu-effecten	Systeem-integratie	Sociale en economische aspecten
Criteria					
Kennis aanwezig					
Bedrijven aanwezig					
Buitenland al verder?					
Marktkansen innovatie					
Koppelkansen					
Barrières? (draagvlak, infra, etc)					

Bronoptie: getijdenenergie

Bij getijdenenergie wordt elektriciteit geproduceerd door gebruik te maken van het verschil in waterhoogte tussen eb en vloed.

Stap 1: Is dit voor Nederland interessant?

- ▶ Effecten: de inschatting van het PBL en anderen is dat de bijdrage aan CO₂-reductie in Nederland (zeer) beperkt zal zijn. De bron is wel voorspelbaar, maar in tijd beperkt. Ook zijn er effecten op de natuur.
- ▶ Voordeel Nederland? Enerzijds kent ons land een grote en innovatieve watersector; maar anderzijds is in Nederland het potentieel aan energieproductie beperkt (in Bretagne bijvoorbeeld veel meer, daar staat ook al lang een centrale).
- ▶ Past dit in de visie? Aangezien de bijdrage voor transitie in Nederland beperkt is, hebben we er vermoedelijk voor onze energietransitie niet zo veel aan.

Conclusie: de bijdrage aan de Nederlandse energietransitie is waarschijnlijk (zeer) beperkt, wat pleit voor een lagere prioriteit in energie-innovatiebeleid. Aan stap 2 van het afwegingskader komen we niet toe. Indien het wereldwijde potentieel voldoende groot is, zou ondersteuning vanuit algemeen innovatiebeleid misschien te overwegen zijn.

Ten slotte wijzen we erop dat er innovatie-opgaven zijn die bij meerdere bronopties (en functionaliteiten) naar voren zullen komen. Een voorbeeld is systeemintegratie: een van de grootste uitdagingen is immers de betere aansluiting tussen vraag en aanbod. Het aanbod is nu vraaggestuurd. Zeker met een grotere bijdrage van wind en zon is de uitdaging om de vraag meer aanbodgestuurd te maken. Door het dag-nacht ritme en de seizoenvariaties zijn opslag en conversie essentieel. Hier liggen koppelkansen tussen functionaliteiten. Het feit dat een bepaalde innovatie-opgave bij verschillende bronnen (of functionaliteiten) naar voren komt, maakt die opgave interessanter/aantrekkelijker om nader te exploreren. Het maakt de betreffende innovatie ook 'robuuster' in een wereld waarin onzekerheid bestaat welke kant de energievoorziening precies op gaat en welke bronopties de grootste bijdrage gaan leveren in de toekomst. Voor zulke 'terugkerende' innovatie-opgaven is het dus verstandig om die goed te analyseren (conform onze stap 2) om te bepalen welke voor Nederland interessant en kansrijk zijn om gericht op te pakken. Zo is het bijvoorbeeld goed denkbaar dat Nederland een substantiële bijdrage kan leveren aan (innovaties op het gebied van) conversie en opslag, gezien de aanwezigheid van industrie en de kennis en ervaring met zulke processen (terwijl de industrie ook kan zorgen voor een 'markt' voor de verschillende conversieproducten) en de goede ligging en logistiek van ons land.⁸³

⁸³ Zie ook: Van der Hagen *et al.* (2015), *Het Delft Plan. Nederland als Energy Gateway*.

2.8 Kosten van energie-innovatie

Energie-innovatie kost in eerste instantie geld. Hoeveel geld daar precies voor nodig is, is lastig exact aan te geven. En wat moet het aandeel van *publiek* geld zijn? Om deze vragen te beantwoorden kijken we eerst naar de wereldwijde kosten voor de noodzakelijke energie-innovaties en naar de publieke uitgaven van andere landen (zie ook bijlage 4 voor een uitgebreidere analyse). Vervolgens gaan we ook in op de typische omvang qua budget van de door ons aanbevolen instrumenten.

De wereldwijde innovatieopgave.

Volgens een analyse van het Internationaal Energieagentschap (IEA 2013)⁸⁴ is er jaarlijks tussen de 40 en 80 miljard USD nodig voor energie RD&D om de innovaties tot stand te brengen die nodig zijn om te voorkomen dat de aarde meer dan 2 graden opwarmt. Gemiddeld is dat zo'n 60 miljard USD per jaar. Als we ervan uitgaan dat publieke bronnen minstens de helft hiervan financieren (die aanname maakt ook het IEA zelf, ze gaan uit van een publiek aandeel van 50-80%), betekent dat gemiddeld minstens 30 miljard USD per jaar. Nederland vertegenwoordigt ongeveer 1% van de wereldeconomie; omgerekend leidt dat tot een ordegrootte van (minstens) 300 miljoen USD per jaar aan publieke financiering voor energie-RD&D (onderzoek, ontwikkeling en demonstratie) voor Nederland.

Internationale vergelijking⁸⁵

Het IEA houdt statistieken bij over de publieke gelden die in de aangesloten landen richting RD&D voor energie gaan. Het gaat hierbij om publieke steun voor onderzoek, ontwikkeling en demonstratie gerelateerd aan de productie, opslag, het transport, de distributie en het spaarzaam gebruik van alle vormen van energie. De daadwerkelijke (commerciële) toepassing (*deployment*) wordt in de IEA-cijfers niet meegenomen.

Het totaalbedrag dat in de aangesloten landen aan energie-RD&D besteed wordt, fluctueert. De afgelopen jaren vertoont het een dalende trend; ook is er een verschuiving van gebieden waaraan het besteed wordt. In de jaren '70 ging verreweg het meeste geld naar onderzoek naar kernenergie, wat intussen aan het verschuiven is naar onderzoek naar hernieuwbare energie en energiebesparing.⁸⁶

Om de publieke uitgaven voor energie-RD&D enigszins vergelijkbaar te maken, hebben we die bedragen (uit de IEA-database)⁸⁷ voor 2013 voor elk land omgerekend naar een promillage van het BBP. Bovendien hebben we het bedrag aan publiek geld voor

⁸⁴ IEA (2013), *Tracking Clean Energy Progress 2013*, Table 5.2 op p. 129.

⁸⁵ Zie ook bijlage 4 en Hoofdstuk 6 van Schoots en Hammingh (2015).

⁸⁶ Zie bijlage 4 en IEA (2015), p. 158.

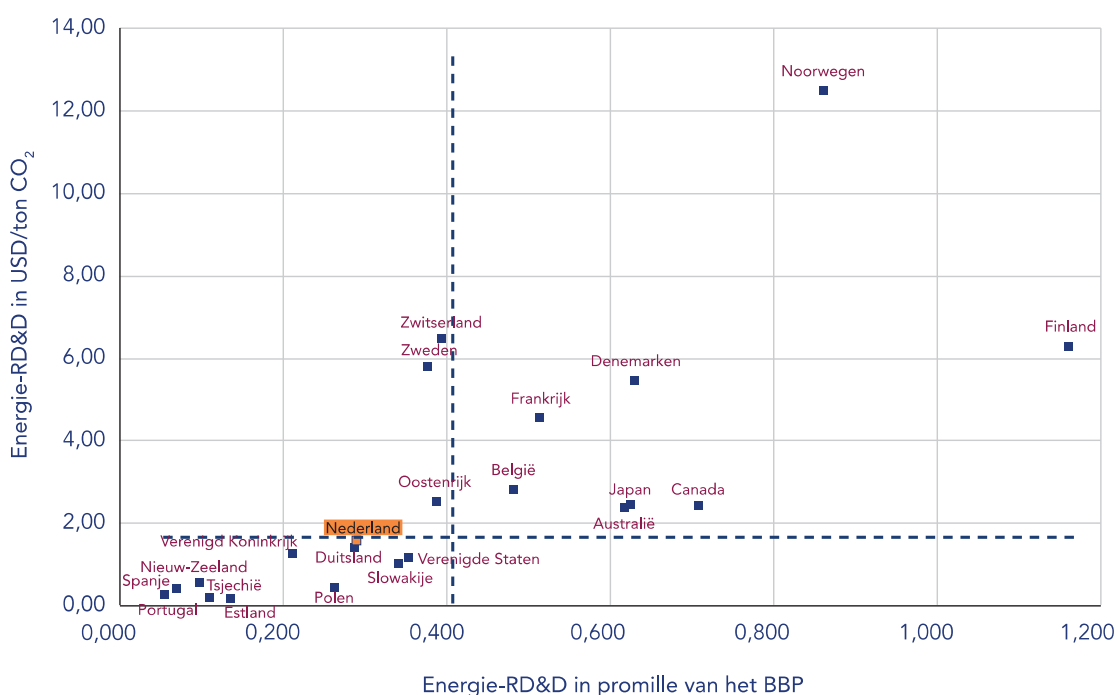
⁸⁷ Zie de IEA-website voor de onderliggende data en verantwoording van wat wel en niet is meegenomen: http://www.oecd-ilibrary.org/energy/data/iea-energy-technology-r-d-statistics_enetech-data-en

energie-RD&D omgerekend per uitgestoten ton CO₂ (de gedachte hierachter is dat landen met veel uitstoot ook een zwaardere reductieopgave hebben). Dit is weergegeven in onderstaande figuur 2. Wat opvalt is dat Nederland zowel qua BBP-indicator als per ton CO₂ onder het gemiddelde zit. Het gemiddelde voor 2013 voor publieke uitgaven aan energie-RD&D is 0,407 ‰ van het BBP voor de in de lijst opgenomen landen, Nederland zit op 0,288 ‰.⁸⁸ Ook per ton CO₂ presteert NL onder het gemiddelde (Nederland: 1,58 USD/ton CO₂, terwijl het gewogen gemiddelde naar uitstoot 1,66 USD/ton CO₂ is en het gemiddelde waarbij elk land even zwaar telt: 2,84 USD/ton CO₂).

Uit bovenstaande vergelijking volgt dat, als het Nederland ernst is, het minimaal boven het gemiddelde zal moeten gaan zitten, bijvoorbeeld op 0,45‰ van het BBP. Omgerekend is dat zo'n 305 miljoen EUR per jaar. Als Nederland energie-innovatie echt prioriteit wil geven, is er meer nodig. Een budget van 400 miljoen EUR brengt ons bij de achtervolgers op de kopgroep, in de buurt van landen als Denemarken, Japan of Australië.

Figuur 2 Publieke uitgaven voor energie-RD&D als promillage van BBP en per ton CO₂ voor IEA-landen (2013) (gewogen gemiddelde waarden zijn weergegeven met de onderbroken lijnen)

Publieke uitgaven voor energie RD&D (2013)



Bron: eigen bewerking op basis van statistieken van IEA; de waarden staan in tabel 4 op p. 115.

⁸⁸ In 2013 besteedde Nederland aan energie-RD&D: 185,483 miljoen euro met een BBP van 643,159 miljard; het quotiënt is 0,288‰.

De onderverdeling.

Hoe moet dat totaalbudget aan publieke stimulering van energie-RD&D ingezet worden?
Hoe valt het te 'verdelen' over de door ons voorgestelde instrumenten van beleid?

Kosten stimulering van incrementele innovatie. Het bevorderen van (veelal incrementele) innovatie door middel van aanpassing van de huidige beleidsinstrumenten vraagt geen extra publieke middelen. Voortschrijdende normering, hogere prijzen voor CO₂, belastingen op energieverbruik, aanbestedingen die innovatie sterker prikkelen: al deze instrumenten hoeven in principe geen extra publieke middelen te kosten, of kunnen plaatsvinden op voor de overheid budgetneutrale wijze door bestaande geldstromen voor een (klein) deel om te buigen. Ook voor het bedrijfsleven zal het geen grote extra kostenpost zijn, doordat de terugverdientijd over het algemeen relatief kort is. Voorwaarde is hier wel een Europees *level playing field*.

Naast de innovatieprikkeling door het algemene energie-/klimaatbeleid zijn er momenteel ook regelingen die energie-innovatie specifiek bevorderen (Hernieuwbare energie-regeling, Regeling Demonstratie energie-innovatie en de Topsector Energie). Deze bevorderen vooral incrementele innovatie. Het gaat hierbij op dit moment om een totaalbudget van ongeveer 180 miljoen euro publieke middelen per jaar.⁸⁹ Voor de AWTI hebben de programma's gericht op radicale innovatie echter prioriteit. Deze worden hieronder beschreven.

Specifieke innovatiestimulering: vergelijking met het buitenland. Voor de benodigde gerichte stimulering van vooral radicale energie-innovaties zullen specifieke budgetten gereserveerd moeten worden. Mede op basis van een vergelijking met het buitenland, schatten we in dat het gaat om de volgende typische bedragen.

Individuele *projecten* hebben typisch een steun nodig die ligt tussen enkele honderduizenden euro's en een paar miljoen voor het gehele project (met vaak een looptijd van enkele jaren). De projecten die door het Duitse federale ministerie BMWi worden gesteund ontvangen gemiddeld een subsidie van € 580.000,-- (nieuwe projecten uit 2015); iets minder dan 10% van de projecten ontvangt meer dan 2 miljoen euro subsidie (over het gehele project) en meer dan 30% van de projecten een bedrag onder de € 250.000,--. Bij het Amerikaanse ARPA-E gaat het om soortgelijke bedragen (tussen USD 500.000 en 10 miljoen voor projecten van maximaal 3 jaar). Zie bijlage 4.

Bij grote innovatieprogramma's loopt de omvang van de publieke steun in de orde van grootte van 10 miljoen euro per jaar (Kopernikus-Projekte in Duitsland) of 24 miljoen USD per jaar (Energy Innovation Hubs in de VS). Binnen Nederland bieden programma's uit het verleden een aanknopingspunt, zoals de Innovatieonderzoeksprogramma's (IOP) en de

⁸⁹ Zie paragraaf 2.3 en bijlage 2 voor de opbouw van dit bedrag.

FES-programma's. Voor het IOP genomics was € 32,7 miljoen beschikbaar. Voor de FES-programma's (vooral onderzoek) was jaarlijks € 20 miljoen beschikbaar.

High impact/high risk projecten: Hoeveel geld is er nodig voor de *high impact/high risk* projecten? Uitgaande van het starten van tien projecten per jaar en met een looptijd van twee tot vijf jaar (gemiddeld vier jaar) zou daarvoor een totaal bedrag van 60 miljoen euro per jaar (= gemiddeld 1,5 miljoen euro per project per jaar) toereikend zijn.⁹⁰ Deze projecten zijn nog niet gericht op implementatie of uitrol. Het gaat vooral om uitwerking, doorberekening van een idee, en wellicht een eerste testopstelling. Een extra reservering van 20 miljoen euro per jaar voor financiering van doorgroei naar een missiegedreven innovatieprogramma verzekert dat kansrijke projecten ook een toekomst hebben. In totaal betekent dat dus een budget van 80 miljoen euro per jaar voor het *high impact/high risk* programma.

Missiegedreven innovatieprogramma's. Hoeveel geld er nodig is voor de missiegedreven innovatieprogramma's is niet eenvoudig in abstracto te berekenen, want die kunnen pas goed ingeschat worden door goed te kijken naar de programma's zelf: welke investeringen zijn nodig op welk punt van de leercurve? Deze methode kan pas werken als de programma's uitgewerkt worden. Daarom proberen we hier een inschatting te geven van de typische 'gemiddelde' omvang. Individuele programma's kunnen daarvan afwijken: sommige zullen meer geld kosten, andere kunnen met minder publieke steun toe. Zoals hiervoor aangegeven zal een stevig programma minstens zo'n 20 miljoen euro per jaar kosten, vermoedelijk meer: zo besteedde de Duitse federale overheid in 2015 meer dan 50 miljoen euro aan steun voor RD&D voor elk van de thema's windenergie, zonne-energie en aan energiebesparing in de gebouwde omgeving. Als Nederland gericht kiest voor een aantal focusgebieden (in tegenstelling tot Duitsland, dat vrijwel alle thema's doet), dan is een budget per programma dat de helft is van het Duitse, redelijk.

Al met al zou een steunbudget per programma van (gemiddeld) 30 miljoen euro per jaar voldoende moeten zijn om een stevig programma neer te zetten. Uitgaande van zes programma's, is dan een budget van 180 miljoen euro per jaar nodig. De precieze verdeling over de programma's zal afhangen van de specifieke behoeften van elk programma.

Om missiegedreven programma's ook werkelijk succesvol te maken moet daarnaast geld gereserveerd worden voor (ondersteuning van de) implementatie en uitrol en eventueel voor infrastructuur en marktcreatie. Ook het daarvoor benodigde bedrag is moeilijk van te

⁹⁰ Dit bedrag is vergelijkbaar met de steun die in de VS ARPA-E wordt geboden per project: tussen de \$500,000 en \$10 miljoen in financiële steun. De periode waarover dit bedrag wordt gespreid varieert tussen de 1 en 3 jaar. Voor de nieuwste Funding Opportunity Announcement (FOA) verwacht de DoE tussen de \$2 miljoen en \$4 miljoen per jaar uit te geven. In principe worden deze uitgaven gecontinueerd voor een periode van 4 jaar.

voren en in *abstracto* in te schatten. Een reservering van 40 miljoen euro per jaar is minimaal nodig, schat de AWTI in. Als aanpassing van infrastructuur of marktcreatie nodig is, zal waarschijnlijk nog veel meer nodig zijn (al hoeft dat niet allemaal van de overheid te komen). Opgeteld is dus 220 miljoen euro per jaar nodig voor de missiegedreven programma's inclusief een reservering voor ondersteuning van toekomstige uitrol.

Totaal voor nieuw beleid (*high impact/high risk* en missiegedreven programma's): 300 miljoen euro per jaar.

Samengevat is er voor de stimulering van radicale energie-innovatie het volgende budget nodig. Voor het *high impact/high risk* programma is een bedrag van 80 miljoen euro per jaar nodig, inclusief de reservering voor doorgroei van een succesvol project naar een missiegedreven programma. Voor de missiegedreven innovatieprogramma's gezamenlijk is er een bedrag nodig van 220 miljoen euro per jaar; dit is inclusief de reservering voor ondersteuning van toekomstige uitrol. Dat brengt het totaal voor deze programma's op 300 miljoen euro per jaar. Dit is nieuw beleid dat in de ogen van de AWTI prioriteit heeft. Dit bedrag staat naast de uitgaven die voor energie-innovatie bestemd zullen worden in het kader van de huidige regelingen zoals het topsectorenbeleid en de Regeling Demonstratie Energie-innovatie.⁹¹

2.9 Politiek-bestuurlijke innovatie: een responsieve en adaptieve overheid

Tot nu hebben we het vooral gehad over technologische, sociale en economische innovatie die nodig is om te komen tot een *low carbon* energievoorziening, en de rol van de overheid daarbij. Hier benadrukken we dat dit voor de overheid nogal wat betekent. Vast staat dat politiek-bestuurlijke innovatie een essentiële randvoorwaarde is. Energie-innovatie vraagt van de overheid een aantal zaken.

Ten eerste meer kennis bij de overheid zelf van het energieterrein. Waar de overheid zich de laatste jaren meer ging toeleggen op de rol van procesbegeleider, is nu een ook inhoudelijke betrokkenheid bij het thema '*low carbon* energievoorziening' nodig. Zonder voldoende kennis van het energieterrein bij de overheid zelf, zal de overheid onvoldoende onderlegd zijn om de noodzakelijke keuzes te maken. Zonder een duidelijke visie op het energiesysteem van de toekomst evenmin.

Ten tweede moet de overheid bereid zijn risico's te nemen. Innovatiebeleid kent immers successen en mislukkingen. Er is grote onzekerheid over de technologieën van de

⁹¹ Het vergt dus een zorgvuldige afweging in hoeverre de bestaande regelingen en de bijbehorende budgetten gehandhaafd moeten worden. Indien men besluit ze alle te handhaven, dan zal het budget voor de voorgestelde programma's dus in zijn geheel 'extra' geld betreffen. Indien een deel van de bestaande budgetten verschoven wordt naar de voorgestelde programma's, dan is slechts een deel van die 300 miljoen 'extra'.

toekomst en de prijzen van energie. Een overheid die kiest, kan ook verkeerd kiezen. Daarom is het verstandig iets aan risicospreiding te doen en een brede portefeuille te hebben. Het is bovendien van belang om daarbij ruimte voor nieuwe ideeën te laten.⁹² Kiezen betekent overigens niet dat andere terreinen volledig uit de onderzoeksprogramma's (van kennisinstellingen) geschrapt moeten worden. Integendeel, het is van belang om naast gerichte keuzes ook een brede kennisbasis in stand te houden, zodat Nederland kan blijven aanhaken bij nieuwe ontwikkelingen in de rest van de wereld, daarmee de optie openhoudend van nieuw economisch en of maatschappelijk gewin.

Ten derde moet de overheid zich realiseren dat kiezen wel consequenties heeft. Er is langjarige zekerheid, commitment en budgettering nodig. Wanneer de eerste fase van de innovatie in het lab of op de tekentafel succesvol is, moeten er demonstratieprojecten komen. Er moet ruimte zijn om te experimenteren. En als de demonstratie succesvol is, dan kan marktontwikkeling nodig zijn. Dat vraagt vasthoudendheid, responsiviteit en adaptiviteit. Wanneer subsidie- of fiscale regelingen worden opgetuigd, moet er ook langjarige zekerheid zijn dat deze (kunnen) worden voortgezet. De overheid moet bereid zijn eventuele belemmeringen weg te halen, ruimte te creëren voor implementatie van nieuwe technologie, eventueel op te treden als *launching customer* of anderszins aan marktontwikkeling doen. Kortom, ze moet doorpakken en zekerheden in de markt creëren. De overheid moet daarbij innovatieprogramma's voldoende tijd gunnen om 'te leveren', maar moet aan de andere kant ook niet bang zijn een doodlopend pad te verlaten.

Ten vierde is, om zekerheid op lange termijn te geven, een breed maatschappelijk en politiek draagvlak onmisbaar. Onze 'polder'-traditie kan bijdragen aan het realiseren van dat draagvlak, maar kan ook in de weg staan. De overheid moet investeren in een breed draagvlak. De overheid kan het echter niet iedereen naar de zin maken. Er kunnen keuzes noodzakelijk zijn die bijvoorbeeld de belangen van de energie-intensieve industrie raken. Daarvoor is moed nodig, maar zeker ook een goed innovatiesysteem. Dat kan de betrokken bedrijven perspectief bieden om de transitie te maken.

Ten vijfde moet de overheid investeren in internationale samenwerking op het gebied van energie-innovatie. Samenwerking op programma's kan sneller resultaat leveren. En als Nederlandse innovaties succesvol zijn, dan is bredere toepassing daarvan dan alleen in Nederland gewenst.

⁹² Zie ook Ministerie van Financiën (2016).

Conclusie en aanbevelingen

3.1 Conclusie

De energietransitie is een grote opgave die veel aspecten van de economie en de samenleving raakt. Innovatie en technologie-ontwikkeling zijn nodig. De overheid heeft hierbij een belangrijke rol, alleen al omdat de opgave vanuit de overheid is gesteld, en omdat de overheid als wetgever en als (mede) eigenaar van infrastructuur en netwerken een belangrijke participant is binnen het energiesysteem. Belangrijker nog is dat afzonderlijke marktpartijen niet in staat zijn zonder coördinatie een collectieve doelstelling te realiseren, doordat het energiesysteem complex is. Bovendien is een 'publieke' afweging van belangen in het geding.

De analyse leidt tot de volgende conclusies:

- ▶ Nederland heeft goede kansen om een rol te spelen in de wereldwijde energie-innovatie. Er is een goede uitgangspositie met bedrijven en kennisinstellingen. Ervaring in samenwerking is opgebouwd, ook via de Topsector energie.
- ▶ Het innovatiesysteem voor energie is echter niet volledig op orde. Ten eerste ontbreken veelal stimulansen voor efficiëntieverbeteringen en kostenreducties – vormen van incrementele innovatie, en ten tweede is er te weinig aandacht voor radicale innovatie en de implementatie daarvan. Ten derde zijn er soms ook averechtse prikkels. Ten slotte ontbreken er schakels in de innovatieketens of is de aansluiting tussen de verschillende fasen in innovatieprocessen onvoldoende, waardoor in potentie kansrijke ideeën geen kans krijgen om een verdere ontwikkeling door te maken.
- ▶ Kennis van en een visie op het energiesysteem zijn nodig om samenhangend en succesvol beleid te maken. De ontwikkeling van de energiemarkten, energieprijzen en energie-innovatie zijn onzeker. De overheid kan bijdragen aan het creëren van meer zekerheid. Daarvoor moet de overheid bereid zijn leiderschap te tonen. Dat leiderschap mag echter niet ontaarden in een star beleid: de overheid moet zowel responsief als adaptief zijn. Dat vraagt politiek-bestuurlijke innovatie.
- ▶ Door bestaande Nederlandse en Europese beleidsinstrumenten beter te activeren voor de energietransitie en meer te richten op innovatie kunnen efficiëntieverbeteringen, kostenreducties en (veelal incrementele) innovatie sterker gestimuleerd worden dan nu het geval is. Dit kan kostenneutraal voor de overheid plaatsvinden. Dat draagt ook weer bij aan een beter innovatiesysteem voor energie-innovatie.

- ▶ Daarnaast zijn radicale innovaties gewenst, die ook met het aangepaste 'bestaande' beleid nog niet allemaal van de grond komen. Hiervoor zijn specifieke programma's nodig. Enerzijds missiegedreven programma's die gericht zijn op specifieke doorbraken. Het is mogelijk om hiervoor kansrijke innovatiethema's te selecteren die aansluiten op de kracht van Nederland. Succes is echter niet volledig gegarandeerd. Daarom is een brede portefeuille nodig, waarin naast de missiegedreven programma's ook vrije ruimte bestaat voor radicale innovatie door een *high impact/high risk*-programma met een open competitie.

3.2 Aanbevelingen aan de overheid

Aanbeveling 1

Innoveer het beleid: pak energie-innovatie op, maar pak ook door.

Ga uit van een duidelijke visie op het innovatiesysteem en op het toekomstige energiesysteem, implementeer bijbehorend beleid en creëer zo voor de lange termijn meer duidelijkheid en zekerheden in de markt. Sluit daarbij aan op de agenda's en visie van omliggende landen en de EU. Wees bij het realiseren van deze visie zowel actief, adaptief als responsief. Investeer in kennis bij de overheid, en maak gebruik van de aanwezige kennis en ervaring bij kennisinstellingen en bedrijven. Zorg er voor dat internationale samenwerking op het terrein van energie-innovatie voor bedrijven en kennisinstellingen vanzelfsprekend is. Stimuleer zowel incrementele als radicale innovatie, en besteed aandacht aan maatschappelijke en economische inbedding van nieuwe technologieën. Per jaar is zo'n 300 miljoen euro nodig voor het nieuwe beleid gericht op de specifieke stimulering van radicale energie-innovatie (zie aanbevelingen 4 en 5). Zoek daarvoor het nodige commitment en draagvlak in de samenleving, bij het bedrijfsleven en de kennisinstellingen. Heroverweeg de bestaande regelingen en budgetten gericht op energie-innovatie in het licht van de voorgestelde sterkere innovatieprikkeling door algemeen energiebeleid en innovatiebeleid (aanbevelingen 2 en 3) en het nieuwe beleid voor radicale energie-innovatie. Een jaarlijks totaalbudget voor energie-innovatie tussen de 400 en 450 miljoen euro is redelijk in vergelijking met andere landen en gezien de grote opgave waarvoor Nederland staat.

Doe dit alles langs de volgende lijnen:

Aanbeveling 2

Richt de uitvoering van het bestaande Europese en Nederlandse beleid voor de verduurzaming van de energiesector en het overige beleid rondom energie meer in op innovatie. Neem innovatie als expliciet doel en aandachtspunt op van dit beleid.

- a. Zet de Stimulering Duurzame Energie (SDE+) innovatiever in, bijvoorbeeld door oplopende eisen te stellen aan subsidies of door kostenreductie als doel te stellen en daarbij passende maatregelen (zoals prijsplafonds) te nemen.
- b. Investeer in een beter werkend systeem van emissiehandel (ETS) opdat de CO₂-prijs beter de externe effecten reflecteert en besteed (binnen de grenzen van de mededingingsregels) de opbrengsten van de ETS-veilingen (nu circa 200 miljoen, maar oplopend als de CO₂-prijs stijgt) aan ondersteuning van innovatie van de bedrijven die onder ETS vallen.
- c. Overweeg om bij uitblijvende of ontoereikende hervorming van het ETS om – samen of in afstemming met omringende landen – een CO₂-heffing in te voeren die voldoende hoog is om een stimulans voor innovatie te zijn, zoals in het Verenigd Koninkrijk en binnenkort in Frankrijk het geval is.
- d. Hervorm de energiebelastingtarieven zodat die de mate van CO₂-uitstoot reflecteren en zo mogelijk ook geleidelijk minder degressief worden. Overweeg om ook bij accijnzen te sturen op CO₂. Door belastingen en accijnzen aan te passen kunnen betere markten gecreëerd worden voor *low carbon* energie en brandstoffen.
- e. Nodig bedrijven uit om deel te nemen aan missiegedreven innovatieprogramma's zodat incrementele innovatie niet de enige focus is van betrokken bedrijven (zie aanbeveling 4).

Aanbeveling 3

Richt het bestaande generieke innovatiebeleid beter in op energie-innovatie.

- a. Neem averechtse prikkels zoveel mogelijk weg door R&D die gericht is op niet-duurzame opties uit te sluiten van ondersteuning. Doe dit via een lichte niet-bureaucratische toets zodat de aantrekkelijkheid van deze regelingen voor het bedrijfsleven niet vermindert.
- b. Overweeg om het budget voor generieke stimulering van innovatie meer nadrukkelijk te bestemmen voor maatschappelijk gewenste innovaties.

Aanbeveling 4

Stel een energie-innovatieportefeuille voor radicale innovatie samen voor de opties die passen bij Nederland, en die recht doet aan de unieke kansen van Nederland en zorg voor een goede institutionele inbedding door een 'Task force energie-innovatie' op te richten.

Kies zo'n zes missiegedreven innovatieprogramma's met een langjarige looptijd, een planmatige aanpak en sterke interne samenhang. Gebruik hiervoor het afwegingskader zoals beschreven in dit advies, voor de selectie van eerst de opties die goed bij Nederland passen en vervolgens van de concrete innovatieopgaven (bij die opties) die voor Nederland interessant en kansrijk zijn om gericht op te pakken in de innovatieprogramma's. Spreek commitment uit voor het hele traject (alle innovatiefasen, inclusief uitrol of implementatie), en wees bereid om door te pakken.

- a. Reserveer voor missiegedreven programma's circa 180 miljoen euro per jaar voor de financiering van circa zes innovatieprogramma's. Zorg voor een goede aansturing van de missiegedreven programma's, een goede samenhang tussen de projecten die deel uitmaken van het programma, en betrek daarbij ook internationale experts. Zorg voor adequate internationale samenwerking om goede aansluiting op het buitenland te borgen en om voortgang te versnellen.
- b. Monitor de voortgang binnen de innovatieprogramma's en stel zo nodig de financiering bij. Stop met projecten die een doodlopend pad blijken te zijn, intensiveer de projecten waar de kans op succes groter wordt.

Bij succesvolle projecten:

- ▶ Bied ruimte en fondsen voor 'demonstratieprojecten'.
- ▶ Wees responsief in de uitrolfase: investeer zo nodig in infrastructuur en marktcreatie en ruim belemmerende regelgeving op.
- ▶ Reserveer middelen in een Fonds Energie-innovatie voor bijdrage aan demonstratie, uitrol, en eventueel marktcreatie en/of infrastructuur wanneer een innovatieprogramma succesvol blijkt te zijn, in totaal 40 miljoen euro per jaar. Draag met dit budget zo nodig bij aan marktontwikkeling of aan de bouw van infrastructuur.

Bij niet succesvolle projecten:

- ▶ Stop een innovatieprogramma wanneer het niet binnen een redelijke termijn resultaten oplevert.
- ▶ Leer wel de lessen.

- c. Zorg voor een goede *governance* en breng de missiegedreven programma's onder één dak, een 'Task force energie-innovatie'. Maak deze Task force energie-innovatie verantwoordelijk voor de samenhang. Sluit aan bij of bouw voort op de samenwerking tussen bedrijven en kennisinstellingen die binnen de Topsector Energie is bereikt en voorkom versnippering van kennis en ervaring door de onderdelen van de Topsector Energie (TKI's), de missiegedreven programma's en het *high impact/high risk* programma (zie aanbeveling 5) zoveel mogelijk onder één bestuurlijk dak te brengen. Overweeg om de Topsector Energie qua taken en opzet door te laten groeien tot een organisatie die ook de beschreven programma's voor radicale innovatie kan accommoderen en kan aansturen als de genoemde task force met overheids- en internationale sturing.

Aanbeveling 5

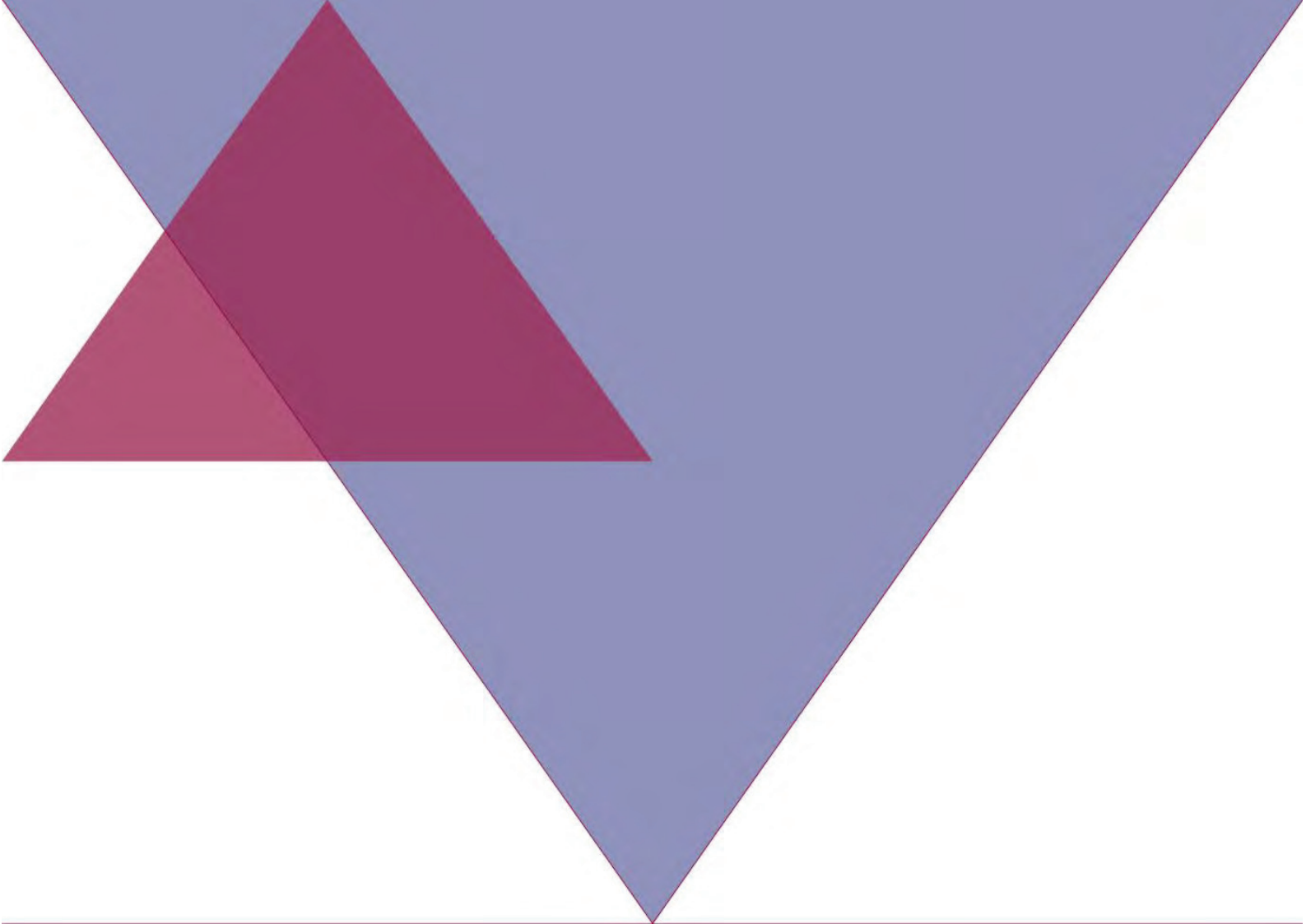
Zorg dat de brede kennisbasis op orde blijft en effectief is voor energie-innovatie.

- a. Zorg voor ruim voldoende middelen voor nieuwe ideeën in de hele breedte van het energiedomein (ze hoeven dus niet per se binnen de geselecteerde aandachts-opties te passen). Start hiervoor een *high impact/high risk* programma. Reserveer hiervoor 60 miljoen euro per jaar om jaarlijks zo'n tien potentieel kansrijke ideeën/projecten 'uit het veld' te financieren met een looptijd van twee tot vijf jaar. Verdeel de middelen in een open competitie. Stel een team samen van internationale experts die de projectvoorstellen beoordelen op potentiële CO₂-reductie, potentiële technische haalbaarheid en toegevoegde waarde vanuit een internationaal perspectief.
- b. Calculeer in dat een groot deel van die projecten niet leidt tot de ultieme energieoplossing, maar borg wel de kennis die wordt opgedaan.
- c. Laat projecten die wel (potentieel) succesvol zijn, doorontwikkelen tot innovatieprogramma en reserveer daar 20 miljoen euro per jaar voor.
- d. Bezie de kansen die in de 'nationale wetenschapsagenda' (NWA) geboden worden voor energie-innovatie, kies en voorzie ze van de middelen als hier beschreven.

Aldus is vastgesteld, te Den Haag, juli 2016

prof. dr. U. Rosenthal, voorzitter

dr. D.J.M. Corbey, secretaris



Bijlagen

Bijlage 1 Adviesvraag



Ministerie van Economische Zaken

> Retouradres Postbus 20401 2500 EK Den Haag

De Adviesraad voor Wetenschap, Technologie en Innovatie
T.a.v. de heer prof.dr. U. Rosenthal, voorzitter
Javastraat 42
2585 AP 's-GRAVENHAGE

Datum 17 FEB. 2016
Betreft Adviesvraag energie-innovatie

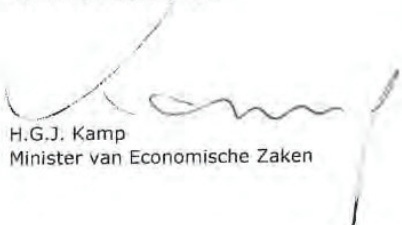
Geachte heer Rosenthal,

In de AWTI-werkprogramma's voor 2015 en 2016-2018 is opgenomen dat de AWTI een advies over energie-innovatie uitbrengt.

De concrete invulling van de adviesvraag is door het ministerie van Economische Zaken uitgewerkt. Dit heeft geleid tot bijgaande adviesaanvraag.

Ik verzoek u het advies uit te brengen voor 9 juli 2016 en vraag u om het proces om te komen tot uw advies open en transparant vorm te geven en daarbij een brede groep stakeholders te betrekken. Er is met uw staf afgesproken dat de AWTI betrokken zal worden bij de Energiedialoog die het ministerie van Economische Zaken dit voorjaar organiseert. In de Energiedialoog kan de AWTI onderwerpen bespreken en kan informatie worden opgehaald die kan worden meegenomen in het adviestraject. Ik verzoek u om 11 mei 2016 een conceptadvies gereed te hebben voor bespreking in de Energiedialoog.

Met vriendelijke groet,


H.G.J. Kamp
Minister van Economische Zaken

**Directoraat-generaal
Energie, Telecom &
Mededinging**

Bezoekadres
Bezuidenhoutseweg 73
2594 AC Den Haag

Postadres
Postbus 20401
2500 EK Den Haag

Factuuradres
Postbus 16180
2500 BD Den Haag

Overheidsidentificatienr
0000001003214369000

T 070 379 8911 (algemeen)
www.rijksoverheid.nl/ez

Ons kenmerk
DGETM-EI / 16018994

Bijlage(n)
1

nr:	
ingekomen:	18-2-2016
vz	
plv. v.z.	
secr.	
plv. secr.	
Archief:	

Bijlage

Adviesvraag AWTI over energie-innovatie

Context

Wereldwijd ligt er een uitdaging om de uitstoot van broeikasgassen in de energievoorziening substantieel te verminderen. Hier zijn in Parijs in december 2015 verdere afspraken over gemaakt. In de Europese Unie is de concrete ambitie geformuleerd om in 2050 een reductie van broeikasgassen van 80-95% in de economie te realiseren. Begin 2016 heeft EZ een energierapport uitgebracht. Dit energierapport bevat de contouren van een strategie om de energietransitie binnen dit internationale kader richting 2050 verder door te zetten.

Een van de onderdelen hierin is om versterkt in te zetten op onderzoek en innovatie. Dat is nodig om die technologieën te ontwikkelen die ons in staat stellen om daadwerkelijk de doelen in 2050 te behalen. De benodigde innovatie is een combinatie van incrementele technologische innovatie en radicale of systeeminnovatie. Daarnaast is sociaal-maatschappelijke inpassing nodig van nieuwe technologische innovaties, naast nieuwe verdienmodellen en ook institutionele veranderingen. Bedrijven in het energiedomein (in de keten van winning tot levering van energie, energiegebruikers en bedrijven die zich bezighouden met energietechnologie) innoveren om beter te concurreren en/of om hun CO₂-uitstoot te verlagen.

Maar voor het realiseren van een transitie naar een CO₂-arme energiehuishouding zal langjarig beleid nodig zijn. Dat kan bestaan uit positieve prikkels, verplichtingen, subsidies en versterking van marktgerichte instrumenten (zoals emissiehandel). Ook een versterkte inzet op onderzoek en innovatie met langjarige opgaven-gestuurde innovatieprogramma's kan essentieel zijn.

Het kabinet wil in ieder geval aansluiten bij de sterktes van Nederland om zo gedurende de transitie onze competitieve voordelen maximaal te benutten en daarmee ons verdienvermogen te versterken. Zo kunnen we de economische kansen die de wereldwijde energietransitie biedt zoveel mogelijk benutten, en dragen we bij aan een efficiënt en kosteneffectief verloop van de energietransitie in Nederland in de vier door de RLI in zijn advies "Rijk zonder CO₂" genoemde energie-functionaliteiten.

Het kabinet wil in 2016 een 'energiedialoog' aangaan over de te voeren strategie. Die dialoog moet leiden tot een beleidsagenda, die het kabinet eind 2016 wil presenteren. Intussen loopt de uitvoering van het Energieakkoord, stimuleert het kabinet innovatie op verscheidene wijzen en werkt de topsector Energie aan specifieke innovatie-opgaven. Uw advies kan een rol spelen in de energiedialoog en kan zo bijdragen aan het opstellen van de beleidsagenda.

Wij vragen u om het proces om te komen tot uw eindadvies open en transparant vorm te geven en daarbij verschillende stakeholders over de volle breedte van het energie-innovatiedomein, zowel binnen als buiten de Topsector Energie, te betrekken. Dat kan door bijvoorbeeld door de Energiedialoog waar nuttig bij te wonen. Hiermee kunnen tussentijds de zienswijzen van de AWTI worden getoetst en mogelijk aangescherpt. We beschikken graag op 11 mei 2016 over een conceptversie voor consultatie, en 8 juli 2016 over het eindadvies van de AWTI.

Adviesvraag

Graag ontvangen wij van u antwoord op de volgende vraag:

- o *Welk beleid moet de overheid voeren om energie-innovatie zodanig te stimuleren dat de overgang naar een duurzame energievoorziening in Nederland in 2050 efficiënt, effectief en maatschappelijk acceptabel gerealiseerd kan worden en dat de economische kansen die de wereldwijde energietransitie biedt, optimaal benut worden?*

Om deze vraag te beantwoorden kan de AWTI de volgende deelvragen in samenhang adresseren:

1. Hoe ziet een afwegingskader eruit dat helpt te bepalen op welke thema's en welke innovatiefasen Nederland de aandacht het beste zou kunnen richten, al dan niet in samenwerking met het buitenland, en welke aanbevelingen levert de toepassing van dit kader op voor het beleid.
 - o Wat zijn daarbij de relevante factoren?
 - o Wat zijn de belangrijkste (systeem)innovaties die nodig zijn in de transitie naar een CO₂-neutrale energievoorziening?
 - o Op welke thema's en welke innovatiefasen daarbinnen – van fundamenteel onderzoek tot uitrol – zou de aandacht in Nederland bij voorkeur gericht moeten worden? Hoe sluit dit portfolio van thema's en innovatieprogramma's aan bij het huidige portfolio van de Topsector Energie?
2. Hoe ziet een afwegingskader eruit dat helpt te bepalen hoe de overheid de benodigde energie-innovatie zo goed mogelijk kan stimuleren en welke aanbevelingen levert de toepassing van dit kader op voor het beleid?
 - o Wat zijn daarbij de relevante factoren?
 - o Welke typen energie-innovatie vragen geen interventie door de overheid en welke juist wel – al dan niet afhankelijk van de omstandigheden?
 - o Welke opties voor beleid zijn er en onder welke omstandigheden worden deze bij voorkeur ingezet (en hoe)? Hoe kan het benodigde budget worden bepaald?
 - o Hoe kan het beleid zowel langdurig *commitment* garanderen als enige flexibiliteit bieden? Welke rol spelen langjarige

innovatieprogramma's hierbij en hoe kunnen die het best vormgegeven worden?

- o Wat kan geleerd worden van beleid in andere landen?
- o Welke rol zouden verschillende partijen en *stakeholders* bij deze innovatiemaatregelen (zoals de langjarige programma's) moeten spelen en hoe kan dat aansluiten bij de huidige Topsector Energie?

Graag zien wij dat u in uw advies zoveel mogelijk aansluit bij de opdeling naar vier energie-functionaliteiten die de RLI in zijn advies "Rijk zonder CO₂" maakt.

Bijlage 2 Bestaand beleid in Nederland

Energie is een 'beleidsrijk' terrein: met allerlei vormen van beleid (zoals vergunningen, voorschriften, subsidies, veiligheid, verplichtingen, belastingen en accijnzen) beïnvloedt de overheid de energievoorziening. Het is van belang om bij al het beleid rondom energie te zoeken naar aanknopingspunten om innovatie te stimuleren. In deze bijlage wordt een overzicht gegeven van het huidige beleidspakket in Nederland dat van invloed is of kan zijn op de energietransitie. Verschillende soorten beleid hebben invloed op het energiesysteem en de deelsystemen waaruit dat bestaat en daarmee beïnvloeden ze ook - in meer of mindere mate - energie-innovatie:

- 1) het algemene innovatiebeleid,
- 2) het beleid ter bevordering van duurzame energie of vermindering van CO₂-uitstoot, dat vaak de uitvoering is van binnen de EU vastgesteld beleid,
- 3) belastingen en accijnzen, en
- 4) het beleid dat specifiek gericht is op energie-innovatie.

Hieronder worden de belangrijkste instrumenten beschreven. Daarin is steeds per instrument beoordeeld wat het effect is of kan zijn op innovatie. Ook worden suggesties gedaan hoe het betreffende instrument 'duurzame' innovaties beter kan prikkelen.

Na het overzicht van de individuele instrumenten wordt per energie-functionaliteit⁹³ een reflectie gegeven op het effect op innovatie van het totale beleidspakket dat geldt per energiefunctie.

B2.1 Instrumenten individueel

Algemeen innovatiebeleid

Het algemeen innovatiebeleid kent in de eerste plaats een aantal fiscale regelingen. De belangrijkste daarvan zijn de WBSO (in totaal € 1,15 miljard in 2016) en de Innovatiebox (in totaal € 742 miljoen in 2012). Dit zijn regelingen die belastingvoordeel bieden voor bedrijven die investeren in onderzoek of innovatie. Voor het MKB is er het innovatiefonds MKB dat innovatiekredieten verstrekt en *seed capital* beschikbaar heeft. De regeling MKB-innovatiestimulering Regio en Topsectoren (MIT) is een gezamenlijke regeling van rijk en provincies en stimuleert innovatie binnen de regio's en de topsectoren. Daarnaast zijn er diversie garantieregelingen, waarbij de overheid garant staat voor een deel van de door banken verstrekte leningen.

⁹³ Het gaat hier over de energiefunctionaliteiten laagtemperatuurwarmte, hogetemperatuurwarmte, 'licht en apparaten en elektriciteit' en 'transport en mobiliteit' zoals deze ook door de Raad voor de Leefomgeving en Infrastructuur (2015) worden onderscheiden in zijn advies *Rijk zonder CO₂*.

Deze generieke regelingen gelden voor alle sectoren; ook de energiesector kan er gebruik van maken. Van de WBSO gaat ongeveer 9% (circa € 95 miljoen) naar R&D op het gebied van 'energie en klimaat'.⁹⁴ Het innovatieboxvoordeel dat naar energie-onderwerpen is gegaan is in 2012 € 24 miljoen.⁹⁵ Via de MIT-regeling ging in 2014 € 2,7 miljoen naar energie-onderwerpen.⁹⁶

De generieke regelingen kunnen zowel incrementele als radicale innovatie bevorderen, hoewel het merendeel waarschijnlijk gaat naar incrementele innovaties. De omvang van het budget dat vanuit de *generieke* regelingen naar energie-onderwerpen gaat, is vergelijkbaar met het budget dat beschikbaar is in de regelingen die zich *specifiek* richten op energie-innovatie, die verderop in dit hoofdstuk aan bod komen. In de onderstaande tabel zijn bovengenoemde budgetten weergegeven.

Tabel 3 Budgetbeslag energie-onderwerpen in generieke innovatieregelingen

Instrument	Budgetbeslag voor energie-onderwerpen
WBSO	+/- € 100 miljoen
Innovatiebox	€ 24 miljoen
MIT-regeling	€ 2,7 miljoen

Bovenstaande bedragen betreffen R&D naar energie in het algemeen, *niet* noodzakelijk 'duurzame' innovaties. Daardoor kan het gebeuren dat de generieke innovatie-instrumenten de slagingskansen van sommige systeeminnovaties beperken, of de implementatie daarvan zelfs vertragen.

Hieronder volgt een toelichting op de WBSO en de Innovatiebox.

WBSO (Oorspronkelijk de Wet bevordering speur- en ontwikkelingswerk)⁹⁷

Doel

Het doel van de WBSO is het bevorderen van innovatie (speur- en ontwikkelingswerk) in het bedrijfsleven door middel van een tegemoetkoming in de R&D-kosten.

Aard

De WBSO verlaagt de kosten voor ontwikkeling van technisch nieuwe producten, productieprocessen of programmatuur. De regeling is gericht op ondernemers. Deze

⁹⁴ Bron: Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

⁹⁵ Hertog, P. den, *et al.* (2015), *Evaluatie Innovatiebox 2010 – 2012*, Utrecht: Dialogic, november 2015.

⁹⁶ Bron: Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

⁹⁷ De afkorting WBSO komt oorspronkelijk van de Wet bevordering speur- en ontwikkelingswerk (*Stb.* 1994, 312), die later opgegaan is in de Wet vermindering afdracht loonbelasting en premie voor de volksverzekeringen; de overheid is de afkorting WBSO wel blijven gebruiken voor de betreffende regeling.

kunnen een korting krijgen op de afdracht van de loonheffing van werknemers. In aanmerking voor WBSO komen loonkosten voor speur en ontwikkelwerk (R&D) en kosten en uitgaven die uitsluitend dienstbaar zijn aan het speur- en ontwikkelwerk.⁹⁸ De afdrachtvermindering is 32% voor de eerste € 350.000 aan kosten die in aanmerking komen. Daarboven geldt een afdrachtvermindering van 16%.

Budget

Het budget voor 2016 is € 1151 miljoen. Twee derde daarvan (67%) gaat naar het MKB.⁹⁹ Ongeveer € 95 miljoen gaat naar 'energie en klimaat'-onderwerpen.¹⁰⁰

Inschatting effect op innovatie

De regeling is direct gericht op het stimuleren van R&D, zonder hierbij thematisch af te bakenen. In de praktijk werd in 2014 ongeveer € 100 miljoen van de WBSO-uitgaven¹⁰¹ gericht op projecten in de categorie 'energie en klimaat'. Kijken we naar een bredere categorie 'groene groei', dan gaat het om ongeveer € 135 miljoen.¹⁰²

Volgens RVO is een groot deel (in aantal en omvang) van de 'energie-R&D-projecten' die voordeel hebben van de WBSO, gericht op technologieën die bij implementatie een vooruitgang op het gebied van energie-efficiëntie of CO₂-emissiereductie¹⁰³ kunnen betekenen. Het is daarmee aannemelijk dat de WBSO een bijdrage levert aan het CO₂-armer maken van de energiehuishouding. De WBSO, is echter een instrument dat niet gericht aanstuurt op de systeeminnovaties die nodig zijn in de energietransitie. Daardoor is mogelijk dat de WBSO de slagingskans van sommige systeeminnovaties beperkt, of deze vertraagt.

Suggesties om de WBSO beter op 'duurzame' innovatie te richten

Onderzocht zou kunnen worden of het mogelijk is en efficiënt kan zijn om de WBSO beter te laten aansluiten bij de transitie naar een CO₂-arme energiehuishouding (en mogelijk andere maatschappelijke uitdagingen waarvoor transities nodig zijn). Daarbij zouden mogelijkheden onderzocht kunnen worden om categorieën R&D gericht op technologieën of methoden niet verenigbaar zijn met een efficiënte transitie, uit te sluiten.

⁹⁸ Tot en met 2014 was er nog sprake van twee regelingen. De WBSO voor loonkosten en de RDA voor R&D investeringen anders dan loonkosten.

⁹⁹ Dit betreft het jaar 2014. Bron: Brief van minister van EZ aan Tweede Kamer van 19 februari 2016 betreffende *Evaluatie van de Innovatiebox*.

¹⁰⁰ Bron: Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

¹⁰¹ Het gaat hier om WBSO en RDA gezamenlijk.

¹⁰² Bron: Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. Onder 'groene groei' vallen naast 'energie en klimaat' ook de thema's 'biobased', 'afval', 'bouw', 'voedsel' en 'mobiliteit'.

¹⁰³ Bron: Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Innovatiebox

Doel

Het doel van de innovatiebox is tweeledig:¹⁰⁴

- ▶ het vestigingsklimaat voor innovatieve bedrijven verbeteren, teneinde hoogwaardige werkgelegenheid aan te trekken en te behouden, en
- ▶ onderzoeks- en ontwikkelingswerk in Nederland te bevorderen.

Aard

Voor winsten en verliezen uit immateriële activa voortkomend uit speur- en ontwikkelwerk, of waarvoor een octrooi of een buitenlands patent is verkregen, geldt een verlaging van het tarief voor vennootschapsbelasting. In 2016 leidt dit tot een effectieve heffing van 5% in plaats van 20 – 25%. De innovatiebox is een generieke regeling voor alle vennootschapsbelastingplichtige ondernemingen. Tot een innovatiewinst van € 25.000 kan gewerkt worden met een forfaitaire methode waarbij 25% van de totale winst in aanmerking komt.

Budget

Er geldt geen budgetplafond. Het geraamde budgettaire beslag voor 2012¹⁰⁵ is € 742 miljoen.¹⁰⁶ Hiervan ging 17% naar het mkb. Van het innovatieboxvoordeel ging in 2012 € 24 miljoen naar bedrijven die vallen onder de Topsector Energie.¹⁰⁷

Reflectie op rol van instrument in de transitie naar een CO₂-arme energiehuishouding

De innovatiebox is net als de WBSO een generieke regeling die R&D stimuleert. Voor reflectie op de rol van het instrument in de transitie naar een CO₂-arme energiehuishouding verwijzen we daarom naar de paragraaf over de WBSO.

Energie en klimaatbeleid

Het algemene energiebeleid richt zich traditioneel op een betrouwbare, betaalbare en schone energievoorziening. Voor wat het laatste betreft is dat vertaald in drie concrete doelen op Europees niveau voor 2020: i) 20% minder CO₂-uitstoot, ii) een Europees aandeel van 20% duurzame energie, en iii) 20% energiebesparing. Om deze doelen te bereiken is er Europees en nationaal beleid. De belangrijkste instrumenten hiervan worden hieronder behandeld.

EU Emissieplafond met emissiehandelssysteem (ETS)

Voor de uitstoot van broeikasgassen geldt een gezamenlijk Europees emissieplafond, dat jaarlijks afneemt. Daaraan gekoppeld is er het ETS (*Emissions Trading System*), een

¹⁰⁴ Kamerbrief 19 februari 2016 betreffende *Evaluatie van de Innovatiebox*.

¹⁰⁵ Omdat belastingaangiften pas later worden gedaan kunnen over latere jaren met minder zekerheid uitspraken worden gedaan.

¹⁰⁶ Kamerbrief 19 februari 2016 betreffende *Evaluatie van de Innovatiebox*.

¹⁰⁷ Hertog, P den, *et al.* (2015), *Evaluatie Innovatiebox 2010-2012*, Utrecht: Dialogic, november 2015.

systeem voor Europese handel in emissierechten. Onder dit systeem valt een aantal energie-intensieve sectoren, zoals elektriciteitsproductie (kolencentrales, gascentrales), industrie (o.a. chemie, papier, metaal, raffinaderijen) en binnen-Europese luchtvaart. In Nederland vallen bijna 450 bedrijven onder het ETS. Voor alle bedrijven die onder het Europese ETS vallen bestaat er een gezamenlijk maximum voor de uitstoot van broeikasgassen. Het plafond gaat met 1,74% per jaar omlaag. Bedrijven moeten emissierechten kopen om hun uitstoot te verevenen. De internationaal concurrerende industrie krijgt een deel van de rechten gratis. Dit deel wordt ieder jaar kleiner. De elektriciteitssector krijgt geen gratis rechten. Als bedrijven investeren in schonere of efficiëntere technologie houden ze rechten over, die ze kunnen verkopen aan andere bedrijven.

Maar de huidige prijs voor emissierechten is zo laag¹⁰⁸ (en de verwachting is dat deze de komende tijd niet veel hoger wordt)¹⁰⁹ dat daar nauwelijks een prikkel voor innovatie in besparing of alternatieven voor fossiele energie vanuit gaat (en al helemaal niet voor radicale innovatie, zeker vanwege de onzekerheid over de langetermijnontwikkeling van de CO₂-prijs). Als de CO₂-emissieprijs voldoende hoog is en langjarige zekerheden biedt, zou deze een goede stimulans kunnen vormen voor investeringen in CO₂-arme technologieën en methoden en daarmee ook in innovatie en R&D om deze te ontwikkelen. Hierdoor wordt het hele spectrum van incrementele tot radicale innovatie gestimuleerd. Om bijvoorbeeld CCS rendabel te maken is een CO₂-prijs nodig van 30 tot 50 euro per ton CO₂. De gemiddelde prijs in 2015 was ruim 7,50 euro.¹¹⁰ Hierdoor is ook de prikkel voor R&D om deze technologieën te ontwikkelen beperkt. Bovendien bestaat er veel onzekerheid over de emissieprijsen in de toekomst, hetgeen ook de stimulans voor innovatie en R&D verlaagt. Vooral de stimulans voor radicale innovatie verzwakt hierdoor omdat daar gemiddeld gezien een langere tijdshorizon geldt.

Maatregelen om de prijs te verhogen zijn mogelijk (bijvoorbeeld het plafond sneller verlagen, overtollige rechten uit de markt nemen) en nu in discussie op Europees niveau.¹¹¹ Het Verenigd Koninkrijk heeft aanvullend op het ETS een bodemprijs voor CO₂ vastgesteld. Frankrijk is van plan dat vanaf 2017 eveneens te doen.

SDE+ en de nationale hernieuwbare energiedoelstelling

Doel

De SDE+ is erop gericht de grootschalige uitrol van hernieuwbare energieproductie op

¹⁰⁸ De prijs voor emissierechten is het resultaat van vraag en aanbod. Het aanbod wordt bepaald door het emissieplafond. Mede door de economische crisis van enkele jaren geleden daalde de vraag naar emissierechten sterk, waardoor de prijs ook kelderde.

¹⁰⁹ Zie bijvoorbeeld de futureprijzen: www.eex.com

¹¹⁰ Veilingrapport NEa, 2015.

¹¹¹ De 'backloading decision' is vorig jaar genomen, nu zijn er voorstellen in discussie over verlaging van het plafond. Mogelijke maatregelen zijn: rechten uit markt halen, het plafond sneller naar beneden, of koppeling aan ETS-systemen in andere delen van de wereld. Deze maatregelen zijn in bespreking op EU-niveau en worden gesteund door Nederland.

een kosteneffectieve manier te bespoedigen. Met de SDE+ wordt ingezet op het tegen zo laag mogelijke kosten bereiken van de doelstelling voor 16% hernieuwbare energie in 2023.

Aard

De SDE+ is een subsidieregeling die voor hernieuwbare energieproductie per geproduceerde eenheid energie een compensatie geeft voor het verschil tussen de kostprijs van een hernieuwbare energieproject en de marktwaarde van de geleverde energie. Op grond van de SDE+ worden beschikkingen gegeven voor een looptijd van acht tot vijftien jaar. Jaarlijks wordt op basis van de gemiddelde groothandelsprijzen voor energie het uiteindelijke subsidiebedrag per energie-eenheid bepaald (via een *basisbedrag* en een *correctiebedrag* op een bij beschikking vastgelegde berekeningswijze). In elkaar opvolgende fases met een bijbehorend subsidiebudget mogen aanvragers inbieden op een maximaal bedrag per technologie of een lager bedrag. De ranking is op volgorde van binnenkomst per dag. Op de dag dat het subsidiebudget uitgeput is, geldt een rangschikking op aanvraagbedrag. Alle aanvragen, dus ook alle technologieën, concurreren zo tegen elkaar op subsidiekosten per hoeveelheid hernieuwbare energie.

Voor *wind op zee* geldt een uitzonderingssituatie. Voor deze technologie is in het *Energieakkoord voor Duurzame Groei* een uitrolpad afgesproken inclusief een daarbij horende reservering van budget. Hierbij wordt uitgegaan van een gemiddelde kostprijsreductie (gecorrigeerd voor locatiespecifieke kenmerken) van 40% per MWh in de periode 2014-2024. Ieder jaar wordt, corresponderend met dit kostprijsreductiepad, het maximale subsidiebedrag verlaagd.

Budget

Het verplichtingenbudget in 2016 is € 8 miljard. Dat houdt in dat in 2016 voor € 8 miljard aan meerjarige verplichtingen kan worden aangegaan. De subsidieverplichting wordt afhankelijk van de technologie voor een periode tussen de 8 en 12 jaar aangegaan. In de jaren 2011 t/m 2015 is het jaarlijkse verplichtingenbudget van € 1,5 miljard geleidelijk opgelopen naar € 3,5 miljard.

Reflectie op de rol van SDE+ in de transitie naar een CO₂-arme energiehuishouding

De SDE+ beoogt het tegen zo laag mogelijke kosten bereiken van het 2023-doel voor hernieuwbare energie. In de SDE+ geldt daarbij dat alleen technologieën met een maximaal basisbedrag van €0,15/kWh in aanmerking komen voor subsidie. Op deze manier worden technologieën die duur zijn, nog niet grootschalig uitgerold. Het betreft hier een *one size fits all* aanpak. Het instrument van de SDE+ richt zich niet op het per technologie doorlopen van kostencurves, wat in de SDE – de voorganger van de SDE+ – wel gedaan werd. Dit had echter een aantal bezwaren. De belangrijkste waren dat de gedoseerde uitrol per technologie veel budget onbenut liet in sommige jaren als er in een

bepaalde categorie weinig aanvragen kwamen, en dat er via lobby en door de Tweede Kamer veel invloed uitgeoefend werd op hoeveel geld voor een bepaalde categorie in een bepaald jaar beschikbaar werd gesteld.

De SDE+ richt zich daarmee niet op de kostenefficiëntie van het doorgroeipad na 2023. Ook voor de periode tot 2023 kan verwacht worden dat het instrument SDE+ alleen, door steeds per jaar te richten op de dan meest kostenefficiënte technologieën, niet uitkomt op de meest kostenefficiënte totale pad om het 2023 doel te bereiken.

Technologieën die steile kostencurves kunnen doorlopen en over een aantal jaar door kunnen ontwikkelen naar de goedkoopste technologie, krijgen hiervoor geen waardering in de SDE+. De technologieën die nu het goedkoopst zijn, krijgen een voorrangspostie. Om dit te ondervangen is een deel van het SDE+-budget vrijgemaakt voor innovatiestimulering tot en met de demonstratiefase via de 'Hernieuwbare Energieregeling'. De Hernieuwbare Energieregeling wordt verderop in deze bijlage toegelicht.

Na de demonstratiefase levert de SDE+ zoals deze nu is ingericht niet voor iedere technologie een garantie op een goede begeleiding naar opschaling. Nieuwe technologieën die in de vroege opschalingsfase nog relatief duur zijn, komen soms slechts in aanmerking voor voldoende subsidie als in de jaren dat de opschaling plaats kan vinden de schaarste in de SDE+tenders laag is, zodat meerdere fasen worden doorlopen en de subsidiebedragen hoger worden. Hier ontbreekt een instrument dat de vroege opschaling met zekerheid begeleidt. Dit kan de vroege opschaling bemoeilijken en zorgt voor een beperking in de stimulans voor RD&D.

Tot slot kan verwacht worden dat er in de markt onzekerheid bestaat over nationale doelen en daarmee samenhangende subsidieregelingen na 2023. Als gevolg hiervan zal het stimulerende effect van de SDE+ op onderzoek en ontwikkeling aanzienlijk beperkter zijn dan bij een instrument waar langjarige zekerheid vanuit gaat. In de laatste jaren is duidelijker geworden dat er vanuit de EU geen voortzetting van nationale bindende doelen voor hernieuwbare energie zal komen. Daarbij heeft het kabinet in het Energierapport *Transitie naar Duurzaam* aangekondigd aan te sturen op CO₂-emissiereductie en niet meer op hernieuwbare energie. De onzekerheid over stimulering na 2023 is daarmee nog groter geworden. Tevens wordt het effect van de onzekerheid groter naarmate 2023 nadert. De stimulans van de SDE+ op RD&D neemt daarmee steeds verder af.

Investeringssubsidie Duurzame Energie (ISDE)

Doel

Het doel van de ISDE is het stimuleren van productie van duurzame energie ten behoeve van de realisatie van de duurzame energiedoelstelling uit het Energieakkoord.¹¹²

Aard

De ISDE is een investeringssubsidie. De regeling is met name gericht op relatief kleine productie-installaties die geen gebruik kunnen maken van de SDE+. Het gaat bijvoorbeeld om zonneboilers, biomassaketels, pelletkachels en warmtepompen. Per technologie worden subsidiebedragen vastgesteld. Voor zeer kleine installaties zijn dit vaak vaste bedragen. Voor wat grotere installaties gaat het om bedragen die gerelateerd zijn aan het vermogen van de installaties. Het subsidiebudget wordt verdeeld op volgorde van binnenkomst van aanvragen.

Budget

Het subsidieplafond in 2016 is € 70 miljoen. De regeling is geopend op 1 januari 2016 en loopt tot en met 2020. De subsidieplafonds voor latere kalenderjaren worden met ingang van het betreffende kalenderjaar bekend gemaakt.

Reflectie op de rol van ISDE in de transitie naar een CO₂-arme energiehuishouding

De regeling is gericht op verspreiding van beschikbare technologie. Doordat de budgetten en technologieën die onder de regeling vallen, jaarlijks gewijzigd kunnen worden, zal de regeling – ondanks het feit dat vooraf is aangekondigd dat de regeling tot en met 2020 open zal staan – weinig zekerheden geven in de markt. Het is niet aannemelijk dat de regeling veel stimulerend effect zal hebben op R&D en radicale innovaties omdat deze gericht is op 2020 en wordt ingezet op kostenefficiënt behalen van het 2020-doel. Ontwikkeltrajecten die zich nog in de R&D-fase bevinden en innovaties met een meer radicaal karakter zullen waarschijnlijk niet leiden tot grootschalige uitrol voor 2020. Naar mate 2020 nadert, neemt deze waarschijnlijkheid nog verder af.

Suggesties voor beter op innovatie richten

Door in de regeling meerjarig vast te leggen wat de subsidieplafonds zijn en welke technologieën zich kwalificeren zal het stimulerend effect op innovatie verbeteren. Indien besloten wordt om de regeling langer te laten bestaan, kan voor technologieën waar naar verwachting nationaal invloed kan worden uitgeoefend op de kostencurve overwogen worden om te werken met een vooraf afgesproken pad van jaarlijks afnemende subsidiebedragen.

¹¹² Regeling van de Minister van Economische Zaken van 14 december 2015, nr. WJZ/15172584, tot wijziging van de Regeling nationale EZ-subsidies in verband met de invoering van investeringsubsidies voor kleine installaties voor duurzame energieproductie, *Stcrt.* 2015, 46527.

EU-beleid brandstoffen

De richtlijn hernieuwbare energie verplicht de lidstaten daarnaast tot 10% duurzame energie. Dit is in Nederland vertaald naar een oplopende jaarverplichting voor brandstofleveranciers. De jaarverplichting is verhandelbaar: brandstofleveranciers kunnen aan hun jaarverplichting voldoen door Hernieuwbare Energie Eenheden te kopen van andere bedrijven. Naast de jaarverplichting bestaat er op grond van de Europese richtlijn brandstofkwaliteit de verplichting om de CO₂-prestatie van brandstoffen in 2020 met 6% te verlagen ten opzichte van 2010. Dat kan door biobrandstoffen bij te mengen, maar ook door in de keten (bijvoorbeeld bij de raffinaderijen) minder CO₂ uit te stoten. Er zijn enkele stimulansen voor innovatie: brandstoffen uit reststromen tellen bijvoorbeeld dubbel voor de jaarverplichting. Waterstof of elektriciteit voor mobiliteit levert daarnaast een gunstige berekening voor de jaarverplichting en de reductieverplichting. Deze wetgeving is voor de overheid kostenneutraal.

Wet Milieubeheer verplichting en Meerjarenspraak 3 (MJA3)

Doel

De doelstelling van de MJA 3 is 30% energiebesparing in de periode 2005 – 2020 voor de gezamenlijke deelnemende ondernemingen.

Aard

Onder de Wet Milieubeheer geldt voor de meeste bedrijven die niet aan ETS deelnemen de verplichting om energiebesparende maatregelen te nemen met een terugverdientijd van vijf jaar of minder.¹¹³ Door deel te nemen aan de Meerjarenspraken 3 (MJA3) kan een onderneming op een meerjarig flexibele wijze invulling geven aan deze verplichting. In de MJA 3 is afgesproken dat deelnemende ondernemingen eens in de vier jaar een *Energie-efficiëntieplan (EEP)* maken waarin rendabele maatregelen voor energiebesparing worden geïnventariseerd. De ondernemingen moeten deze EEP's uitvoeren. Het bevoegd gezag voor de Wet milieubeheer geeft aan of ze instemt met het EEP als invulling van de Wet milieubeheer-verplichting. Daarnaast streven deelnemende sectoren naar het maken van een routekaart, waarin een mogelijk pad in beeld wordt gebracht naar 50% energie-efficiëntieverbetering in 2030. Bedrijven die deelnemen aan de MJA3, komen in aanmerking voor een teruggaaf van Energiebelasting op elektriciteit in de hoogste schijf.

Budget

De teruggaaf van Energiebelasting voor alle MJA3-deelnemers is in totaliteit in orde van grootte van € 1 miljoen/jaar. Dit bedrag is beperkt in vergelijking met de andere

¹¹³ Om historische redenen neemt ook een aantal bedrijven met inrichtingen die onder ETS vallen deel aan de MJA3. Voor deze inrichtingen geldt dan niet de wettelijke verplichting om rendabele energiebesparingsmaatregelen te nemen. Deze bedrijven komen dan mogelijk wel in aanmerking voor compensatie voor elektriciteitsprijsverhoging als gevolg van ETS. De compensatie is nader toegelicht in de paragraaf over het MEE-convenant.

regelingen en per bedrijf gaat het om een verwaarloosbaar bedrag. De druk om energie te besparen komt primair voort uit de wettelijke plicht. De handhaving hiervan laat echter te wensen over. In het Energieakkoord is afgesproken de handhaving te verbeteren.

Reflectie op de rol van dit instrument in de transitie naar een CO₂-arme energiehuishouding

De verplichting in de Wet milieubeheer (al dan niet in combinatie met de MJA3) vormt een beperkte prikkel voor innovatie. Ten eerste is de handhaving onzeker waardoor de omvang van de markt voor energie-efficiënte technologie onzeker is. Ten tweede is het instrument gericht op beschikbare technologie. Innovatieve technologie kent vaak langere terugverdientijden en risico's waarmee het niet onder de verplichting valt of moeilijk afdwingbaar is. Met de MJA3 wordt wel de mogelijkheid gegeven om de verplichting in de Wet milieubeheer voor een (EEP)-periode van vier jaar in te vullen, waarbij er uitruil mogelijk is tussen maatregelen die met beschikbare technologie rendabel zijn en innovatievere maatregelen. De onzekere handhaving van de Wet milieubeheer maakt echter dat de druk die uitgaat van dit instrument (verplichting uit de Wet milieubeheer en de MJA3) en daarmee de stimulans voor innovatie beperkt blijft. Ook is een EEP-periode van vier jaar – waarbinnen uitruil kan plaatsvinden – relatief kort om bedrijven te stimuleren om grote investeringen te doen in innovatieve technologieën. Het effect van de verplichting in de Wet milieubeheer en MJA3 op radicale innovatie is waarschijnlijk zeer beperkt omdat de instrumenten daar (vrijwel) niet op gericht zijn. Wel hebben sectoren die deelnemen aan de MJA3, routekaarten gemaakt, waarin is uitgewerkt hoe in 2030 50% energie-efficiënter kan worden geopereerd. Daarmee is kennis gegenereerd over innovatie-mogelijkheden. In het convenant staat dat afspraken zullen worden gemaakt over uitvoering van de routekaart, maar in de praktijk staat hier niet veel druk op.

Suggesties voor beter op innovatie richten

Verbetering kan komen door betere handhaving van de verplichting in combinatie met een formeler meerjarig commitment van de overheid waarmee bedrijven die grote innovatieve energie-efficiëntieverbeteringen doorvoeren een toezegging krijgen dat zij voor een langere periode de verplichting hebben ingevuld.

MEE-convenant

Doel

Het doel van het MEE-convenant is om ETS-ondernemingen een significante bijdrage te laten leveren aan de verbetering van energie-efficiëntie door het treffen van rendabele maatregelen voor energie-efficiëntieverbetereing en het op strategisch niveau onderzoeken wat besparingsmogelijkheden op lange termijn zijn.

Aard

In de MEE is afgesproken dat deelnemende ondernemingen eens in de vier jaar een *Energie-efficiëntieplan (EEP)* maken waarin rendabele energiebesparingsmaatregelen worden geïnventariseerd. Deze EEP's moeten door de ondernemingen worden uitgevoerd. Net als bij de MJA3 is er uitruil mogelijk tussen het nemen van maatregelen die rendabel zijn met beschikbare technologie, en innovatievere maatregelen. Daarnaast streven deelnemende sectoren naar het maken van een routekaart, waarin een mogelijk pad in beeld wordt gebracht naar 50% energie-efficiëntieverbetering in 2030. Partijen die deelnemen aan de MEE en de daarin gemaakte afspraken nakomen, komen in aanmerking voor een teruggaaf van Energiebelasting op elektriciteit in de hoogste schijf en voor een compensatie voor de verhoging van de marktprijs voor elektriciteit die het gevolg is van ETS.

Budget

De teruggaaf van Energiebelasting voor de aan de MEE deelnemende bedrijven is in totaliteit in de orde van grootte van € 5 miljoen. Deze teruggaaf slaat vrijwel geheel neer bij tien procent van de deelnemende bedrijven. Voor de meeste deelnemers is de teruggaaf verwaarloosbaar. De compensatie voor elektriciteitsprijsverhoging door ETS is op jaarbasis maximaal € 78 miljoen. Ook dit bedrag slaat neer bij een kleine selectie grootverbruikers van elektriciteit onder de MEE-deelnemers.

Reflectie op de rol van het MEE-convenant in de transitie naar een CO₂-arme energiehuishouding

De teruggaaf en compensatie die aan de MEE verbonden zijn, zijn gering en slaan slechts bij een beperkt aantal deelnemers neer. Bovendien zijn de afspraken in het MEE-convenant over welke maatregelen bedrijven precies moeten nemen, niet volledig duidelijk. Hierdoor zal het effect van de MEE op energie-efficiëntieverbetering beperkt zijn en daarmee ook op investeringen in innovatieve technologieën en de R&D om deze te ontwikkelen. Bovendien wordt jaarlijks bepaald of bedrijven in aanmerking komen voor de teruggaaf van de Energiebelasting en compensatie voor de elektriciteitsprijsverhoging als gevolg van ETS. Hierdoor zal er een beperkte prikkel zijn voor investeringen in vergaande, innovatievere energie-efficiëntieverbetering die zich over langere tijd terug moeten verdienen. Over de uitvoering van de routekaarten zijn in de MEE geen duidelijke afspraken gemaakt. De routekaarten geven daarom slechts informatie over mogelijke innovaties.

Suggesties voor beter op innovatie richten

Verbetering kan komen door concretere afspraken te maken over de verplichtingen voor bedrijven en die te koppelen aan meerjarige toezeggingen over de relatieve voordelen voor bedrijven die hun verplichtingen nakomen.

Energieprestatiecoëfficiënt (EPC)

Onder de EU Richtlijn EPBD uit 2010¹¹⁴ zijn Lidstaten verplicht minimale energieprestatie-eisen te stellen aan nieuwe gebouwen gericht op bijna energieneutrale nieuwbouw vanaf eind 2020 (eind 2018 voor nieuwe overheidsgebouwen). In Nederland wordt invulling gegeven aan deze verplichting met de EPC-normering.¹¹⁵ De EPC is één van de belangrijkste instrumenten in het energiebeleid voor de gebouwde omgeving.

Doel

De EPC is gericht op het verbeteren van de energieprestatie van nieuwe gebouwen. Hiermee wordt aangestuurd op bijna energieneutrale nieuwbouw vanaf eind 2020.

Aard

De EPC stelt minimumeisen aan de energieprestatie van nieuwe gebouwen. Lidstaten zijn verplicht om de vijf jaar te beoordelen, op basis van kostenoptimaliteitsberekeningen, of dat door marktontwikkelingen de eisen moeten worden aangescherpt. De nieuwe gebouwen kunnen aan de eisen voldoen door energiebesparende maatregelen of het toepassen van hernieuwbare energie-opwekking. Het is mogelijk om een deel¹¹⁶ van de EPC in te vullen met zogenoemde gebiedsmaatregelen; bijvoorbeeld warmtenetten gevoed met restwarmte of warmte van afvalverbranding. Het is voor fabrikanten mogelijk om nog niet in de bepalingmethode gewaardeerde technieken mee te laten wegen als ze een gelijkwaardigheidsverklaring of kwaliteitsverklaring kunnen voorleggen.

Budget

N.v.t. De EPC betreft een eis.

Reflectie op de rol van het instrument in de transitie naar een CO₂-arme energiehuishouding

In de EPBD is met de bijna energieneutrale nieuwbouw in 2020 een duidelijk doel gesteld. Dit doel is zodanig vergaand dat belangrijke innovatiestappen gemaakt moeten worden. Met het uitgangspunt van kostenefficiëntie en een standaard berekeningsmethode is het pad van oplopende eisen bovendien voorspelbaar. De EPBD-verplichting en de EPC zullen een aanzienlijke stimulans geven voor zowel incrementele als radicale innovatie. Bij de bepaling van het pad van oplopende eisen wordt rekening gehouden met wat kostenefficiënt is en wat met 'beschikbare technologie' mogelijk is. Het meerjarige pad van oplopende eisen naar een verder in de toekomst liggend en ambitieus einddoel biedt een duidelijk marktperspectief voor radicalere innovaties naar vergaande energiezuinige en/of kostenefficiënte oplossingen. Het feit dat de verplichting voor de hele EU geldt, creëert een omvangrijke markt. De handhaving vormt echter een aandachtspunt.

¹¹⁴ Energy Performance of Buildings Directive uit 2010 (2010/31/EU). Het betreft een herziene versie van de EPBD uit 2002.

¹¹⁵ EPC staat voor Energieprestatiecoëfficiënt.

¹¹⁶ Bij gebruik van gebiedsmaatregelen in de EPC mag de gebouwgebonden EPC maximaal 33% hoger liggen dan de totale EPC.

Uit onderzoek komt naar voren dat niet altijd kan worden aangetoond dat de EPC wordt gehaald.¹¹⁷

Suggesties voor beter op innovatie richten

Zorg voor goede handhaving. Onzekere handhaving leidt tot een onvoorspelbare markt en daarmee (in potentie) tot substantiële afname van de prikkel voor R&D.

Belastingen en heffingen

Ook belastingen, heffingen en belastingvoordelen spelen een belangrijke rol in het Nederlandse energiebeleid. Hier worden de belangrijkste instrumenten behandeld.

Energie-investeringsaftrek (EIA)

Doel

Het doel van de Energie-investeringsaftrek is de stimulering van energiezuinige bedrijfsmiddelen.

Aard

De EIA geeft een fiscaal voordeel voor investeringen in energiezuinige technieken. De EIA is een generieke regeling voor alle investeringen die een bepaalde hoeveelheid – hier geldt een bandbreedte – energie besparen per geïnvesteerde euro. De gedachte hierachter is dat investeringen met een korte terugverdientijd vanzelf in de markt worden gedaan of onder de Wet Milieubeheer kunnen worden afgedwongen, terwijl investeringen met een heel lange terugverdientijd niet kostenefficiënt zijn om met behulp van een subsidie te stimuleren. De EIA-belastingaftrek vult dit ‘gat’. In de praktijk wordt gewerkt met een lijst van technologieën die sowieso in aanmerking komen. Omdat de besparing wordt berekend ten opzichte van de referentie die in de markt geldt, wordt deze lager naarmate een technologie breder toegepast wordt. De technologie in kwestie wordt dan namelijk zelf meer en meer de referentie, waardoor de ‘energiebesparing’ beweegt naar nul. Tot en met 2013 kwamen ook investeringen in technologie voor hernieuwbare energieproductie in aanmerking. Sinds 2014 komen investeringen die in aanmerking komen voor de SDE+ niet meer in aanmerking voor de EIA. Door investeerders kan met behulp van de EIA 58% van de investeringskosten in mindering worden gebracht op de fiscale winst, waardoor er minder vennootschaps- of inkomstenbelasting betaald hoeft te worden. Het gemiddelde netto fiscale voordeel is 14% van de investering. De regeling bestaat sinds 1997 en kent sinds die tijd enigszins wisselende aftrekpercentages.

¹¹⁷ Bron: <http://www.bouwwereld.nl/nieuws/veel-mis-met-nieuwbouwwoningen/>

Budget

Het budget voor 2016 is € 161 miljoen. Het budget in voorgaande twee jaren was € 111 en 106 miljoen.

Reflectie op de rol van de EIA in de transitie naar een CO₂-arme energiehuishouding

De EIA geeft, omdat wordt gewerkt met een marktpenetratiecriterium, een stimulans op de uitrol van nieuwe technologie en niet de adoptie van algemeen toegepaste technologie. Investerings in energiebesparing met een lange terugverdientijd komen niet in aanmerking voor de regeling. Hierdoor wordt met de regeling niet direct gestimuleerd om te investeren in de wat duurere innovatieve technologieën ten opzichte van de goedkopere. De regeling beweegt daarmee de investeerder te kiezen voor investeringen met relatief korte terugverdientijden. Het is daarmee mogelijk dat als gevolg van de EIA niet wordt gekozen voor investeringen in innovatieve duurere technologieën met een langere terugverdientijd. De regeling stimuleert hierdoor dus in de regel niet de adoptie van radicale innovaties. De regeling wordt in de markt als een redelijk 'constante factor' ervaren omdat de regeling al lang bestaat en relatief weinig beïnvloed wordt door lobby en politiek. Verwacht kan worden dat hierdoor een substantiële indirecte prikkel voor ontwikkelen van nieuwe technologieën uitgaat van de EIA, omdat uitrol van nieuwe energie-efficiënte waarschijnlijker wordt.

Suggesties voor beter op innovatie richten

Een idee is om innovatieve technologieën met een langere terugverdientijd op te nemen in de EIA, door het bereik qua terugverdientijden te vergroten en/of de technologieën op te nemen in de lijst van technologieën die sowieso in aanmerking komen. Ook kan men onderzoeken of een hoger aftrekpercentage voor innovatieve technologieën die veel energie besparen maar een langere terugverdientijd hebben, mogelijk en nuttig is.

Energiebelasting (EB) en Opslag Duurzame Energie (ODE)

Doel

Het doel van de Energiebelasting is in de eerste plaats een prikkel geven voor energiebesparing. Het doel van de Opslag Duurzame Energie is in de eerste plaats het financieren van de SDE+. Daarnaast genereert de ODE een prikkel voor energiebesparing.

Aard

Sinds 1996 wordt op levering van aardgas en elektriciteit energiebelasting geheven. De energiebelasting is degressief: kleinverbruikers betalen aanzienlijk meer belasting voor aardgas en elektriciteit dan grootverbruikers. Voor aardgas: Kleinverbruikers betalen € 0,25/m³ = € 156 / ton CO₂; grootverbruikers betalen € 0,012/ m³ = € 7/ton CO₂. Voor elektriciteit: Kleinverbruikers betalen € 0,10/kWh = € 212 / ton CO₂. Grootverbruikers €0,0005/kWh = €1 / ton CO₂. Sinds 2013 wordt op aardgas en elektriciteit een opslag

geheven voor financiering van de SDE+. De heffing is nu nog relatief beperkt. De tarieven zijn voor kleinverbruikers op aardgas € 0,0018 / m³ = € 1 / ton CO₂ en voor elektriciteit € 0,0056 / kWh = € 12 / ton CO₂. Voor grootverbruikers zijn de (gemiddelde) tarieven aanzienlijk lager. De opslag zal komende jaren oplopen. Over hoe de opslag zal oplopen is een langjarige afspraak gemaakt.

Budget

De inkomsten van de Energiebelasting bedragen € 4,9 miljard (waarvan 53% op elektriciteit, 47% op aardgas). Van de inkomsten is 80% afkomstig uit de eerste schijven.

Reflectie op de rol van EB en ODE in de transitie naar een CO₂-arme energiehuishouding

De EB en ODE geven voor kleinverbruikers een aanzienlijke prikkel voor diffusie van CO₂-arme oplossingen. Voor grootverbruikers is de prikkel op gas beperkt (€ 7/ton) en voor elektriciteit nihil (€ 1/ton CO₂). Van de EB gaat veel zekerheid uit. Er wordt daarom ook een relatief sterke indirecte prikkel gegeven voor ontwikkeling van CO₂-arme oplossingen. Ook geven de EB en ODE bedrijven daarom ook een prikkel om grotere besparingsstappen te maken. Daarmee wordt immers langjarig veel op de heffing bespaard. Daarmee geeft de EB zowel een prikkel voor de diffusie van technologieën van de stand der techniek als technologieën met een innovatief karakter. Vanzelfsprekend geldt dit niet of slechts in zeer beperkte mate voor grootverbruikers omdat de heffing daar laag is.

Specifiek energie-innovatiebeleid

Naast het generieke innovatiebeleid is er in Nederland beleid dat zich specifiek richt op energie-innovatie. Deze instrumenten worden hier behandeld. Het gaat dan om:

Regeling Hernieuwbare Energie¹¹⁸

Doel

Deze regeling beoogt om de doelstelling van 16% hernieuwbare energie in 2023 kosten-effectiever te realiseren door middel van innovatieve projecten die leiden tot (additionele) duurzame energieproductie in 2023.

Aard

De Hernieuwbare energieregeling is een investeringssubsidie op hernieuwbare-energieprojecten betreffende industrieel onderzoek, experimentele ontwikkeling of demonstratie. Voor subsidie kunnen projecten in aanmerking komen die leiden tot duurzame energieproductie in 2023 en een verlaging van de SDE+-uitgaven die groter is dan de aangevraagde subsidie. De subsidie wordt verstrekt op basis van de volgorde van

¹¹⁸ Het gaat hier om de 'paragraaf' *Hernieuwbare Energie* onder de 'titel' *Topsector Energieprojecten* van de Regeling Nationale EZ-subsidies.

binnenkomst van aanvragen. De subsidie geldt voor duurzame energie middels technologieën die onder de SDE+ vallen en een gelimiteerde lijst technologieën die daar niet onder vallen.

Budget

Het subsidieplafond voor 2016 is €50 miljoen.

Reflectie op de rol van de regeling in de transitie naar een CO₂-arme energiehuishouding

De regeling is gericht op het bereiken van innovaties die bijdragen aan kostenverlaging van duurzame energieproductie in de periode tot en met 2023. Daarmee komen naar alle waarschijnlijkheid slechts incrementele innovaties aan bod. Innovaties van een radicalere aard komen niet in aanmerking. Omdat met de regeling op de korte termijn wordt gericht (ook in verband met een doelstelling die slechts tot 2023 reikt) is het niet waarschijnlijk dat de regeling efficiënt is in het licht van de totale energietransitie (die minstens de periode tot 2050 bestrijkt). De regeling geeft waarschijnlijk weinig indirecte stimulans voor R&D omdat de komende periode steeds minder projecten zich zullen kunnen kwalificeren, gezien de tijd die benodigd is om van industrieel onderzoek of experimentele ontwikkeling te komen tot daadwerkelijke productie (in de regel 5 à 10 jaar) en de eis dat een project moet leiden tot duurzame energieproductie in 2023. Bovendien zal de regeling waarschijnlijk in deze vorm niet lang voortbestaan en is een vergelijkbaar vervolg niet waarschijnlijk omdat er geen nationale doelstelling voor hernieuwbare energie na 2023 is, de Europese doelen voor 2030 niet worden vertaald naar het nationale niveau en in het Energierapport de keuze wordt gemaakt om enkel te sturen op 'CO₂-arm' (en niet ook op een aandeel hernieuwbare energie).

Suggesties voor beter op innovatie richten

De regeling Hernieuwbare Energie is gericht op het kosteneffectiever realiseren van het 2023-doel voor hernieuwbare energie. Als wordt vastgehouden aan deze doelstelling zijn er geen substantiële verbeteringen mogelijk. Het is niet mogelijk of zinvol om suggesties te doen voor verbetering van deze regeling met inbegrip van de doelstelling, omdat onduidelijk is of er nationale doelstellingen voor hernieuwbare energie na 2023 komen en, als deze er komen, welk beleid hierop vervolgens gericht zal worden.

Demonstratie Energie-innovatie (DEI)

Doel

Het doel van de DEI-regeling is om in Nederland een 'etalage' van energie-innovaties te creëren waardoor Nederlandse bedrijven gemakkelijker de sprong naar internationaal

succes kunnen maken met producten, processen of diensten die zij ontwikkeld hebben.¹¹⁹

Aard

De regeling betreft een investeringssubsidie voor demonstraties van energie-innovaties, mogelijk in combinatie met industrieel onderzoek of experimentele ontwikkeling. Specifiek voor energiebesparingsprojecten in de industrie wordt ook gericht op pilot-projecten. Budgetverdeling is op basis van een tender met rangschikkingscriteria. De regeling is gericht op projecten die bijdragen aan versterking van de Nederlandse economie en verduurzaming van de energiehuishouding en is niet beperkt tot de programmalijnen van de Topsector Energie.

Budget

In het Energieakkoord voor Duurzame Groei is een meerjarig budgetpad afgesproken (bedragen zijn inclusief ongeveer €1 miljoen uitvoeringskosten): voor 2014 € 25 miljoen; voor 2015 € 35 miljoen; voor 2016 € 45 miljoen; vanaf 2017 structureel € 50 miljoen. In 2016 is het budget echter verlaagd tot € 35,7 miljoen exclusief uitvoeringskosten. Het budget is de afgelopen jaren niet uitgeput omdat er niet genoeg aanvragen waren voor projecten van voldoende kwaliteit.

Reflectie op de rol van de DEI in de transitie naar een CO₂-arme energiehuishouding

De regeling zal direct bijdragen aan demonstraties eventueel in combinatie met industrieel onderzoek. Indirect zal de regeling R&D stimuleren, omdat demonstraties in het verlengde daarvan ondersteund worden door de DEI. De meerjarige budgetreeks draagt bij aan de zekerheid die in de markt zal worden gevoeld. Het beschikbare budget is echter beperkt, en onzeker, getuige de budgetverlaging voor 2016. Het is niet aannemelijk dat met de DEI regeling echt radicale innovaties worden gestimuleerd. Dit omdat in de tender 'bijdrage aan de Nederlandse economie' een rangschikkingscriterium is. Radicale innovaties zullen hier in de regel niet goed op scoren omdat de bijdrage aan de economie bij een radicale innovatie vaak niet meteen duidelijk is: zoiets blijft onzeker.

Suggesties voor beter op innovatie richten

Om meer zekerheid te bieden over het beschikbare budget zou overwogen kunnen worden om te werken met een open budgetplafond, waarmee geld uit regelingen voor grootschalige uitrol automatisch wordt overgeheveld als er meer kwalitatief goede projecten zijn die de kosten van de gehele transitie naar een CO₂-arme energiehuishouding meer verlagen dan ze aan subsidie kosten. Dit is een constructie zoals bij de hernieuwbare energieregeling en de SDE+. Op deze manier zal er in de markt meer

¹¹⁹ Bijlage 4.2.10, behorende bij artikel 4.2.64 van de Regeling nationale EZ-subsidies (Demonstratie energie-innovatie).

zekerheid ontstaan over de beschikbaarheid van budget in het instrument, hetgeen een extra stimulans vormt voor R&D.

De Topsector Energie

Gezien het belang van het instrument Topsector Energie in de transitie naar een CO₂-arme energiehuishouding is dit instrument al uitgewerkt in de hoofdtekst van dit advies. In deze bijlage wordt aanvullende informatie gegeven over het doel van het bedrijvenbeleid waaraan de Topsector Energie een bijdrage levert en de instrumenten die specifiek voor de Topsector Energie ter beschikking staan.

Doel bedrijvenbeleid en Topsector Energie

De Topsector Energie is een onderdeel van de Topsectorenaanpak. Voor de Topsectorenaanpak is geen formele beleidsdoelstelling geformuleerd. De formele beleidsdoelstelling waar de Topsectorenaanpak onder valt, is de doelstelling van het bedrijvenbeleid: “Een sterker innovatievermogen van de Nederlandse economie”. Hieronder vallen de drie subdoelen:¹²⁰

- ▶ De ambitie is dat Nederland in 2020 mondiaal tot de top-vijf van de kennis-economieën behoort.
- ▶ In het kader van de Europa 2020-strategie stelt Nederland zich daarnaast ten doel dat in 2020 2,5% van het bruto binnenlands product aan onderzoek en ontwikkeling (R&D) wordt uitgegeven.
- ▶ Bovendien is het een ambitie van het bedrijvenbeleid dat publieke en private partijen in 2015 voor tenminste 500 miljoen euro participeren in Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI's), waarvan tenminste 40% wordt gefinancierd door het bedrijfsleven.

De dubbele doelstelling van de Topsector Energie bevat naast deze doelstelling die voor alle topsectoren geldt, ook het zelf geformuleerde doel van ‘versnelling van de energietransitie’.

Aard

De TSE stelt op haar website “bedrijven, kennisinstellingen, overheden en maatschappelijke organisaties te helpen samen te werken aan het energiesysteem van de toekomst”. Vanuit bovengenoemde missie en visie wordt door de TSE gericht op drie agenda's:

- ▶ de Kennis- en Innovatieagenda: de ontwikkeling van een innovatieportfolio en -pijplijn waarmee we relevante innovaties aanjagen die de energietransitie versnellen;
- ▶ een exportagenda waarmee we de kansen van bedrijven vergroten op buitenlandse markten, en buitenlandse investeringen aantrekken, en

¹²⁰ Tweede Kamer der Staten-Generaal (2013). Vaststelling van de begrotingsstaten van het Ministerie van Economische Zaken (XIII) voor het jaar 2014.

- ▶ een *human capital* agenda waarmee we streven naar voldoende goed geschoold personeel.

De Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI's)

De Topsector Energie heeft vijf TKI's. Dit zijn het TKI Wind op Zee, het TKI Biobased Economy,¹²¹ het TKI Urban Energy, het TKI Gas, en het TKI Energie en Industrie. Daarnaast wordt vanuit de TSE-organisatie strategisch ingezet op de thema's systeemintegratie¹²² en maatschappelijk verantwoord innoveren energie (MVI-e).¹²³ De TKI's, die voor hun administratie een vergoeding krijgen vanuit de overheid, stimuleren publiek-private samenwerkingsprojecten.

De TKI's hebben drie hoofdtaken:

- ▶ Het samen met de betreffende *communities* van kennisinstellingen en bedrijven programmeren van de meerjarige innovatieopgaven en het vertalen van die programmering in voorstellen voor de jaarlijkse inzet van middelen.
- ▶ Het stimuleren van het ontstaan van publiek-private samenwerking door partijen bij elkaar te brengen. Deze publiek-private samenwerkingsverbanden geven in de praktijk uitvoering aan de innovaties.
- ▶ Kennisverwerving (eigen innovaties, innovaties in binnen- en buitenland door derden) en kennisdisseminatie.

Van het publieke budget dat jaarlijks wordt ingezet¹²⁴ in de Topsector Energie is in 2016 ongeveer 90% gericht op de innovatieprogramma's van de TKI's, en 4% voor MVI-e.

De instrumenten die specifiek ter beschikking staan voor de innovatieprogramma's van de TKI's zijn de volgende.

De regeling Topsector Energieprojecten.

Voor de onderwerpen¹²⁵ waarop de TKI's zich richten worden binnen TSE jaarlijks subsidieregelingen in de markt gezet. Deze regelingen zijn het belangrijkste subsidie-instrument in de TSE. TSE is in dit opzicht een uitzondering onder de Topsectoren. De andere Topsectoren leunen primair op de TKI-toeslagregeling. Deze regeling speelt in de TSE echter slechts een relatief bescheiden rol (de TKI-toeslagregeling wordt verderop

¹²¹ Dit TKI begeeft zich op het snijvlak van Topsector Energie en Topsector Chemie.

¹²² Systeemintegratie is volgens de TSE het proces van integratie tussen schakels en spelers in de energiewaardeketens, tussen verschillende energiedragers, tussen actoren in de waardeketen en met aanpalende sectoren in het systeem, waardoor oplossingen voor knelpunten worden geboden en waardoor er kansen ontstaan voor nieuwe producten en diensten (bron: www.topsectorenergie.nl).

¹²³ Het thema Maatschappelijk verantwoord innoveren richt zich op veranderingen die nodig zijn in de samenleving om de energietransitie mogelijk te maken.

¹²⁴ Het betreft hier de EZ-innovatiemiddelen die jaarlijks worden ingezet t.b.v. de programmering in de Topsector Energie. Het gaat hier niet over de geoordeelde inzet van ECN en TNO en de TKI-toeslag.

¹²⁵ In 2016 zijn er tenderregelingen op de onderwerpen: *biobased economy en groen gas; samenwerking Topsector Energie en Maatschappij; upstream gas; liquid natural gas; urban energy; energie en industrie; wind op zee; systeemintegratie; zon-PV.*

toegelicht). In 2016 is het budget voor de regelingen TSE gezamenlijk € 43 miljoen.¹²⁶ Deze regelingen richten zich op het ondersteunen van industrieel onderzoek, experimentele ontwikkeling en/of demonstratie. Specifiek ten aanzien van energiebesparing in de industrie wordt ook gericht op de fase van *early adopters*. De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) voert de regelingen uit. Bij de vormgeving van de regelingen¹²⁷ worden de TKI's nauw betrokken. De TKI's hebben uiteindelijk geen directe invloed op welke projecten subsidie krijgen en welke niet. Subsidie wordt toegekend aan individuele projecten. Het is in de regeling Topsector energie niet mogelijk om een samenhangend pakket aan projecten in totaliteit te beoordelen en van subsidie te voorzien.

De voor Topsector Energie geormerkte onderzoeksinspanningen bij TNO, ECN en NWO ECN, TNO en NWO worden door de TKI's betrokken bij het opstellen van de Kennis- en Innovatieagenda's (KIA's). De onderzoeksactiviteiten door TNO, ECN en NWO worden hieraan gekoppeld. Voor ECN en TNO geldt dat eens in de twee jaar wordt vastgesteld wat de *overall* inzet voor TSE zal zijn. In een jaarlijkse procedure wordt vervolgens op basis van vraagsturing uit de TKI's een uitwerking gemaakt van de inzet. De inzet van NWO ten behoeve van de KIA's wordt iedere twee jaar vastgelegd. NWO brengt hiertoe na afstemming met de TKI's een propositie uit waarin inzet op hoofdlijnen wordt geschetst. Uiteindelijk wordt door het Topteam een advies aan de minister van Economische Zaken gegeven over de inzet van ECN, TNO en NWO op de TSE-onderwerpen. De minister neemt hierover een besluit. De geormerkte inzet in 2016 in de TSE van ECN is ongeveer € 14 miljoen. Van TNO is dit € 8,9 miljoen. Van NWO is dit ruim € 21 miljoen.¹²⁸ Daarnaast kunnen wetenschappelijke onderzoekers van TNO en ECN zich kwalificeren voor de regeling Topsector Energieprojecten.¹²⁹

De TKI-toeslagregeling

Met de TKI-toeslag wordt samenwerking tussen bedrijven en onderzoeksorganisaties gestimuleerd. Als een private partij investeert in onderzoek bij een kennisinstelling op een onderwerp dat voor een bepaald TKI relevant is, krijgt dat TKI een toeslag gelijk aan 25%¹³⁰ van hetgeen de private partij heeft geïnvesteerd. Het TKI kan de toeslag gebruiken voor de uitvoering van haar programmering door het in te zetten voor onderzoek in publiek-private samenwerkingsprojecten, voor netwerkactiviteiten en voor

¹²⁶ Dit budget is exclusief de budgetten voor de regeling Demonstratie Energie Innovatie en de regeling Hernieuwbare Energie. Deze twee regelingen zijn namelijk niet specifiek gericht op de programmering van de TKI's van de TSE en worden daarom los van de TSE behandeld.

¹²⁷ Het gaat in deze afstemming bijvoorbeeld om zaken als thematische afbakening, de wijze van verdelen, de wegingsfactoren in de tender, over de focus qua fase van het onderzoek (industrieel onderzoek / experimentele ontwikkeling / demonstratie).

¹²⁸ Dit zijn onderzoeksactiviteiten die primair op TSE onderwerpen zijn gericht. Bij TNO en NWO die zich met een breed palet aan onderwerpen bezighouden, is wordt daarnaast ook onderzoek gedaan dat grenst aan het onderwerp energie of in beperkte mate onder dat onderwerp kan worden geschaard.

¹²⁹ Vereiste hierbij is dat wordt deelgenomen aan een samenwerkingsverband waar minimaal één onderneming aan deelneemt.

¹³⁰ Voor de eerste € 20.000 per deelnemer geldt een hoger percentage van 40%. Die eerste € 20.000 mag in natura zijn, de rest van de private bijdrage moet in cash zijn.

innovatiemakelaars. De TKI's kunnen zelf bepalen voor welke projecten ze de toeslag inzetten binnen bepaalde kaders. De TKI-toeslag stelt daarmee de TKI's in de TSE in staat om zelf meer te sturen in hun programma's. Als het TKI 'gaten' of 'discontinuïteiten' ziet ontstaan, bijvoorbeeld door projecten die zijn afgewezen in de regeling Topsector Energieprojecten of budgetbeperkingen in een bepaald jaar, kan het TKI dit corrigeren met een TKI-toeslag. De TKI's van de TSE ontvingen in de afgelopen jaren tussen de € 5 en 10 miljoen aan TKI-toeslag. De TKI-toeslag geeft de TKI's binnen de TSE de mogelijkheid om bijvoorbeeld projecten die zijn afgewezen bij de subsidieregeling Topsector Energieprojecten vanuit het TKI te ondersteunen als het TKI vindt dat ze een belangrijke meerwaarde hebben voor het TKI-programma.

Budget

Zoals bovenstaand toegelicht zijn de budgetten in TSE in 2016:

- ▶ NWO: € 21 miljoen
- ▶ ECN: €14 miljoen
- ▶ TNO: € 8,9 miljoen
- ▶ Regeling Topsector Energieprojecten: €40,6 miljoen¹³¹
- ▶ TKI-toeslag van de orde van grootte van € 5 à 10 miljoen

Reflectie op de rol van TSE in de transitie naar een CO₂-arme energiehuishouding

Gezien het belang van het instrument Topsector Energie is de reflectie op de rol van dit instrument in de transitie naar een CO₂-arme energiehuishouding uitgewerkt in de hoofdttekst van dit advies.

Green Deal

Doel

Doel is het optimaal benutten van de dynamiek en creativiteit in de samenleving voor groene groei.

Aard

In een *Green Deal* probeert de overheid knelpunten weg te nemen bij duurzame plannen daar waar bedrijven, maatschappelijke organisaties of andere overheden tegen problemen aanlopen als ze een duurzame stap willen maken. De Rijksoverheid helpt dan door een *Green Deal* met ze aan te gaan. Rollen die de Rijksoverheid hierbij kan spelen zijn: wegnemen van knelpunten in de wet- en regelgeving, ondersteunen van de markt, versterken van netwerken, bemiddelen bij hulpbronnen.

¹³¹ De paragraaf Demonstratie Energie-innovatie en de paragraaf Hernieuwbare Energie maken onderdeel uit van de 'regeling Topsector Energieprojecten'. Omdat ze echter niet specifiek gericht zijn op de programmering van de TKI's van de TSE worden ze los van de TSE behandeld.

Reflectie op de rol van *green deals* in de transitie naar een CO₂-arme energiehuishouding

Met *Green Deals* gericht op innovaties wordt vaak bijgedragen aan het vormen van innovatiesystemen rond innovaties. Hierbij kunnen verbindingen gelegd worden tussen partijen en sectoren, praktijk praktijkervaring om te komen tot standaardisering voor snelle uitrol.¹³² Ook kunnen afspraken worden gemaakt over wet- en regelgeving. Soms worden met *Green Deals* ook langere termijn ambities gedeeld door 'stippen op de horizon te zetten'. In principe kunnen over alle sleutelfuncties voor succesvolle innovatie¹³³ afspraken gemaakt worden. In de *Green Deal* aanpak richten activiteiten zich meestal niet op technische ontwikkeling en kennisvergaring, maar juist op innovatieve combinaties van al bestaande producten en diensten.¹³⁴ Ook wordt niet veel gericht op marktprikkels.¹³⁵ In potentie is het *Green Deal* instrument daarmee zeer geschikt voor het stimuleren van radicale innovaties. De concreetheid en afdwingbaarheid van de afspraken zijn een aandachtspunt. *Green Deals* zijn in wisselende mate SMART over de rol en verantwoordelijkheid van deelnemende partijen. Ook zijn *Green Deals* moeilijk afdwingbaar.

B2.2 Instrumenten: totaalpakket per energiefunctionaliteit

Hiervoor hebben we een inschatting gemaakt van de effecten op innovatie van individuele beleidsinstrumenten. Deze beleidsinstrumenten kennen onderlinge wisselwerkingen: soms vullen ze elkaar aan, soms kunnen ze elkaar ook tegenwerken. Hieronder proberen we een korte analyse te geven van hoe het samengestelde effect van de verschillende beleidsinstrumenten is op de verschillende energiefunctionaliteiten zoals door de Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (Rli) onderscheiden. Per functionaliteit kunnen we het volgende zeggen over de stimulering van energie-innovatie via het bestaande beleid:

Energiefunctionaliteit laagtemperatuurwarmte

Voor de functie laagtemperatuurwarmte is er sprake van beprijzing van het milieueffect van energiegebruik, waar een sterke prikkel van uitgaat. Daarbovenop zijn er diverse subsidieregelingen die innovatie nog aanvullend stimuleren. Bij de bestaande bouw geldt dat, ondanks deze stimulering en convenantafspraken over het tempo van energiebesparing, de implementatie onzeker is in verband met diverse belemmeringen die gelden bij vooral woningeigenaren en verhuurders. Ook worden de convenanten niet altijd nageleefd. De onzekerheid die hiermee gepaard gaat, zal een remmende werking hebben op investeringen in onderzoek en ontwikkeling gericht op innovatieve

¹³² AgentschapNL (2013), *Voortgangsrapportage Green Deals 2013*.

¹³³ Hekkert, M. (2010), *De innovatiemotor*, noemt als belangrijke sleutelfactoren: experimenteren door ondernemers; ontwikkelen van kennis; netwerken en kennisdiffusie; richting geven aan zoekprocessen; ontvankelijk maken van markten (door bijvoorbeeld infrastructuur); draagvlak en legitimiteit creëren.

¹³⁴ Agentschap NL (2013), *Voortgangsrapportage Green Deals 2013*.

¹³⁵ Kwink groep (2013), *Externe Audit Green Deal Aanpak*, Den Haag: 28 oktober 2013.

oplossingen. In de nieuwbouw is er met de EPC wel een duidelijk pad naar vergaande energiebesparing uitgestippeld. Hiervan zal een sterke stimulans uitgaan voor innovatie en onderzoek en ontwikkeling om deze innovaties voort te brengen. In de nieuwbouw vindt zo innovatie plaats die tevens in de bestaande bouw uitgerold kan worden.

Energiefunctionaliteit hogetemperatuurwarmte

De functie hoge temperatuurwarmte komt vrijwel uitsluitend voor in de industrie. Voor de functie hogetemperatuurwarmte zijn de beleidsprikkels en verplichtingen om te investeren in schone technologie beperkt, waardoor naar verwachting minder in de toepassing van en het R&D naar CO₂-arme technologie wordt geïnvesteerd dan nodig voor een kostenefficiënte transitie naar een CO₂-arme energiehuishouding in 2050. Bovendien stuurt het instrumentenpakket met de Energie-investeringsaftrek, de wettelijke verplichting tot energiebesparing en de Meerjarenafspraken Energie-efficiëntie (convenanten) vooral aan op de toepassing van beschikbare technologie en kleine, incrementele innovatiestappen. Grote, radicalere innovatiestappen worden in de industrie beperkt gestimuleerd en mogelijk zelfs tegengehouden doordat het bestaande beleidspakket stuurt op beschikbare technologie en kleine incrementele innovatiestappen.

Energiefunctionaliteit 'licht & apparaten en elektriciteit'

De functionaliteit 'licht & apparaten' concentreert zich in de gebouwde omgeving (ongeveer tweederde deel) en in de industrie (ongeveer een derde deel). Het energiegebruik en de CO₂-emissie worden bepaald door de energie-efficiëntie van de lampen en apparaten en de wijze waarop de benodigde elektriciteit wordt geproduceerd. Dit zijn twee enigszins los van elkaar staande domeinen.

Voor het energie-efficiënter maken van lampen en apparaten geldt de Europese regelgeving *Ecodesign* als een belangrijk instrument waarin minimumeisen worden gesteld ten aanzien van energie-efficiëntie, die periodiek worden aangescherpt. Dit geeft een prikkel tot innovatie omdat de norm wordt bepaald door wat (ingeschat wordt dat) haalbaar is. Bovendien zorgt de Europese aanpak voor een grote markt. Het Europese systeem van energielabelling is ingericht om de consument eenvoudig inzage te geven in energieprestatie van lampen en apparaten. Hier komt bij kleinverbruikers nog de hoge Energiebelasting bij als extra prikkel. Voor licht en apparaten in het bedrijfsleven geldt de verplichting tot energiebesparing al dan niet in combinatie met de Meerjarenafspraken uit de convenanten. Voor bedrijven die aan ETS deelnemen en niet vallen onder de energiebesparingsverplichting gelden zeer beperkte beleidsmatige prikkels (zie de toelichting op het MEE-convenant hierboven).

Voor het grootste deel van de elektriciteitsproductie gelden binnen Nederland weinig beleidsmatige prikkels of verplichtingen om te investeren in energie-efficiënte of CO₂-arme productie. De ETS prijs is laag en er geldt een vrijstelling voor belasting op kolen of aardgas voor elektriciteitsproductie. Ook gelden er weinig verplichtingen en zijn er geen

convenanten gericht op efficiënte of CO₂-arme elektriciteitsproductie. Daarom kan verwacht worden dat er minder in toepassing van of R&D naar energie-efficiënte en CO₂-arme technologie wordt geïnvesteerd dan nodig is voor een kostenefficiënte transitie naar een CO₂-arme energiehuishouding in 2050.

Energiefunctionaliteit: mobiliteit

De potentiële innovatie betreft (a) betere brandstoffen en (b) minder gebruik van brandstoffen door efficiëntere motoren en/of door het anders inrichten van het mobiliteitsstelsel. Voor dat laatste is sociale innovatie nodig: onder andere gedragsverandering (openbaar vervoer, meer carpooling) en andere manieren van werken (bijvoorbeeld televergaderen). Voor de productie van low carbon brandstoffen is ook technologische innovatie nodig: biobrandstoffen uit afvalstromen uit de land- en bosbouw, meer inzet van elektriciteit mogelijk maken door betere, schonere en goedkopere accu's, of het omzetten van zonne-energie in synthetische brandstoffen (*solar fuels*).

Voor de productie van brandstoffen bestaat voor raffinaderijen via het ETS een beprijzing van CO₂ en voor leveranciers een verplichting om in 2020 een reductie van 6% te realiseren. Deze maatregel is technologieneutraal. Voor leveranciers bestaat daarnaast de verplichting een steeds groter aandeel duurzaam te realiseren, dat vaak wordt ingevuld door biobrandstoffen of biogas. Brandstoffen uit reststromen tellen daarbij dubbel, waardoor inzameling en hergebruik van gebruikt frituurvet rendabel is geworden – een vorm van economische innovatie. Er bestaat daarnaast een extra doelstelling voor 2018 om 'geavanceerde' brandstoffen te produceren (0.4% van de totale hoeveelheid brandstof). Dat biedt innovatieve spelers een marktkans. Consumenten spelen nauwelijks een rol bij de verduurzaming van brandstoffen. Bij tankstations staat niet aangegeven op welke wijze leveranciers aan hun verplichtingen voldoen. Aan de andere kant zijn accijnzen weliswaar hoog, maar door geringe prijselasticiteit is het effect op minder gebruik gering. Ook weerspiegelen de accijnzen de CO₂-uitstoot niet, zodat er geen prikkel bestaat te kiezen voor low carbon brandstoffen. Er zijn wel belastingprikkel om te kiezen voor meer efficiënte brandstofmotoren. Daarvan is het effect relatief gering. De elektriciteit die ingezet wordt vervoer (rail, e-auto's) is voor een gering deel duurzaam. De luchtvaart valt voor het Europese deel onder het ETS. Een van de opties voor de vermindering van uitstoot van broeikasgassen is het vervangen van de kerosine door biokerosine. De stimulans die van het ETS uitgaat is echter gering. Voor de scheepvaart bestaan überhaupt weinig stimulansen.

Kortom, CO₂-reductie van brandstoffen innovatie wordt vooral gerealiseerd door verplichtingen voor het wegvervoer. De prikkel voor innovatie is daarbij gering omdat bedrijven gaan voor de goedkoopste optie – en dat is bestaande techniek. Sociale innovatie is gering maar de potentie (carpooling, anders werken) is groot. Stimulansen hiervoor ontbreken.

Bijlage 3 Beleid in andere landen

De energietransitie is een wereldwijde uitdaging. Bijna alle landen staan voor een flinke opgave en zien tegelijk tal van kansen die ze door succesvolle innovatie kunnen pakken. Van de ervaringen in andere landen kan Nederland leren. Mede daarom hebben we uitgebreider gekeken naar de aanpak in een aantal landen. Uiteindelijk is onze keuze gevallen op de Verenigde Staten, Duitsland, Denemarken en China. Hieronder geven we de bevindingen per land. Aan het eind geven we enkele overkoepelende beschouwingen.

Met het oog op de ‘vertaling’ van de ervaringen uit het buitenland naar de Nederlandse context maken we een tweetal opmerkingen vooraf. Ten eerste dat ervaringen uit het ene land niet zonder meer getransplanteerd kunnen worden naar een ander land. De context verschilt: cultuur en instituties zijn anders, net als de omstandigheden. Ten tweede is het heel lastig om het ‘succes’ van beleidsinstrumenten voor (energie)innovatie te meten. Desalniettemin bieden de keuzes en de motivatie daarvoor, net als de ervaringen uit andere landen interessante en relevante informatie op, waar we ook binnen Nederland ons voordeel mee kunnen doen.

China

Visie

China heeft de laatste tijd een enorme ontwikkeling doorgemaakt, zowel op sociaal als op economisch vlak. Dat zorgt voor enorme uitdagingen op het gebied van de energievoorziening (hoe kan China in de groeiende vraag naar energie voorzien?) en op het terrein van schadelijkheid (luchtvervuiling) en uitstoot van broeikasgassen. Traditioneel leunt de Chinese energievoorziening sterk op steenkool, dus het moge duidelijk zijn dat China zich voor een grote opgave gesteld weet om dit om te buigen in een schonere en meer duurzame richting. In juni 2014 riep de Chinese president Xi Jinping op tot een “energierevolutie” om een antwoord te vinden op de uitdaging om enerzijds verder economisch te ontwikkelen terwijl men anderzijds het milieu blijft beschermen. Innovatie in energietechnologie en -systemen zal hierbij cruciaal zijn.

In de periode 2006-2011 is het China gelukt om het energieverbruik per eenheid BBP met ongeveer 20% te laten dalen. Een belangrijke eerste stap, die een stevig vervolg moet krijgen, onder andere door middel van innovatie. China zet daarbij vooral in op *indigenous innovation* (inheemse innovatie). Hierbij gaat het om het stimuleren van nieuwe ontdekkingen (originele innovatie: 原始创新, *yuanshi chuangxin*), aanpassing van bestaande technologieën om nieuwe producten te maken (adaptieve innovatie: 集成创新, *jicheng chuangxin*) en het inpassen van bestaande producten (geoptimaliseerde

innovatie: 引进消化吸收再创新, yinjin xiaohua xishou zai chuangxin) door middel van publiek-private samenwerking.

Structuur

Het innovatiebeleid van China wordt gemaakt door meerdere overheidslagen: de centrale overheid formuleert algemene richtlijnen en principes, waarna de ministeries dit uitwerken in specifiek beleid, dat vervolgens door provinciale en lokale overheden uitgevoerd moet worden. Deze overlap tussen bestuurslagen werkt soms in het voordeel en soms in het nadeel van innovatie.¹³⁶

Als een innovatie in het beleid is in 2013 verdergegaan met het aanwijzen van (geografische) zones waarin de centrale overheid zijn autoriteit heeft beperkt of opgezegd zodat ruimte gegeven wordt aan institutionele decentralisatie (减政放权, jianzheng fangquan) die ervoor moet zorgen dat de lokale overheden enerzijds een grotere verantwoordelijkheid op zich nemen, maar anderzijds ook meer autonomie genieten om te bepalen hoe ze dat oppakken.

Beleid

Energie is een belangrijk aandachtsgebied in het overheidsbeleid voor en de ondersteuning van R&D. Een van de doelen is om ervoor te zorgen dat private partijen meedoen en het aantrekken van (meer) private financiering voor RD&D. Een voorbeeld van een beleidsinstrument dat hierop is gericht, is het 'National Fund for Technology Transfer and Commercialisation' (NFTTC). Dit is een investeringsfonds dat bedoeld is om technologieën die in nationale en regionale R&D-projecten ontwikkeld worden een kans te geven om te commercialiseren. Het NFTTC bestaat hoofdzakelijk uit drie onderdelen:

- een venture-capital fonds (VCSF);
- een risicocompensatie-subsidie van maximaal 2% van het investeringsbedrag en
- *performance grants* voor succesvolle mkb.

Het VCSF is een platform dat in 2014 is opgericht om private investeringen af te stemmen met investeringen van lokale overheden en bestaande nationale fondsen. Het NFTTC draagt 20-30% van de totale investering bij en is dus nooit grootaandeelhouder.

Daarnaast wordt voor het innovatieve mkb op een andere manier gezocht naar ondersteuning. Zo worden er verschillende modellen geprobeerd waarbij de waarde van intellectuele-eigendomsrechten (bijvoorbeeld octrooien) als 'onderpand' dient voor leningen, garanties of andere financiële faciliteiten. In het jaar 2012 is in totaal voor

¹³⁶ IEA 2015, Chapter 8.

2,3 miljard USD aan leningen met octrooien als onderpand verstrekt, 3,5 miljard USD voor merkrechten en 0,4 miljard USD voor auteursrechten.¹³⁷ Dat betreft natuurlijk meer gebieden dan alleen energie-innovatie.

Rond energie-innovatie blijkt (ook) in China een probleem dat het hele 'systeem' om energie-innovatie te managen complex is; bovendien zijn de gelden voor energie-innovatie erg verspreid en worden ze niet altijd even efficiënt toegedeeld. Om dat te verbeteren werd er gedacht aan het invoeren van een 'innovatie clearing house'.¹³⁸

Binnen het nationale programma voor onderzoek en innovatie zijn er twee majeure programma's rond energie. Het eerste richt zich op het versterken van de energievoorzieningszekerheid van China. Daarvoor is door de centrale overheid 4,5 miljard USD geormerkt, naast een bijdrage van de industrie van 18 miljard USD. Het tweede betreft grootschalige opwek van kernenergie met behulp van een *advanced pressurised water reactor* en een hoge-temperatuur gasgekoelde reactor. De centrale overheid heeft hierin meer dan 2,4 miljard USD geïnvesteerd.

Een ander interessant aspect van het Chinese beleid is het gebruik van parallelle pilots om te experimenteren met verschillende aanpakken. Dit is bijvoorbeeld toegepast rond het ontwikkelen van een handelssysteem voor rechten op uitstoot van broeikasgassen. Een belangrijk doel van deze pilots was om door het beprijzen van (negatieve) externe effecten innovatie te bevorderen. Zeven provincies/regio's hebben elk op hun eigen wijze een systeem ontwikkeld en uitgevoerd, waardoor men veel heeft kunnen leren. Dat stelt de (centrale) overheid in staat om vervolgens een beter afgewogen beslissing te maken over een eventueel landelijk systeem.

Denemarken

Visie

In Denemarken was energievoorzieningszekerheid altijd een belangrijke centrale overweging bij het energiebeleid. Omdat Denemarken niet echt beschikt over fossiele energiebronnen of waterkracht, heeft men traditioneel sterk gefocust op het ontwikkelen van de 'lokale' energiebronnen wind en het gebruik van restwarmte (en wkk). Deze focus loopt mooi gelijk op met verduurzaming en vermindering van CO₂-uitstoot.

Beleid

Denemarken heeft een complex beleidssysteem als het op energie-innovatie aankomt. Er zijn drie ministeries bij betrokken, namelijk het ministerie van klimaat, energie en bouw; het ministerie voor wetenschap, technologie en innovatie; en het ministerie voor milieu.

¹³⁷ Zhonglun Law Firm (2014).

¹³⁸ Zie IEA 2015, Figure 8.12, p. 348

Daarnaast spelen ook een aantal agentschappen en onderzoeksraden een rol, en is ook netbeheerder Energinet.dk actief betrokken bij de financiering van energieonderzoek.

Instrumenten

Een groot deel van het publieke geld gaat naar demonstratie en marktpenetratie van energietechnologieën. Het meest omvangrijke programma in dit domein is het 'Energy Technology Development and Demonstration Programme' (EDDP), waarvoor ongeveer €50 miljoen per jaar wordt vrijgemaakt. In dit programma gaat het expliciet om de verbetering van bestaande technologieën en het demonstreren en opschalen daarvan.

Een ander belangrijk instrument is het Innovation Fund, een fonds dat zich specifiek richt op het ondersteunen van innovatieprojecten die zich nog in een vroege, risicovolle fase bevinden. Energie & klimaat is één van de zes hoofdthema's waarvoor het Innovation Fund zich inzet, met aandacht voor zowel technologische ontwikkelingen als de commercialisering daarvan.

Duitsland

Visie

In Duitsland wordt energie-innovatie sterk geframed in de richting van de *Energiewende*, oftewel de transformatie van het Duitse energiesysteem. Hierbij zijn de "klassieke" redenen zoals het terugdringen van de CO₂-uitstoot, het creëren van een stabiele energievoorziening en het stimuleren van de internationale concurrentiepositie zeker van belang, vaak in die volgorde van prioriteit. De stabiliteit van de energievoorziening speelt echter een steeds groter wordende rol, mede vanwege het besluit in 2011 om kernenergie versneld uit de energievoorziening te halen.

Structuur

In Duitsland wordt in toenemende mate vanuit het energiesysteem gedacht en gestuurd. Het grootste deel van het beschikbare budget wordt verdeeld aan de hand van het zesde *Energieforschungsprogramm* van de federale regering, waarin met name het ministerie voor onderzoek en opleiding (BMBF) en het ministerie voor economie en energie (BMWi) een grote rol spelen (en daarnaast speelt het ministerie voor landbouw nog een rol voor bio-energie). Hoewel het BMBF zich hoofdzakelijk op fundamenteel onderzoek richt en het BMWi op de toepassing daarvan, werken beide ministeries steeds meer samen als het op de energietransitie aankomt. Hierbij wordt niet alleen fundamenteel en toegepast onderzoek gecombineerd, maar ook samen met de industriële sector en maatschappelijke organisaties nagedacht over de daadwerkelijke inpassing daarvan in het eind-systeem. Gebruikersonderzoek en *technology acceptance* zijn daarom prominente onderdelen van de Duitse beleidsstrategie voor de *Energiewende*. Voor Nederland zou een belangrijke les uit Duitsland kunnen zijn, dat alle steun gericht wordt op projecten die aansluiten op één visie op het energiesysteem. Dit betekent zowel dat de criteria om

projectvoorstellen te beoordelen voort moeten bouwen op een strategisch plan van aanpak met betrekking tot de energietransitie, als dat de partijen betrokken moeten worden die de technologieën in de projecten verder moeten brengen richting systeemintegratie. De maatschappelijke factor moet bij dat laatste nadrukkelijk niet uit het oog verloren worden.

Beleid

Drie verschillende beleidsinstrumenten worden hieronder uitgebreider toegelicht.

Perspectief bieden: Kopernikus-Projekte

De Kopernikus-Projekte zijn onderzoeksprogramma's die erop gericht zijn om energiesystemen te ontwikkelen die op grote schaal geïmplementeerd kunnen worden. Tot begin januari 2016 werd in een uitgebreide dialoog met vertegenwoordigers uit de wetenschap, industrie en maatschappelijke organisaties gepraat over de mogelijke toekomstbeelden van de Duitse energietransitie of *Energiewende* en de rol die onderzoek en innovatie daarin spelen. In dit 'Forschungsforum Energiewende' werden de aandachtspunten voor de transitie vanuit verschillende disciplines belicht, met als concreet resultaat dat het Duitse Ministerie voor Educatie & Onderzoek (BMBF) in april 2016 bekend maakte dat de projecten zich zullen gaan richten op de onderwerpen 'Nieuwe Netwerkstructuren', 'Power-to-X', 'Industrieprocessen' en 'Systeemintegratie'.

Het unieke aan deze themaspecifieke onderzoeksbenadering is de langjarige en gefaseerde aanpak. De projecten lopen voor een periode van tien jaar, waarbij de eerste drie jaar gericht worden op fundamenteel onderzoek, waarvoor BMBF €120 miljoen beschikbaar stelt. De twee daarop volgende fases zijn bedoeld voor de verdere ontwikkeling en toepassing van de technologieën, waarbij ook het Ministerie voor Economie & Energie (BMWi) een grote rol moet gaan spelen. De faseovergangen worden tevens aangeprepen om de voortgang grondig te evalueren en waar nodig bij te sturen en nieuwe ontwikkelingen mee te nemen, met de bedoeling om gedurende het verloop van de projecten meer actoren uit het bedrijfsleven te betrekken en concrete implementaties uit te bouwen.

Onderzoeksportfolio manager: Helmholtz Gemeinschaft

De Helmholtz Gemeinschaft is met meer dan 38 000 medewerkers in achttien verschillende onderzoekscentra en een jaarlijks budget van €4 miljard het grootste wetenschappelijke samenwerkingsverband in Duitsland. De organisatie beschikt over grootschalige faciliteiten en onderzoekscentra en richt zich op het doen van vooraanstaand onderzoek om bij te dragen aan het oplossen van complexe problemen in de samenleving. Hierbij wordt er ook nadrukkelijk gekeken naar de aansluiting bij het zesde energieonderzoeksprogramma van de Duitse overheid. Helmholtz is actief in zes verschillende onderzoeksgebieden, waarvan energie er één is. Binnen het energiedomein wordt door acht centra

onderzoek gedaan op zeven verschillende thema's waaronder energie-efficiëntie, opslag en hernieuwbare energiebronnen, waarbij Helmholtz de onderzoeksinfrastructuur aanlevert, grootschalige experimenten en pilots faciliteert en analysesystemen verzorgt.

Elke vijf jaar wordt er opnieuw gekeken naar de prioriteiten van de onderzoeksactiviteiten binnen de Helmholtz Gemeinschaft. De centra presenteren hiertoe een aantal doelen in het kader van een strategisch plan voor de volgende vijfjarentermijn. Het totale portfolio van deze plannen wordt voorgelegd aan onafhankelijke comités van internationale experts, welke een inschatting maken van de manier waarop dit portfolio zich verhoudt tot ontwikkelingen op internationaal gebied. Op basis hiervan besluiten de betrokken overheden hoeveel financiële steun ze verlenen aan welke programma's. Op deze manier concurreren de onderzoeksprogramma's binnen Helmholtz met elkaar.

Steun coördineren: Projektträger Jülich als uitvoeringsorganisatie

Projektträger Jülich (PtJ) is een belangrijke uitvoeringsorganisatie van de Duitse overheid om onderzoek en ontwikkeling te steunen. De organisatie is in 1974 opgericht om het eerste energieonderzoeksprogramma van de Duitse overheid te implementeren, maar inmiddels werkt PtJ ook in opdracht van enkele individuele deelstaten of *Bundesländer*. In 2014 verdeelde PtJ in totaal meer dan €1,3 miljard in opdracht van de ministeries en deelstaten. In het kader van het zesde energieonderzoeksprogramma van de nationale overheid verdeelt PtJ verreweg het grootste aandeel van de beschikbare middelen voor individuele onderzoeksprojecten namens de Ministeries voor Educatie & Onderzoek (BMBF) en Economie & Energie (BMW). Hoewel het hoofdkantoor van PtJ gesitueerd is op het terrein van een groot onderzoekscentrum, werkt de organisatie zelf op uitsluitend administratieve basis.

Het unieke van PtJ is de positie van de organisatie in het Duitse onderzoeksveld. De onderzoeksvoorstellen voor de aanbestedingen die door BMWi en BMBF zijn uitgeschreven, worden door PtJ geëvalueerd en vervolgens geselecteerd door ofwel het ministerie – op advies van PtJ – ofwel door PtJ zelf. De uitvoering van het project wordt daarna ook door PtJ gemonitord aan de hand van jaarlijkse of tweejaarlijkse rapporten die de behaalde resultaten toelichten. Omdat PtJ als projectmanagementorganisatie een grote en actuele kennisbasis opgebouwd heeft, verricht de organisatie ook strategisch verkennend werk voor de ministeries, bijvoorbeeld middels het identificeren van blinde vlekken in het onderzoeksveld of het doen van voorstellen voor aanbestedingen.

Verenigde Staten

Visie

In de Verenigde Staten zijn de belangrijkste *drivers* voor het stimuleren van energie-innovatie voorzieningszekerheid voor energie en het versterken van de internationale concurrentiepositie van de Verenigde Staten. Het terugdringen van de uitstoot van

schadelijke emissies wordt ook veel genoemd, maar de nadruk ligt in de praktijk toch op die eerste twee. In het onderzoek voor energie-innovatie ligt de nadruk veelal op het doen van excellent onderzoek en het “leidend zijn op wereldwijde schaal” op weg naar nieuwe energiesystemen.

Structuur

In de Verenigde Staten speelt op federaal niveau de Department of Energy (DoE) een centrale rol. Deze is deel van de uitvoerende macht en beschikt ook over een stevig budget voor energie-onderzoek. Daarnaast beschikken de staten ook over geld, maar dat zal over het algemeen aanmerkelijk minder zijn en de budgetten zijn versnipperd over het land.

In de VS wordt veel gebruik gemaakt van een combinatie van baseline en competitive funding. Zo krijgen de nationale onderzoekslaboratoria net genoeg geld om de huidige ontwikkelingen in stand te houden, en is er extra geld beschikbaar voor onderzoeken die (vaak in samenwerking met meerdere partijen) het best voldoen aan de eisen van een *call for innovation* die door het Department of Energy of een onderdeel daarvan zijn uitgeschreven. Dit competitieve element draagt er aan bij dat er veel geïnteresseerde partijen zijn voor het onderzoek, en dat die partijen hun best doen om een excellent onderzoeksvoorstel te doen. Wellicht doen we dit minder in Nederland omdat sociale samenhang (“eerlijk delen”) hier een belangrijkere factor is en we iedereen tevreden willen houden. We zouden Topsectoren een draai kunnen geven door te zorgen dat er competities worden uitgeschreven om aan bepaalde thema’s te werken, waarbij er ook buiten de gevestigde orde reclame wordt gemaakt om voorstellen in te dienen.

Beleid

Hieronder gaan we uitgebreider in op drie instrumenten uit de Verenigde Staten.

Missiegedreven samenwerken: Energy Innovation Hubs

De Energy Innovation Hubs zijn samenwerkingsverbanden die sinds 2010 door de DoE zijn opgericht om fundamenteel onderzoek en toegepast onderzoek op energiegebied te combineren. De Hubs integreren onderzoek vanuit de overheid (*National Labs*), industrie en academische wereld en hebben als taak om cruciale barrières in technische ontwikkelingen op energiegebied te slechten. Met als grootste inspiratiebronnen het Manhattan Project en de laboratoria van AT&T Bell zijn de Hubs bedoeld als sterke missiegedreven instituten die zich bezig houden met technische ontwikkelingen vanaf het fundamentele begin tot aan de eerste commercialisering. Anno 2016 zijn er vier verschillende Hubs actief. Eén is gericht op het verbeteren van kernreactoren (Consortium for Advanced Simulation of Light Water Reactors); één houdt zich bezig met het produceren van brandstoffen uit direct zonlicht (Joint Center for Artificial Photosynthesis); één verbetert batterijtechnologieën (Joint Center for Energy Storage

Research) en één zoekt oplossingen voor schaarse materialen die nodig zijn om een groei aan schone energietechnologieën mogelijk te maken (Critical Materials Institute).

De Hubs worden gekenmerkt door de grootte van de groep betrokken actoren en de focus op één enkel onderzoeksthema. Door de multidisciplinariteit van de verzameling actoren, waarbij niet alleen wetenschappers, maar bijvoorbeeld ook beleidsonderzoekers en marktanalisten betrokken zijn, hebben de Hubs de kans om technologieën volledig door te ontwikkelen. Zo wordt er bijvoorbeeld gewerkt aan het testen van nieuwe materialen voor het gebruik in batterijtechnologie, aan het doen van techno-economische analyses om een inschatting te maken van de uiteindelijke prestaties en kosten van complete batterijsystemen, en aan het maken van een inschatting van de opties voor commercialisering in overleg met private partijen.

Actief aanbesteden: ARPA-E

De Advanced Research Projects Agency-Energy (ARPA-E) is een organisatie van het Department of Energy (DoE) die in 2007 is opgericht om potentieel revolutionaire energietechnologieën die voorbij de fase van fundamenteel onderzoek maar nog niet rijp genoeg zijn voor investeringen van de private sector een stimulans te geven. ARPA-E richt zich hierbij op onderzoeksprojecten voor de korte termijn (1-3 jaar), en houdt zich naast het financieren van het onderzoek ook bezig met het monitoren van de voortgang en begeleiden richting commerciële introductie. In de regel ontvangen projecten van ARPA-E tussen de \$500,000 en \$10 miljoen aan financiële steun.

Het ontwerpen van een aanbestedingsprogramma doet ARPA-E door vooraanstaande experts uit de wetenschap, industrie en overheid uit te nodigen voor workshops, om de daaruit volgende programma's voor te leggen aan de project managers van ARPA-E. Als besloten wordt deze uit te voeren, brengt ARPA-E een *funding opportunity announcement* (FOA) uit waarvoor projectvoorstellen kunnen worden ingediend. Als ARPA-E vervolgens besluit om een project te gaan ondersteunen, dan zal het hier direct een grote rol in gaan spelen. Er worden strenge afspraken gemaakt over de te behalen doelen van het project, frequente bezoeken gebracht aan de projectlocatie om de status van het project te evalueren, en snelle beslissingen gemaakt om projecteren te herstructureren of af te breken zodra doelen niet gehaald worden. Daarnaast worden alle projecten binnen een ARPA-E programma jaarlijks bijeengebracht om ervaringen te delen en de industriekansen van het programma te bespreken.

Fundamenten leggen: Energy Frontier Research Centers

De Energy Frontier Research Centers (EFRCs) zijn onderzoeksconsortia die zich bezig houden met fundamenteel onderzoek op energiegebied. Ze zijn in 2009 opgericht door de Office of Science van de DoE om meerdere onderzoeksgroepen samen te brengen en complexe problemen op te lossen die niet door individuele instanties opgelost kunnen

worden. Deze problemen worden sinds 2001 geïdentificeerd en geüpdatet middels verschillende workshops waarin experts uit nationale onderzoekslaboratoria, universiteiten en industrieën bijeen gebracht worden. Op deze manier doen de ERFCS wat ze zelf noemen *use-inspired basic research*, of te wel fundamenteel onderzoek met een duidelijke connectie naar behoeften in de praktijk. Met behulp van de rapporten die uit deze workshops volgden worden vijf verschillende onderzoeksthema's of *Grand Challenges* onderscheiden waarbinnen de ERFCS opereren. Mede dankzij het stimuleringspakket ARRA werden in 2009 46 ERFCS geselecteerd en voor een periode van vijf jaar financieel ondersteund. In 2014 werd na een hernieuwde open competitie besloten voor een periode van vier jaar steun te verlenen aan 32 ERFCS, waarvan er 22 voortkwamen uit de eerste ronde.

Vergelijking tussen Duitsland en de Verenigde Staten: lessen voor Nederland

Duitsland en de Verenigde Staten zijn twee grote, ontwikkelde economieën, die vergelijkbare beleidsinstrumenten blijken in te zetten, hoewel ze daarbij verschillende accenten leggen. Door dat samenspel van overeenkomsten en verschillen is het interessant om beide landen hier te vergelijken.

Duidelijk doel

Interessant is dat zowel Duitsland als de Verenigde Staten een duidelijk – zij het verschillend – doel hebben dat het beleid voor energie-innovatie bepaalt. Duitsland heeft een duidelijke visie op het toekomstige energiesysteem als geheel en het beleid voor energie-innovatie is erop gericht om dat systeem te versterken. In de Verenigde Staten ligt de nadruk meer op het bereiken van energie-onafhankelijkheid en versterking van het concurrentievermogen (en de reductie van CO₂-uitstoot is volgend). Bovendien leeft in de Verenigde Staten de gedachte heel sterk dat de overheid datgene moet oppakken dat anderen, zoals de 'markt', *niet* (zouden) oppakken; als de overheid daar dan iets oppakt, stelt ze zich wel duidelijk sturend op.¹³⁹

Grootschalige programma's

Beide landen maken gebruik van grootschalige energie-innovatieprogramma's. Met een beperkt aantal grote multidisciplinaire programma's worden fundamentele kwesties in het energiesysteem aangepakt. Zowel in de Verenigde Staten als in Duitsland is het aantal van deze grootschalige programma's beperkt tot vier. Het gaat dan om vraagstukken als: kunstmatige fotosynthese, energieopslagtechnologieën of verduurzaming van industriële processen. Deze brede programma-aanpak is niet alleen van belang om technologische ontwikkeling te bevorderen, maar ook om commercieel en maatschappelijk draagvlak voor de nieuwe technologieën te genereren, terwijl de overheid duidelijke betrokkenheid

¹³⁹ Van den Broek (2016).

kan tonen bij de onderzoekers, ondernemers en burgers die samen werken aan de energievoorziening van de toekomst. De wijze waarop de onderwerpen of thema's van deze programma's worden geselecteerd is interessant. In de Amerikaanse praktijk heeft de Secretary of Energy het laatste woord bij toekenning en wordt er ook gewerkt aan het vastleggen van de selectiecriteria in een formele wet (dus door de wetgever). Dit contrasteert met de Duitse aanpak om via een dialoog (*Forschungsforum*) de thema's voor de Kopernikus-Projekten te bepalen. Beide hebben hun voor- en nadelen. De eerstgenoemde zou kunnen zorgen voor een snellere implementatie, terwijl de laatstgenoemde vermoedelijk meer draagvlak zou kunnen genereren. Omdat de Nederlandse cultuur bekend staat om de op consensus gerichte manier van het maken van beleid ('poldermodel'), kan de dialoogvorm hier ook nuttig blijken. Maar dan moet die dialoog wel in concrete en te operationaliseren resultaten vertaald worden zodat er vooraf een duidelijke afbakening is van wat er moet worden bereikt.

Calls voor individuele projecten

Naast de grootschalige programma's worden in de Verenigde Staten en Duitsland ook individuele projecten voor energie-innovatie ondersteund. Daarbij wordt door ARPA-E (Advanced Research Projects Agency-Energy, een onderdeel van het federale ministerie voor energie) in de Verenigde Staten vooral gebruik gemaakt van specifieke en gerichte *calls* om antwoorden te vinden op gerichte innovatievragen. Bovendien zit ARPA-E heel dicht op het management van die projecten. In Duitsland worden meer open *calls* gedaan waarbij de thema's overigens wel ingekaderd zijn door een *longlist* van innovatievragen die sterk gekoppeld zijn aan de integrale visie op het energiesysteem van de toekomst en wat er nodig is om dat te bereiken. Deze *longlist* is opgesteld door de federale regering zelf.¹⁴⁰ Ongeacht welke van beide benaderingen gekozen wordt, is het belangrijk om in gedachten te houden dat veel (mogelijke) ontwikkelingen niet succesvol zullen zijn dan wel geen rol in het uiteindelijke energiesysteem zullen spelen: 'falen' is dus een noodzakelijk onderdeel is van het innovatieproces. Deze manier van denken wordt vooral gepromoot door ARPA-E in de Verenigde Staten, die accepteert dat de projecten een hoog risico op mislukking hebben en gebruik maakt van een rigoureuze strategie voor projectmanagement om de vorderingen bij te houden en daarbij niet aarzelt om de projecten bij te sturen of af te breken. Een te hoog succespercentage van de projecten wordt dan ook gezien als een indicator dat men misschien *niet* de juiste projecten ondersteunt, want 'zekere' projecten zou de markt ook kunnen oppikken. De ervaringen uit de Verenigde Staten en Duitsland laten zien dat het via een competitie toekennen van projecten een nuttig instrument kan zijn voor energie-innovatie, waarbij deze *calls*

¹⁴⁰ Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi, 2014).

natuurlijk wel moeten passen binnen uiteindelijke doelen die men met die energie-innovatie tracht te bereiken.

Onderzoekscentra

Tevens wordt zowel in de Verenigde Staten als in Duitsland gebruik gemaakt van 'nationale onderzoekscentra' voor energie-innovatie. De Amerikaanse *National Labs* en de Duitse Helmholtz-centra hebben een prominente plaats in de strategie voor energie-innovatie van de federale overheid in beide landen. De *National Labs* zijn betrokken bij projecten en programma's voor en met publieke en private actoren, terwijl de Helmholtz-centra meer centraal worden gecoördineerd door de overheid via de Helmholtz Gemeenschap (het Duitse federale ministerie voor economie en energie heeft een belangrijke invloed op de strategische richting van de Helmholtz Gemeenschap).¹⁴¹ Nederland heeft minder van zulke nationale onderzoeksorganisaties (afgezien van de TO2-instituten, waarvan ECN en TNO het meest relevant zijn voor energie en NWO-instituten als DIFFER), waardoor dit instrument in Nederland minder potentieel heeft dan in, bijvoorbeeld, Duitsland. In plaats daarvan zou meer projectmatige aanpak van de Verenigde Staten die ook universiteiten en onderzoeksorganisaties betreft, beter passen bij de Nederlandse context.

¹⁴¹ Van den Broek (2016).

Bijlage 4 Uitgaven in OESO-landen

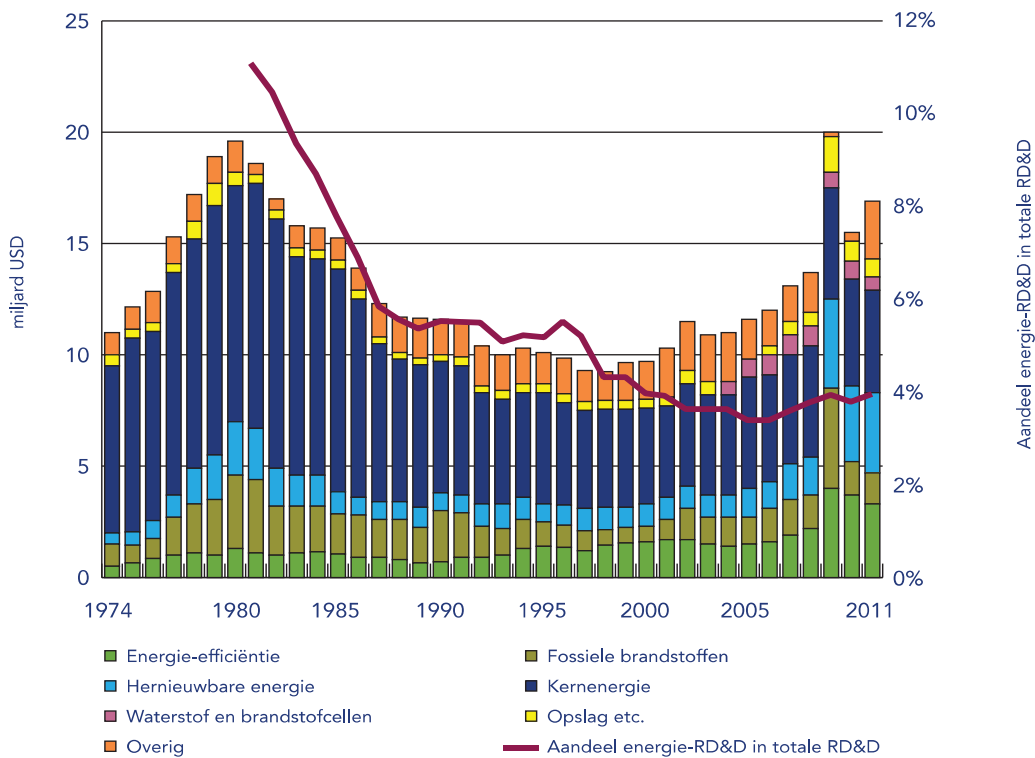
Het Internationaal Energieagentschap (IEA) houdt statistieken bij over de publieke uitgaven in de aangesloten landen ten behoeve van 'Energy RD&D'. Dit omvat onderzoek (*research*), ontwikkeling (*development*) en demonstratie (*demonstration*) gerelateerd aan productie, opslag, transport, distributie en besparing van alle vormen van energie. Het gaat daarbij om basisonderzoek dat duidelijk gericht is op de ontwikkeling van energie-gerelateerde technologieën, toegepast onderzoek, experimentele ontwikkeling en de demonstratie. De commerciële uitrol van een nieuwe technologie wordt *niet* meegenomen in de betreffende cijfers.¹⁴²

In figuur 3 (op p. 112) is het totaal aan publieke steun voor energie-gerelateerd RD&D in de IEA-landen weergegeven, in absolute zin en als aandeel van de totale publieke R&D-ondersteuning. Voor dat laatste is sprake van een duidelijk dalende trend, van meer dan 10% aan het begin van de jaren '80 tot tussen de 3 en 4% nu. In absolute zin neemt het sinds het eind van de jaren '90 weer toe. Verder valt op dat oorspronkelijk het leeuwendeel van de steun naar onderzoek rond kernenergie ging terwijl in de laatste jaren het onderzoek naar hernieuwbare energie steeds belangrijker wordt. Voor niet-IEA-landen is het lastig om aan goede cijfers te komen. Figuur 4 geeft bedragen voor 2008: China gaf rond de 4 miljard USD uit, ongeveer een derde van wat alle IEA-landen in dat jaar samen uitgaven.

Afgezien van de ontwikkeling en de totalen van de uitgaven aan energie-RD&D bieden de IEA-cijfers ook inzicht in de onderverdeling over de verschillende gebieden van energie-innovatie. Dit gaat tot op redelijk uitgesplitst niveau. Hieronder is dat weergegeven voor die IEA-landen waarvoor de gegevens van 2011 bekend zijn (figuur 5 op p. 113). Om de landen vergelijkbaar te maken, zijn de uitgaven voor energie-RD&D omgerekend in promillages van het BBP. Twee dingen vallen op. Ten eerste verschilt de hoogte van het totale budget sterk tussen landen. Er zijn twee koplopers (Finland en Noorwegen) die meer dan 1 promille van hun BBP aan energie-RD&D besteden en er zijn enkele landen die bijna geen budget hebben. Ten tweede is de onderverdeling over aandachtsgebieden zeer verschillend. Dat hoeft niet te verbazen gezien de verschillende omstandigheden en 'geschiedenis' in de verschillende landen. Zo gaven Japan, Spanje, Frankrijk en België in 2011 relatief veel uit aan onderzoek naar kernsplijting, terwijl Denemarken en Estland relatief het meest aan hernieuwbare energie besteedden. Hongarije, Finland en Luxemburg zetten zeer sterk in op energie-efficiëntie (besparing).

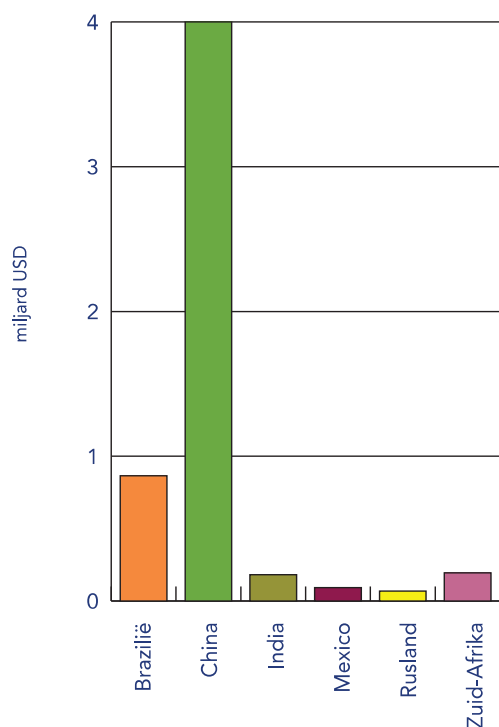
¹⁴² IEA Guide to Reporting Energy RD&D Budget/Expenditure Statistics, 30 June 2011 edition.

Figuur 3 Ontwikkeling van de overheidsuitgaven voor energie-RD&D in de IEA-landen (totaal)



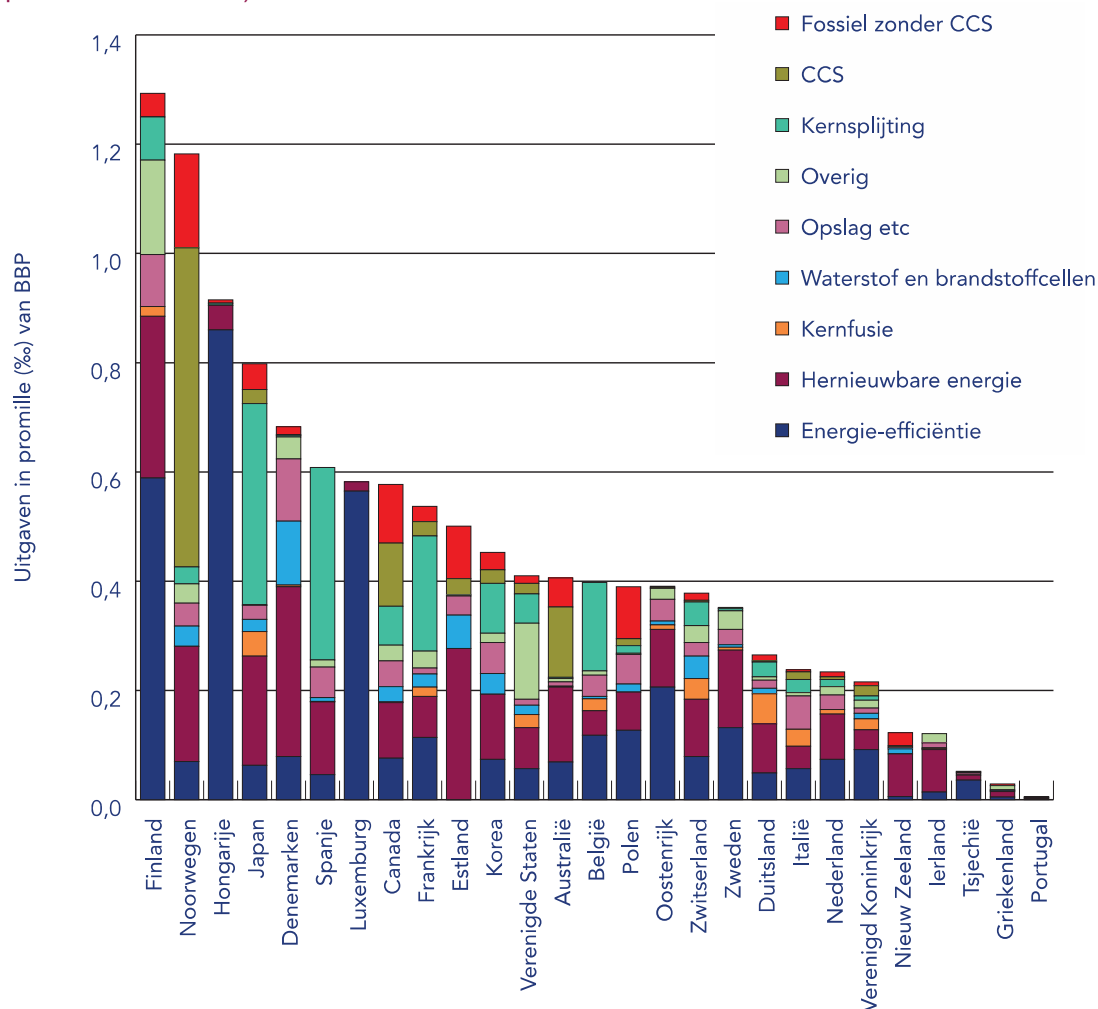
Bron: IEA, *Tracking Clean Energy Progress 2013*, Paris: IEA, 2013, Figure 5.3 op p. 126

Figuur 4 Publieke stimulering van energie-RD&D in enkele niet-IEA-landen (2008)



Bron: IEA, *Tracking Clean Energy Progress 2013*, Paris: IEA, 2013, Figure 5.3 op p. 126

Figuur 5 Publieke uitgaven aan energie-RD&D in 2011 (uitgesplitst naar categorie en uitgedrukt in promille van het BBP)



Bron: IEA statistieken (gegevens van 2011) met eigen bewerking door AWTI

Behalve dat we de publieke uitgaven voor energie-RD&D kunnen omrekenen naar een promillage van het BBP, hebben we ook berekend wat die uitgaven zijn per ton uitgestoten CO₂. Beide berekeningen hebben we uitgevoerd voor de gegevens van 2013, het meest recente jaar waar IEA voor een groot aantal landen de gegevens beschikbaar had. De berekende waarden voor de verschillende landen staan in Tabel 4 op p. 115. De landen zijn gerangschikt naar het promillage van het BBP dat aan energie-RD&D wordt besteed.¹⁴³ In paragraaf 2.8 zijn deze waarden weergegeven in een grafiek (figuur 2).

Uit de onze berekeningen op basis van de IEA-statistieken blijkt dat gemiddeld 0,407 ‰ van het BBP aan publiek budget gespendeerd wordt voor energie-innovatie. Nederland

¹⁴³ Nota bene: in tabel 4 betreft het de waarden voor 2013, terwijl in figuur 5 waarden uit 2011 zijn weergegeven. Voor de meeste landen zijn die redelijk vergelijkbaar, voor enkele landen wijkt het af, zoals bijvoorbeeld Spanje, dat in 2013 aanmerkelijk minder uitgifte aan energie-RD&D dan in 2011.

zit met 0,288‰ daar ruim onder. Stel dat Nederland 0,45‰ van het BBP aan publieke stimulering van energie-innovatie zou (willen) besteden, dan gaat het in totaal om zo'n 305 miljoen euro per jaar. Zo'n meer dan gemiddelde inspanning is een niet onredelijke aanname, omdat de opgave voor Nederland om de uitstoot van CO₂ te verlagen (en om de energievoorziening te verduurzamen) ook bovengemiddeld is.

Het zal dan ook niet verbazen dat ook per ton CO₂ Nederland onder het gemiddelde presteert (Nederland: 1,58 USD/ton CO₂, terwijl het gewogen gemiddelde 1,66 USD/ton CO₂ is en het gemiddelde waarbij elk land even zwaar telt: 2,84 USD/ton CO₂).

Tabel 4 Publieke uitgaven aan energie-RD&D (2013) per land gerelateerd aan BBP en uitstoot van broeikasgassen (gerangschikt op promillage van het BBP)

Land	Energie-RD&D in promille BBP	Energie-RD&D in USD/ton CO ₂
Finland	1,160	6,31
Noorwegen	0,861	12,50
Canada	0,708	2,43
Denemarken	0,631	5,47
Japan	0,625	2,48
Australië	0,618	2,39
Frankrijk	0,512	4,56
België	0,480	2,83
Zwitserland	0,394	6,49
Oostenrijk	0,386	2,54
Zweden	0,376	5,82
Verenigde Staten	0,354	1,16
Slowakije	0,340	1,03
Nederland	0,288	1,58
Duitsland	0,287	1,41
Polen	0,263	0,47
Verenigd Koninkrijk	0,211	1,26
Estland	0,135	0,18
Tsjechië	0,111	0,23
Nieuw Zeeland	0,098	0,57
Spanje	0,069	0,41
Portugal	0,056	0,28

Bron: IEA statistieken (2013) met eigen bewerking door AWTI.

Bijlage 5 Gesprekspartners

De volgende personen hebben deelgenomen aan een consultatiebijeenkomst op 10 juni 2016 over 'energie-innovatie' in het kader van dit advies en de 'energiedialoog' van het ministerie van Economische Zaken:

▶ Rob Aalbers	CPB
▶ Pallas Agterberg	Alliander
▶ Peter Alderliesten	TKI Energie & Industrie
▶ Teun Bokhoven	TKI Urban Energy
▶ Sander Kes	Ministerie van EZ
▶ Michael van der Plaat	Ministerie van EZ
▶ Jan Ros	PBL
▶ Martine Roza	Ministerie van EZ
▶ Bas Straathof	CPB
▶ Ron Wit	Eneco

Ter voorbereiding van dit advies is verder met de volgende personen gesproken of gecorrespondeerd :

▶ Maarten Afman	CE Delft
▶ Frans van den Akker	ISPT
▶ Floor Alkemade	TU Eindhoven
▶ Simon Bennett	IEA
▶ Wilma Berends	Stichting Natuur & Milieu
▶ Bert Stuij	RVO
▶ Kees Biesheuvel	Dow Chemicals
▶ Michiel Boersma	Universiteit Tilburg
▶ François Boisseleau	Engie
▶ Pieter Boot	PBL
▶ Yorian Bordes	De Groene Zaak
▶ Ruud van den Brink	ECN
▶ Leo Brouwer	Engie
▶ Ed Buddenbaum	Ministerie van EZ
▶ Catherine Chiong Meza	Rathenau Instituut

▶ Edgard Creemers	InvestInFuture
▶ Mark Dierikx	Ministerie van EZ/Topsector Energie
▶ Albert Faber	WRR
▶ Erik Fledderus	SURF
▶ Koen Frenken	Universiteit Utrecht
▶ Dolf Gielen	IRENA
▶ Jörg Gigler	TKI Gas
▶ Hans Grünfeld	VEMW
▶ Dominique Guellec	OESO
▶ Foppe de Haan	SER/Borgingscommissie Energieakkoord
▶ Antoine Heideveld	Het Groene Brein
▶ Bas Heijs	Ministerie van EZ
▶ Marko Hekkert	Universiteit Utrecht
▶ Paulien Herder	TU Delft
▶ Maria van der Hoeven	Clingendael
▶ Geertje van Hooijdonk	Stichting Natuur & Milieu
▶ Hans van Hooijdonk	TenneT
▶ Annelies Huygen	TNO/Universiteit van Amsterdam
▶ Manon Janssen	Ecorys/Topsector Energie
▶ Harm Jeeninga	ECN
▶ Jacques de Jong	Clingendael
▶ Jacques Kimman	RVO
▶ Joris Knigge	Mentes Advisory
▶ Simone Landolina	IEA
▶ Erik Langereis	DIFFER
▶ Wilco van der Lans	Havenbedrijf Rotterdam
▶ Saskia Lavrijssen	Universiteit Tilburg
▶ Hans van 't Noordende	Tebodin
▶ Børge Obel	Aarhus University
▶ Robert van der Peet	Stedin
▶ Yannick Perez	Supélec/Université Paris Sud XI
▶ Peter van der Pluijm	Platform Duurzaam Rijnmond
▶ Donald Pols	Milieudefensie
▶ Rianne Post	Ministerie van EZ

▶ Theo van den Raadt	ENCI
▶ Victoria Ruijs	Vattenfall
▶ Yamina Saheb	OpenExp
▶ Joost Sandberg	Akzo Nobel
▶ Richard van de Sanden	DIFFER
▶ Klaas Schuring	KIC InnoEnergy
▶ Koen Septer	RVO
▶ Xunpeng Shi	National University of Singapore
▶ Wim Sinke	ECN
▶ Jan Paul van Soest	JPVS
▶ Wouter Spekkink	TU Delft
▶ Pier Stapersma	CIEP
▶ Rob Stikkelman	TU Delft
▶ Laurence Thring	Huntsman
▶ Paula van Tijn	FOM/Topsector Energie
▶ Geert Verbong	TU Eindhoven
▶ Alexander van der Vooren	PBL
▶ Hans Vrijenhoef	Proton Ventures
▶ Merei Wagenaar	Ministerie van EZ
▶ Hans Wassenaar	AVR
▶ Margot Weijnen	WRR
▶ Anna Wieczorek	TU Eindhoven
▶ Remko Ybema	Energy Academy
▶ Muhammad Zubair	Uniper
▶ Ernst van Zuijlen	TKI Wind-op-zee

Bijlage 6 Gebruikte bronnen

- ▶ AgenschapNL (2013), *Voortgangsrapportage Green Deals*, Den Haag: 2013.
- ▶ Algemene Energieraad (AER, 2007), *Energietechnologie voor de toekomst. Leren en stimuleren*, Den Haag: AER, maart 2007.
- ▶ AWT (Adviesraad voor het Wetenschaps- en Technologiebeleid, 2013), *Waarde creëren uit maatschappelijke uitdagingen*, advies nr. 82, Den Haag: AWT, oktober 2013.
- ▶ AWTI (Adviesraad voor wetenschap, technologie en innovatie, 2016), *Flexibiliseren, differentiëren, scherper kiezen. Balans van de topsectoren 2016*, Den Haag: 2016.
- ▶ Broek, S.M. van den (2016), *Don't follow the recipe: The design of policy instruments to stimulate energy innovation within differing institutional contexts*, M.Sc. thesis, TU Eindhoven, juli 2016.
- ▶ Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMW, 2014), *Bekanntmachung Forschungsförderung im 6. Energieforschungsprogramm „Forschung für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung“* vom 8. Dezember 2014, Bundesanzeiger AT 30.12.2014 B1.
- ▶ Camps, M. (2016), 'Onzekere wegen naar welvaart', *Economisch-Statistische Berichten*, Jrg. 101 (4725), 7 januari 2016, p. 6-9.
- ▶ Camps, M. et al. (2016), *Kiezen voor duurzame groei*, Rapport Studiegroep Duurzame Groei, Juli 2016.
- ▶ Centraal Planbureau (CPB, 2016), *Kansrijk Innovatiebeleid*, Den Haag: 2016.
- ▶ Chiong Meza, C.M. (2012), *Understanding Socio-technical Change. A System-Network-Agent Approach*, Ph.D. thesis, TU Delft, Delft: 2012.
- ▶ Europese Commissie (2015), Mededeling van de Commissie, Een kaderstrategie voor een schokbestendige energie-unie met een toekomstgericht beleid inzake klimaatverandering, Brussel: 25 februari 2015, COM(2015) 80 final.
- ▶ Hagen, T.H.J.J. van der, P.M. Herder en C. Hellinga (red.) (2015), *Het Delft Plan. Nederland als Energy Gateway*, Delft: TU Delft, maart 2015, te vinden via: <http://www.tudelft.nl/onderzoek/thematische-samenwerking/delft-research-based-initiatives/delft-energy-initiative/het-delft-plan/>
- ▶ Hertog, P. den, et al. (2015), *Evaluatie Innovatiebox 2010 – 2012*, Utrecht: Dialogic, november 2015.
- ▶ IEA (Internationaal Energieagentschap, 2013), *Tracking Clean Energy Progress 2013, IEA Input to the Clean Energy Ministerial*, Paris: OECD/IEA, 2013.
- ▶ IEA (Internationaal Energieagentschap, 2015), *Energy Technology Perspectives 2015. Mobilising Innovation to Accelerate Climate Action*, Paris: OECD/IEA, 2015.

- ▶ Knops, H.P.A., L.J. de Vries, A.E.H. Huygen, M. Roks en C.G. van Rhee (2014), *Een flexibele wet voor een veranderend net*, (Eindrapport project “Toekomstbestendige Organisatie Energievoorziening”), Delft: TU Delft/TNO/Stratelligence, 15 februari 2014.
- ▶ Krijger, D. (2016), *Assessing the Social Element in the Development of Socio-technical Systems: the Network Readiness Level. The case of demand response in the port of Rotterdam*, M.Sc. thesis, TU Delft, Delft: 2016.
- ▶ Kuik, G.A.M. van, *et al.* (2016), ‘Long-term research challenges in wind energy – a research agenda by the European Academy of Wind Energy’, *Wind Energ. Sci.*, 1, 1–39, 9 februari 2016, doi:10.5194/wes-1-1-2016.
- ▶ Kwink groep (2013), *Externe audit green deal aanpak*, Den Haag: 28 oktober 2013.
- ▶ Lester, R. en D. Hart (2011), *Unlocking Energy Innovation. How America Can Build a Low-Cost, Low-Carbon Energy System*, Cambridge, MA: MIT Press, 2011.
- ▶ Mazzucato, M. (2015), *De ondernemende staat. Waarom de markt niet zonder overheid kan*, Amsterdam: Nieuw Amsterdam Uitgevers, 2015.
- ▶ Ministerie van Economische Zaken (2016), *Energierapport. Transitie naar duurzaam*, Den Haag: januari 2016.
- ▶ Ministerie van Financiën (2016), *Rapport IBO kostenefficiëntie CO₂-reductiemaatregelen*, Den Haag: april 2016.
- ▶ Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2014), *Een duurzame brandstofvisie met LEF. De belangrijkste uitkomsten uit het SER-visietraject naar een duurzame brandstoffenmix in Nederland*, Den Haag: juni 2014.
- ▶ Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2015), *Actie-agenda duurzame brandstoffen. Inventarisatie van mogelijke acties per marktsegment voor de periode 2015-2020*, Den Haag: juni 2015.
- ▶ Natuur en Milieu (2016), *Energievisie 2035. Energietransitie in de hoogste versnelling*, juni 2016.
- ▶ OECD en Eurostat (Organisation for Economic Co-operation and Development & Statistical Office of the European Communities, 2005), *Oslo Manual. Guidelines for collecting and interpreting innovation data*, 3rd ed., Paris: OECD Publications, 2005.
- ▶ Planbureau voor de Leefomgeving en Energieonderzoek Centrum Nederland (PBL en ECN, 2013), *Het Energieakkoord: wat gaat het betekenen? Inschatting van de gemaakte afspraken*, s.l.: september 2013.
- ▶ Planbureau voor de Leefomgeving (PBL, 2016), *Opties voor energie- en klimaatbeleid*, Den Haag: PBL, 2016.
- ▶ Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (Rli, 2015), *Rijk zonder CO₂. Naar een duurzame energievoorziening in 2050*, Den Haag: Rli, september 2015.

- ▶ Ros, J. (2015), *Energietransitie: zoektocht met een helder doel*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving, 27 oktober 2015, te vinden op: <http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2015-energietransitie-zoektocht-met-een-helder-doel-01921.pdf>
- ▶ Ros., J. en K. Schure (2016), *Vormgeving van de energietransitie*, Den Haag: PBL, 2016.
- ▶ Schoots, K. en P. Hammingh (2015), *Nationale Energieverkenning 2015*, ECN-O--15-033, Petten: Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN), 2015.
- ▶ Son, L.J.M. van (2015), *Evaluation of the top sector policy energy from an evolutionary perspective*, M.Sc. thesis, TU Eindhoven, Eindhoven: augustus 2015.
- ▶ Topsector Energie (2016), *Inbreng van de Topsector Energie in de Energiedialoog*, s.l.: 2016.
- ▶ Vooren, A. van der, en J. Ros (2014), *De Topsector Energie en energie-innovatie. Inzichten van experts uit de 'gouden driehoek'*, PBL-notitie, (PBL-publicatie nr. 1547), Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving, september 2014, te vinden op: http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2014-de-topsector-energie-en-energie-innovatie_1547.pdf.
- ▶ World Energy Council (WEC, 2016), *World Energy Issues Monitor 2016. A Climate of Innovation Responding to the Commodity Price Storm*, London: WEC: 2016.
- ▶ Yergin, D. (2011), *The Quest. Energy, security and the remaking of the modern world*, Penguin Press, 2011.
- ▶ Zhong Lun Law Firm (2014), *'IP newsletter in 2013'*, Beijing: Zhong Lun, 2014, te vinden op: <http://www.zhonglun.com/UpFile/File/201402131750305116.pdf>.

Adviesraad voor wetenschap, technologie en innovatie

Prins Willem-Alexanderhof 20

2595 BE Den Haag

t. 070 31 10 920

e. secretariaat@awti.nl

w. www.awti.nl