WIE IS DE WOLF?

EEN SYSTEEMBLIK OP DE NEDERLANDSE ENERGIETRANSITIE

WIE IS DE WOLF ?

ROLAND KUPERS[1], ALBERT FABER[2], EN ANNEMARTH IDENBURG[3]

NOVEMBER 2015

1
Corresponderende auteur: roland.kupers@gmail.com - University of Oxford, Singapore Management University en Roland Kupers Consult.

2
faber@wrr.nl - Werkzaam bij de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid.

3
idenburg@wrr.nl- Werkzaam bij de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid.

VOORWOORD

'In een complexe, geglobaliseerde marktsamenleving zal het behartigen van diverse publieke belangen in diverse gevallen ook de collectieve inzet van andere partijen dan de overheid vereisen,' zo stelde de WRR in zijn rapport 'Publieke zaken in de marktsamenleving' (2012). Dat de transitie naar een duurzame energiehuishouding een complex maatschappelijk vraagstuk is en dat daarbij cruciale publieke belangen aan de orde zijn behoeft geen betoog. Het is daarom, in lijn met genoemd WRR-rapport, van belang om met een verscheidenheid aan publieke en private partijen gezamenlijk over dit vraagstuk na te denken en het gesprek hierover aan te gaan.

Het complexiteitsperspectief vertrekt vanuit het idee dat de maatschappij een complex systeem is, vol niet-lineaire terugkoppelingen en evolutionaire dynamiek, gedreven door een diversiteit aan actoren, verbonden in netwerken en ingebed in sociale praktijken. Het concept complexiteit is echter nog in hoge mate abstract, en er is een kloof tussen theorie enerzijds, en empirie en praktijk anderzijds. Aan de andere kant zien we dat er in de beleidspraktijk en in het bedrijfsleven met het oog op de toekomst wordt geëxperimenteerd met de aansturing van complexe systemen.

Tegelijkertijd is duidelijk dat daar waar het thema complexiteit een belangrijke toegevoegde waarde kan hebben voor het denken en handelen richting duurzame energiehuishouding, dit begrip niet het zicht mag ontnemen op de bijzondere verantwoordelijkheden waarop publieke en private actoren elk voor zich aanspreekbaar zijn en blijven. Integendeel, het streven moet erop gericht zijn dat deze verantwoordelijkheden en aanspreekbaarheid juist scherper in beeld komen, binnen een context van constructieve, toekomstgerichte samenwerking.

Het samenbrengen van theorie en praktijk kan bijdragen aan een betere empirische basis voor de complexiteitsbenadering, maar vooral ook aan het vinden van een instrumentarium dat de beleidspraktijk kan verrijken. Gezien het belang van het onderwerp en discussie hierover vanuit publieke en private kring en vanuit de invalshoeken van kennis en beleid, en omdat het thema aansluit bij de verkenningen in het kader van het WRR-project 'Handelingsperspectieven voor duurzaamheid', hebben experts van de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (WRR) deelgenomen aan een tweetal workshops waartoe Roland Kupers, co-auteur van 'Complexity and the Art of Public Policy' het initiatief heeft genomen. Tijdens deze workshops, met een grote diversiteit aan deelnemers, is twee dagen lang nagedacht over de meerwaarde van een complexiteitsperspectief voor een energietransitie in Nederland.

Het is van groot belang om verbindingen te leggen tussen publieke, private en maatschappelijke partijen in het maatschappelijk debat en om de bevindingen van dit veldexperiment transparant naar buiten te brengen. Roland Kupers, Albert Faber en Annemarth Idenburg hebben daarom op basis van de discussie tijdens de workshops de voor u liggende reflectie geschreven. Deze publicatie is geen verslag van de workshops maar een schets van naar voren gebrachte ideeën over complexiteit en energietransitie, en een voorzet voor het verbinden van theorie en praktijk.

De tekst is onder verantwoordelijkheid van de auteurs, met dank aan de deelnemers aan de workshops voor hun rijke en gevarieerde inbreng in de discussies.

‘Wie een complexiteitsperspectief iets langer op zich in laat werken zal zich realiseren dat zich een vat vol nieuwe mogelijkheden opent, een geheel nieuw perspectief op sturing, verandering en transitie,’ stellen de auteurs in hun epiloog. Ik wens de lezer veel nieuwe en nuttige inzichten en ideeën toe.

Prof. dr. J.A. Knottnerus
Voorzitter Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (WRR)

INHOUDSOPGAVE

WIE IS DE WOLF? **6**

01 **DE AARZELENDE NEDERLANDSE ENERGIETRANSITIE** **8**
Wat is een Nederlandse energietransitie? 8
Piano, piano... 8
Een traditioneel perspectief 10
De invloed van economische modellen 12
De invloed van bestuurlijke modellen 14
Naar een complexiteitsperspectief 14

02 **DE TRANSITIE DOOR EEN COMPLEXITEITSLENS** **15**
Complexiteit als lens 15
Illustraties van kijken door een complexiteitslens 16
Zicht op complexiteit 17

03 **ENERGIEBELEID BEKEKEN DOOR EEN SYSTEEMLENS** **22**
Diversiteit van actoren en strategieën: het Energieakkoord 22
Centrale sturing en regie: Warmtevisie 25
Netwerken op meer niveaus: de Brandstofvisie 26
Het belang van het verhaal: aardgas en de energietransitie 28

04 **RONDOM HET ENERGIESYSTEEM** **29**
Sociale normen en praktijken in de gebouwde omgeving 29
De organisatie van kapitaal 30
Niet-lineaire dynamiek bij innovatie 32

05 **ENERGIETRANSITIE IN COMPLEXITEIT** **33**
Strategisch incrementalisme tussen *top-down* en *bottom-up* 33
Helder onderscheid van middelen en doelen 35
Zoeken naar de wolf 35
Vermogen tot aanpassing en tot slimme navigatie in netwerken 36

EPILOOG – VOORBIJ DE *SILVER BULLET* **39**

Verantwoording 41
Noten 42

WIE IS DE WOLF?

In 1995 werd de wolf opnieuw geïntroduceerd in Yellowstone National Park. Het verhaal van deze herintroductie is een goede illustratie van hoe een cascade van onverwachte effecten te verklaren is vanuit de complexiteit van ecosystemen: toen wolven na zeventig jaar hun plaats in het ecosysteem weer innamen, veranderde het graasgedrag van herten, waardoor uiteindelijk het ecosysteem in de valleien weer in al haar diversiteit kon floreren. Uiteindelijk veranderde hierdoor zelfs de loop van rivieren, doordat het herstelde ecosysteem, erosie van rivierbeddingen tegen ging. De wolf is hier dus de aanjager voor herstel van het volledige ecosysteem, inclusief rivierbeddingen. Deze beeldende voorstelling van de dynamiek in een genetwerkt ecosysteem, toont aan hoe een relatief kleine ingreep een effect kan hebben op vele delen van dat systeem. De uitdaging voor beleid is om te zoeken naar dit soort effecten, in het volle bewustzijn dat hun grote effectiviteit samen gaat met geringe voorspelbaarheid.

Wie vanuit dit beeld naar de wereld om ons heen kijkt ziet dat die vergelijkbare patronen en processen terugkomen op alle schaalniveaus. Economieën hangen wereldwijd met elkaar samen, waardoor ontwikkelingen aan de andere kant van de wereld heel direct lokale effecten kunnen hebben: nadat de kleine Griekse economie kou vatte, besmette dat het veel grotere Europa. Inzichten over complexe systemen laten zien hoe lokale effecten doorwerken op andere systemen. Complexe systemen gaan ten diepste over verbondenheid: plexus betekent vlechten, en complexiteit is de leer van vervlochten systemen.

In deze publicatie verkennen we een systeemperspectief op de Nederlandse energietransitie. We zijn op zoek naar de wolf: beleidsingrepen binnen of buiten het energiesysteem die een energietransitie kunnen helpen versnellen. Anders gezegd: we onderzoeken hoe we wolven kunnen vinden en hoe we ons een beeld kunnen vormen van mogelijke effecten van hun introductie.

Het politieke gesprek over openbaar bestuur wordt vaak sterk gekleurd door de kaders van staat en markt: maatschappelijke vraagstukken kennen dan een oplossing ofwel via sterk overheidsingrijpen, ofwel via het marktmechanisme. Op grond van vaak ideologische overwegingen wordt er een tegenstelling geschetst die de suggestie wekt van een beperkte set aan strategische beleidsmogelijkheden. Het is echter maar zeer de vraag of dit de enige twee smaken zijn in het receptenboek van de beleidsmaker.

In de afgelopen decennia is onder de noemer 'complexiteit' in de wetenschap een langzame revolutie gaande. Zoals alle fundamentele ontwikkelingen in de wetenschap, heeft dit op den duur ook consequenties voor de politieke dialoog. In deze reflectie, onderzoeken we hoe een complexiteitsperspectief kan helpen om met andere ogen te kijken naar de strategische beleidsmogelijkheden voor een transitie naar een duurzamer energiesysteem.

Een nieuw kader is het meest onmiddellijk zichtbaar in taal. Een belangrijk deel van dit verhaal bestaat dan ook uit het (her)formuleren van bestaande en nieuwe oplossingen in een 'systeemtaal'. Dat zal soms vertrouwd zijn, maar vaak ook niet. We verkennen de

systeemtaal voor complexiteit in hoofdstuk 2.

Maar eerst geven we in hoofdstuk 1 kort een overzicht van wat er bedoeld wordt met een energietransitie, waarbij we constateren dat dit proces in Nederland relatief traag verloopt in vergelijking met andere landen, dat in de discussie rond de energietransitie dat overheidssturing en marktwerking, en dat doelen en middelen nogal eens door elkaar lopen.

Het energietransitiebeleid richt zich primair op factoren die direct van invloed zijn op energiegebruik en de daaraan gerelateerde emissies. Er wordt gesproken over het energiesysteem als optelsom van energietechnologieën, energieproducenten en energieconsumenten. Door te spreken over het energiesysteem lijkt er een duidelijk afbakening mogelijk tussen wat daartoe behoort, en wat niet meer tot dat systeem behoort. In de praktijk ontbreken vaak de natuurlijke grenzen die het éne systeem onderscheiden van het andere. Zo beperkten de gevolgen van de herintroductie van de wolf zich niet tot de fauna in het Yellowstone park. En andersom, stel dat de parkbeheerders de rivierbeddingen hadden willen verleggen, hadden ze dan ooit gedacht dat de herintroductie van de wolf daartoe de oplossing was? Hoe smal of breed je het systeem rond de energietransitie moet beschrijven om onze wolf te vinden is daarom van te voren niet vast te stellen.

In hoofdstuk 3 kijken we vanuit dit perspectief naar het energiebeleid. Wie met een complexiteitsbril naar de energietransitie kijkt, ziet andere mogelijkheden, middelen en kansen. Dit systeemperspectief biedt een cognitief kader om zaken als een Energieakkoord niet alleen te zien in termen van doelbereik, maar ook als middel om netwerken te vormen, diversiteit aan stakeholders te accommoderen of om adaptief bij te kunnen sturen. We zullen betogen dat een complexiteitsbenadering kan helpen om de traditionele toolbox aan beleidsinstrumenten aan te vullen en te verrijken. In hoofdstuk 4 zoomen we uit van het energiebeleid, en kijken we welke beleidsvelden in zicht komen als we het systeem breder beschouwen. Onze beschrijvingen moeten, zoals gezegd, gelezen worden als een zoektocht naar de wolf voor de energietransitie. Het is uitdrukkelijk niet te bedoeling om op basis van deze zoektocht een oordeel te vellen over de besproken beleidsvelden. Maar onze zoektocht levert wel een aantal inzichten waarvan wij veronderstellen dat die behulpzaam kunnen zijn bij het verder ontwikkelen van beleid gericht op de energietransitie. En meer algemeen, zijn deze inzichten relevant voor het nadenken over hoe we een complexiteitperspectief kunnen hanteren bij het ontwikkelen van beleid. Dit komt in hoofdstuk 5 aan de orde.

Door de hele tekst, in losse kaders beschrijven we voorbeelden van mogelijke oplossingen in de taal van systemen. In dit korte bestek hebben we uiteraard niet de pretentie om een volledige set oplossingen te presenteren, maar wel om het probleem op een andere manier te kaderen. In een systeemperspectief zijn onzekerheden groot, voorspellen is onmogelijk, maar we kunnen wel nadenken over de complexiteit van het energiesysteem, over het identificeren van bepalende transitiefactoren, en over de mogelijkheden om via slim beleid te komen tot aanpassingen op systeemniveau. Wellicht kan juist Nederland, tussen de Angelsaksische en de Rijnlandse benadering in, komen tot een nieuw perspectief op systeemverandering en beleid.

01

DE AARZELENDE NEDERLANDSE ENERGIETRANSITIE

Wat is een Nederlandse energietransitie?

Voor het Europese energiesysteem ligt de uitdaging op tafel om in 2050 nagenoeg CO_2-vrij te zijn. Dat is een helder doel, ingegeven door de wens om klimaatverandering het hoofd te bieden. Voor Nederland betekent dit een grootschalige verandering in de energiehuishouding. De tijd daarvoor dringt, maar in een periode van 35 jaar is veel mogelijk: in 1980 was er nog geen internet, programmeren deden we met ponskaarten, de NOS introduceerde Teletekst als technologisch hoogstandje, en in het openbaar vervoer werd de strippenkaart ingevoerd. Een wereld van verschil met nu. De grote milieuproblemen in die tijd waren bodemverontreiniging (Lekkerkerk), zure regen ('Waldsterben') en vermesting; problemen die primair beschreven konden worden als technische vraagstukken, waarmee in navolgende jaren ook grote verbeteringen in de kwaliteit van de leefomgeving werd bewerkstelligd. Het was ook het jaar van de introductie van loodvrije benzine, dat als grote vooruitgang in de verbetering van luchtkwaliteit werd gevierd. In enkele decennia kan er dus veel veranderen.

De middelen voor zo'n grootschalige aanpassing van de energiehuishouding zijn er ook: Nederland is na Luxemburg het meest welvarende land van de Europese Unie. De rente voor Nederlandse obligaties op de kapitaalmarkten is historisch laag (en af en toe zelfs negatief), en de staatsschuld is laag, zeker als je voor een consistente vergelijking het collectieve bezit van de pensioenopbouw en woningbouwcorporaties ook meetelt. De energiesector beslaat een beperkt deel van de binnenlandse economie, maar levert wel een substantiële bijdrage aan de export en heeft bovendien een grote invloed op de overheidsbegroting via de aardgasbaten. Ook langs die weg zijn er dus middelen denkbaar. De belangen zijn weliswaar groot, maar de totale investeringen zijn in beginsel te overzien.

Ook technologisch is er zeer veel mogelijk: veel van de technologieën die nodig zijn voor een fossielvrij energiesysteem zijn nu al op de markt beschikbaar en in sommige gevallen ook economisch rendabel.[3] Buurlanden als Duitsland en Denemarken gingen ons al voor in de keuze voor een duurzame energietransitie; Nederland kan meeprofiteren van de snelle kostendalingen die daaruit voortkomen.

Op zichzelf beschouwd lijkt een energietransitie in Nederland dan ook niet zo moeilijk. Waarom is het in de praktijk dan toch zo lastig?

Piano, piano...

In een recent rapport[4] over energiebeleid in Nederland merkt de International Energy Agency (IEA) op dat "Despite the significant progress in decoupling emissions from economic growth and industrial energy efficiency, The Netherlands remains one of the most fossil fuel- and CO_2-intensive economies among IEA member countries. The share of fossil fuels in the energy mix is above 90%." Naast de sluiting van 2,6 GW aan kolencapaciteit, voegt Nederland netto 3,5 GW toe: "Three additional coal plants with combined capacity of 3.5 GW are being developed. This development contrasts with wider European Union

trends, where investment in new coal-fired power plants is scarce [...] and most countries are reducing their coal fired capacity."

Ontwikkelingen in de verduurzaming van het Nederlandse energiesysteem verlopen traag, zeker in vergelijking met omringende landen. Er worden wel stappen genomen: tien jaar lang hanteerde Nederland expliciet een 'energietransitiebeleid', en in 2013 zijn verschillende maatschappelijke partijen samen gekomen in een Energieakkoord. De opgetelde resultaten lijken echter nog bescheiden.

Dit moet beter kunnen.

De energiesector staat echter niet op zichzelf en raakt aan vrijwel alle andere sectoren van de economie. Het energiesysteem is een web dat zich over de hele samenleving uitstrekt. Veranderingen in het energiesysteem zijn daardoor per definitie *maatschappelijke* transities. Het energiesysteem is bovendien afhankelijk van andere subsystemen van de economie; verandering is niet alleen een kwestie van nieuwe technologieën, maar ook van nieuwe marktconstructies, van culturele factoren van bestaande en nieuwe belangen, van routines en van het doorbreken van economische vanzelfsprekendheden. Dat heeft dus diepgaande gevolgen voor elke aanpak in de richting van een energietransitie.

Landen gaan hier verschillend mee om. In Duitsland wordt ingezet op de *Energiewende*, een programma voor een energietransitie, waarin industriepolitiek wordt gecombineerd met nauwe betrokkenheid van burgers. De ontwikkeling en toepassing van duurzame en vaak decentraal toegepaste energietechnologiën heeft in vrij korte tijd geleid tot een grote omschakeling in het energiesysteem. De aanpak is sterk bottom-up gedreven, met de vorming van florerende energiecoöperaties en de installatie van onontkoombaar veel zonnepanelen en windmolens. Het draagvlak voor de Energiewende is groot en breed, en het idee van een duurzame energievoorziening is haast onderdeel geworden van de Duitse identiteit.[5] Daar staat tegenover dat Duitsland veel van de aanvangskosten van technologieontwikkeling draagt en dat de Energiewende dus een kostbaar programma is. Bovendien worden intussen relatief koolstofarme gascentrales op de energiemarkt verdrongen door veel vervuilender maar goedkoper producerende kolencentrales, die profiteren van goedkope geïmporteerde kolen en van een slecht functionerende Europese emissierechtenmarkt.

Groot-Brittannië pakt het heel anders aan. Hier ligt de nadruk vooral op de versterking van de centrale opwekkingscapaciteit, en voor duurzame energietechnologie met name op grootschalige offshore windparken. Dat proces verloopt op dit moment primair via de ontwikkeling van een zogenaamde capaciteitsmarkt, waarin grote producenten een vergoeding krijgen voor het stand-by houden van capaciteit; in de praktijk betekent dit doorgaans een verlenging van de economische levensduur van anderszins afgeschreven kolencentrales. Daarnaast zet Groot-Brittannië – tegen zeer hoge publieke kosten – in op extra nucleaire capaciteit bij de bestaande centrale van Hinkley Point.[6] De burger is bij dit alles nauwelijks betrokken – de politieke sympathie voor schaliegas lijkt hier zelfs regelrecht tegen in te gaan. Binnen Groot-Brittannië zien we overigens wel grote verschillen van aanpak tussen de landsdelen, met in Schotland een grote nadruk op wind op land, in Wales een sterk bottom-up gedreven ontwikkeling voor een strategie voor duurzame ontwikkeling[7], en in Engeland relatief veel aandacht voor de instandhouding van (vaak gedateerde) capaciteit.

Het beeld van energietransitie is in beide landen dan ook radicaal verschillend: in Duitsland is de Energiewende een diepgaande systeemverandering van de Duitse economie en samenleving, in Engeland gaat het meer om een van bovenaf gestuurde technologische aanpak ter vermindering van CO_2-emissies. In Engeland wordt via een combinatie van marktwerking en staatsingrijpen aan vernieuwing van het energiesysteem gewerkt, maar in Duitsland is er sprake van een diepere transformatie, ook van de omringende systemen.[8]

Er zijn echter ook opvallende overeenkomsten, met als belangrijkste de rol van de wettelijke verankering van het beleid. Het Duitse beleid voor een verduurzaming van de energievoorziening is gebaseerd op het *Erneuerbare Energien Gesetz*, een in 2000 ingevoerd wettelijk kader dat onder ander de terugleververg oedingen voor duurzame energieproducenten regelt. (In 2014 is de EEG-regeling overigens aangepast, waarbij

een aantal principes van het feed-in tarief zijn veranderd. De betekenis van deze aanpassingen is in de workshop niet besproken en voor deze publicatie niet onderzocht.) Groot-Brittannië voerde in 2008 de *Climate Change Act* in, waarmee tot 2050 een pad van CO_2-emissiereducties stapsgewijs wordt vastgelegd.[9] Een belangrijk onderscheid is dat in Engeland gepoogd is om de wettelijke verankering zover mogelijk buiten de politiek te plaatsen met de *Committee on Climate Change*, terwijl het in Duitsland juist dichtbij de politiek gehouden wordt. Dit verklaart wellicht het verschil in maatschappelijke draagvlak.

Culturele factoren spelen ongetwijfeld een rol in deze verschillen tussen de Britse en Duitse aanpak. Ook voor Nederland is wel naar het belang van culturele factoren verwezen. Ben Coates, de auteur van het boek *Why the Dutch Are Different: A Journey into the Hidden Heart of the Netherlands*, concludeert in The Independent: "The Kingdom of Orange is not very green". Hierbij wordt verwezen naar de Nederlandse neiging om de natuur te zien als iets waartegen primair bescherming geboden moet worden, eerder dan iets om actief te beschermen. Dit wordt door Coates uitgewerkt als culturele context voor de achterstand in de Nederlandse energietransitie: "Holland has a dirty secret. To outsiders, it may seem a green idyll, where cycling and recycling are the norm. But scratch the surface [...] and you find a crowded, carbon-spewing, urban nation spectacularly addicted to fossil fuels."[10]

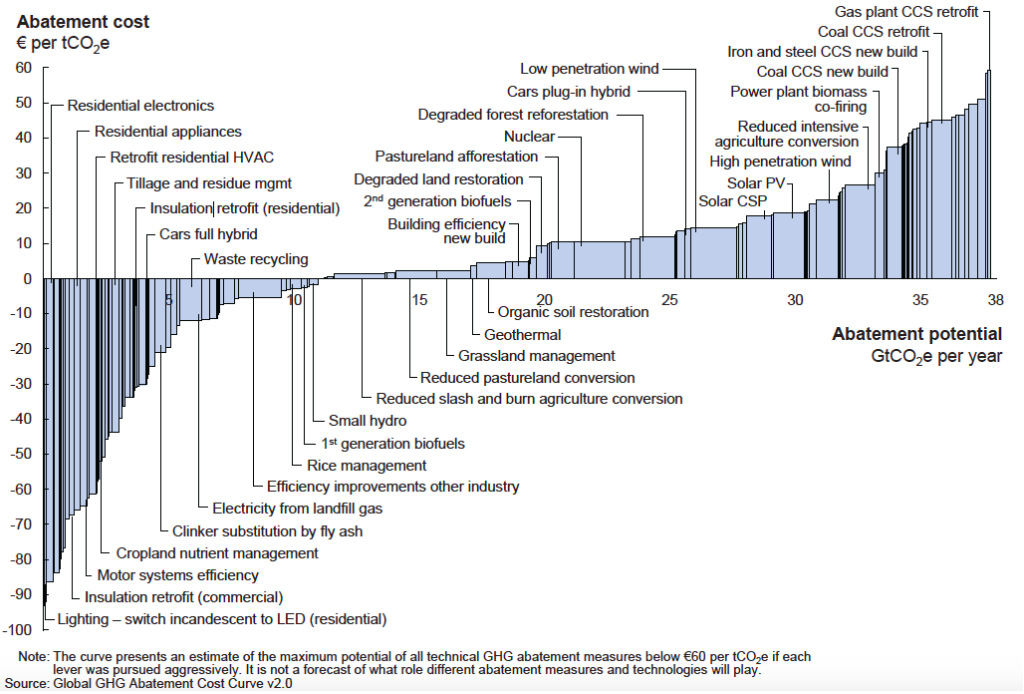
Over het belang van culturele factoren valt te twisten, maar deze overwegingen roepen wel de vraag op: is er een ander perspectief denkbaar, dat ons verder helpt in het denken over energietransitie in Nederland?

Een traditioneel perspectief

Een traditioneel perspectief op beleidsvraagstukken zoals de energietransitie loopt het risico dat voor een aanpak wordt gekozen die niet of onvoldoende aansluit bij de complexiteit van het systeem zelf. Daardoor kan het beleid inefficiënt, ineffectief of zelfs contraproductief zijn. Dat is een les die ook te leren valt vanuit andere beleidsvelden. In ontwikkelingssamenwerking, bijvoorbeeld, hebben we kostenverspillende illustraties gezien van een al te simplistische benadering, gerechtvaardigd vanuit het idee dat een systeem topdown in de gewenste richting gestuurd kan worden.[11] En in het innovatiebeleid wordt juist bovenmatig vertrouwd op de markt, die uiteindelijk wel de innovaties zal opnemen waarin op enig moment is geïnvesteerd. Hier overheerst een sterk lineair perspectief op de keten kennis – innovatie – economische groei. In beide gevallen sluit de beleidstheorie (dat wil zeggen: het geheel van causale verbanden en andere veronderstellingen waarop het beleid berust[12]) onvoldoende aan bij de complexiteit van het systeem.

Ook in het energietransitiebeleid zien we dat verandering van het energiesysteem zelf vaak wordt beschouwd als een relatief overzichtelijk vraagstuk. Het energiesysteem wordt dan beschreven als een *simpel* systeem, dat wil zeggen een systeem dat gekend kan worden aan de hand van goed afgebakende, lineaire dynamiek. Het is bij uitstek een reductionistische benadering, waarin de eigenschappen van het systeem worden gekend als optelsom van de afzonderlijke componenten. In dit perspectief bestaat het energiesysteem uit weldenkende, rationeel opererende actoren, die met kennis van zaken hun afwegingen maken, zonder zich rekenschap te hoeven geven van enige relevante sociale omgeving. De dynamiek in een dergelijk systeem is volledig causaal, dat wil zeggen dat een effect direct, proportioneel en voorspelbaar volgt uit een drukfactor, zoals een beleidsingreep.[13]

Een dergelijk, niet-complex en statisch systeemperspectief overheerst in veel beleidsterreinen, en zeker ook in het energiebeleid. Een voorbeeld van een statische systeembenadering zien we in het gebruik van technologische kostencurves.



Figuur 1
Kostencurve van McKinsey, waarin voor een groot aantal energietechnologieën het reductiepotentieel (in Gt CO2 per jaar) wordt afgezet tegenover de reductiekosten of – opbrengsten (in euro per vermeden ton CO2).

In 2007 introduceerde adviesbureau McKinsey&Co de zogenaamde 'carbon abatement curve', die in een eenvoudig en helder overzicht een vergelijking geeft van de kosteneffectiviteit van verschillende maatregelen om CO_2-uitstoot te reduceren (figuur 1). Dit heeft het voordeel dat uiteenlopende technologische ingrepen met elkaar vergeleken kunnen worden, ongeacht de sector waarin ze worden toegepast. Op die manier kunnen maatregelen in, bijvoorbeeld, landbouw, energiesector, industrie en gebouwde omgeving met elkaar worden vergeleken. Een versie van deze kostencurve uit 2009 beschrijft hoe de vervanging van gloeilampen door LED-verlichting het voordeligst is (in termen van opbrengsten per vermeden ton CO_2), terwijl het afvangen van CO_2 bij bestaande gascentrales alleen tegen zeer hoge kosten mogelijk is[14]. Deze voorstelling van zaken heeft gretig aftrek gevonden, en er zijn specifiek representaties gemaakt voor allerlei landen, sectoren en bedrijven.[15]

Deze benadering is bij uitstek representatief voor een eenvoudige, statische systeembenadering. Zo is er de impliciete aanname dat de verschillende maatregelen onafhankelijk van elkaar zijn. Dat is echter alleen een redelijke aanname in een markt die zich in een stabiel evenwicht bevindt, met relatief uit-ontwikkelde technologieën. In de markt voor energietechnologieën is in de praktijk echter juist sprake van sterke terugkoppelingsmechanismen, niet in het minst doordat de leercurve van technologieën afhankelijk is van de toepassing. Dit betekent dat de prijzen voor technologieën dalen in relatie tot het geïnstalleerde vermogen – bij nieuwe technieken soms in spectaculaire mate. Zo is op de grafiek uit 2009 te zien dat bij zonne-energie photovoltaic (PV) duurder zou zijn dan Concentrated Solar Power (CSP), een aanname die slechts enkele jaren later dankzij de spectaculaire kostendaling van PV al weer achterhaald was. Kostenreducties ontstaan voor een belangrijk deel uit 'learning by doing': juist tijdens productie en installatie worden lessen geleerd die de kosten blijven verlagen.[16] Leercurves zijn juist van het grootste belang voor nieuwe technologieën, maar deze dynamiek heeft in dit soort grafieken geen plek. De kostencurve is dus bij uitstek een beschrijving van de stand van de techniek op een specifiek moment, onafhankelijk van het tempo van installatie of van investeringen in verdere innovatie.

De kostencurvebenadering geeft ook geen rekenschap van afhankelijkheden tussen de technologieën binnen het energiesysteem. Zo is de klimaatwinst van warmtepompen voor een zeer goed geïsoleerd huis een stuk lager dan voor een huis met hoge warmtevraag. Ook via sociale normen kunnen afhankelijk-

heden ontstaan: iemand die zonnepanelen koopt, zal sneller overwegen om een hybride auto aan te schaffen. Technologische ontwikkeling bestaat in essentie uit het combineren van reeds bestaande ontwikkelingen.[17] Hierdoor is er juist een grote mate van afhankelijkheid tussen energietechnologieën. Afhankelijkheden met systemen buiten de elementen op de grafiek zijn helemaal buiten beschouwing gelaten, maar kunnen niet genegeerd worden; denk aan de beschikbaarheid van biomassa in concurrentie met andere vormen van landgebruik, of denk aan de productie van energie in afvalverbrandingsinstallaties, die weer afhankelijk zijn van de beschikbaarheid van afval.

Alle maatregelen aan de linkerkant in de grafiek zijn netto positief. De vraag waarom ze nog niet zijn uitgevoerd is vergelijkbaar met de bekende grap van een econoom die een bankbiljet op straat niet opraapt, omdat die er voor een homo economicus niet kan liggen. Als het zo gunstig is, waarom werden alle maatregelen aan de linkerkant niet uitgevoerd onder invloed van marktkrachten? In deze kostencurves worden barrières als transactiekosten, lock-ins, gebrek aan vertrouwen, onkunde, of marktfalen niet herkend. Het heeft echter niet veel betekenis om vol te houden dat een maatregel in principe winstgevend is, terwijl óf de kosten onderschat zijn, óf rendement niet een doorslaggevende factor is.

Een laatste tegenwerping is het ontbreken van onzekerheidsmarges in de kostenschattingen. Een eenvoudige vergelijking van de grafieken door de jaren heen laat zien dat grote marges op hun plaats zouden zijn geweest – maar elke keer weer worden getallen als feiten over de toekomst aan beleidsmakers gepresenteerd. Hierdoor vermindert de prikkel om een meer adaptief beleid te formuleren, dat zich binnen mogelijkheden zal aanpassen aan veranderende ontwikkelingen.

Terwijl bovenstaande benadering de nadruk legt op statische berekeningen, weten we ook dat juist dynamische ontwikkelingen als gevolg van innovaties en leerprocessen van groot belang zijn. De kostencurvebenadering wekt de suggestie van 'zeker weten', terwijl juist onzekerheden zo typerend zijn binnen een complex systeem. Een ander perspectief is dringend gewenst, maar de invloed van traditionele benaderingen lijkt onverminderd groot.

De invloed van economische modellen

–

Market stability is trivial and not even an interesting question - M. Friedman

–

Macro-economische modellen spelen een centrale rol in de analyse, de formulering en de rechtvaardiging van grote onderdelen van het beleid. Ook op het domein van energie wordt veelvuldig gerekend, zie bijvoorbeeld de doorrekening van de consequenties en haalbaarheid van het Energieakkoord.[18] Via dergelijke exercities wordt beleidsmatig en politiek vaak een rechtvaardiging gevonden voor uitspraken over de kosten en baten van verschillende beleidsvoorstellen. Maar hoe toepasselijk zijn die modellen voor de energietransitie?

De basisaanname van de meeste macro-economische modellen is het idee dat er sprake is van een optimaal evenwicht. Dit idee is door de 19e eeuwse econoom Walras overgenomen uit de natuurkunde, vlak na het formuleren van de eerste hoofdwet van de thermodynamica, de wet van behoud van energie. In de 20e eeuw werd dit economische model steeds verder verfijnd – terwijl de natuurkunde intussen juist radicaal nieuwe wegen verkende, te beginnen met de tweede hoofdwet van de thermodynamica.[19]

Het evenwichtsmodel stelt in beginsel dat een systeem altijd terugkeert naar een toestand van evenwicht en rust. Een voorstelling hiervan wordt gegeven door een ruime gladde kom, waarbinnen een kogel rolt, tot die het stabiele optimum heeft gevonden op de bodem. De evenwichtstoestand is het uitgangspunt voor analyse: in een markt is de prijs voor goederen de uitdrukking van een evenwicht tussen vraag en aanbod. Het evenwicht is in dit perspectief ook stabiel: als de vraag toeneemt, zal de bijgestelde prijs meteen zorgen voor een aanpassing in het aanbod en daarmee voor een nieuw evenwicht. In veel welvaartseconomische modellen ontbreken monetaire variabelen: er is geen kapitaal, en daardoor ook geen financiële sector, er is geen verdeling van kapitaal (en dus ook geen ongelijkheid), en een (onterechte) suggestie van financiële stabiliteit op de lange termijn. Ook speelt de factor tijd doorgaans geen rol van betekenis: na een verstoring zal het systeem altijd terugkeren naar het evenwicht, ongeacht bijvoorbeeld de sociale of fysieke

ontwikkelingen die intussen kunnen hebben plaatsgevonden. Beleid gebaseerd op evenwichtsmodellen legt een sterke nadruk op vertrouwen in de stabiliserende werking van de markt.

Een complex systeem is echter veel beter te kenschetsen als de topografie van een grillig landschap dan als een gesloten evenwichtssysteem in een gladde kom. Er is sprake van meerdere dynamische evenwichten, tijdelijke situaties van rust en stabiliteit, gevolgd door snelle veranderingen naar een nieuwe min of meer stabiele toestand. De dynamiek in een complex systeem wordt gekenmerkt door cascade-effecten en kantelpunten; kleine oorzaken kunnen hierdoor tot grote effecten leiden. Een complex systeem leent zich daarom moeilijk voor voorspellingen over de toekomst. Bovendien is een complex systeem niet scherp afgebakend, wat betekent dat oorzaken van buitenaf soms onverwacht een grote rol kunnen spelen; feitelijk is er geen sprake meer van externe effecten.

Het modelleren van de interacties binnen en rond het complexe systeem is echter venijnig ingewikkeld. De relatief eenvoudige uitwerking via macro-economische evenwichtsmodellen voldoet hier niet meer. Die gedachte is niet nieuw, maar de consequenties ervan worden maar mondjesmaat geaccepteerd. Evenwichtseconomie rekent liever met kwantificeerbare risico's dan met ongrijpbare onzekerheden. Ook voor de energietransitie worden met evenwichtsmodellen voorspellingen gedaan van de economische consequenties van maatregelen (kosten, baten), maar de voorspellende waarde van dergelijke berekeningen kan in hoge mate worden gerelativeerd.

Betekent dit dat we het modelleren van de economie dan maar moeten opgeven? Zeker niet. Om te beginnen zijn er – naast voorspellen – nog vele andere redenen om te modelleren, zoals het leren kennen en uitleggen van interne dynamiek, het verkennen van onzekerheden en trade-offs, of het ontdekken van nieuwe vragen.[20] Daarnaast kunnen we leren complexe systemen te modelleren met bijvoorbeeld multi-actor modellen of om micro-economische modellen te gebruiken om de consequenties van allerlei variaties beter te begrijpen.[21] Modelleren van complexe systemen kan helpen om problemen opnieuw te conceptualiseren, in het geval van de energietransitie bijvoorbeeld via het uitwerken van begrippen als padafhankelijkheid, lock-in, technologische regimes, co-evolutionaire dynamiek, leereffecten en competitie tussen technologische systemen.[22]

Dat geeft ruimte voor een andere beoordeling van systeemdynamiek. Evenwichtsmodellen kennen geen terugkoppelingsmechanismen of leereffecten, waardoor er geen ruimte is voor positieve *feedbacks*. De effecten van specifieke beleidsmaatregelen wordt daardoor vaak onderschat. Een alternatieve benadering vinden we in de studie "A new growth path for Europe"[23], die systeemeffecten als 'learning by doing' en 'expectations management' meeweegt en daardoor een aanmerkelijk optimistischer beeld geeft van het potentieel van klimaatbeleid. Andersom kan er ook sprake zijn van negatieve *feedbacks*, die een specifieke institutionele of infrastructurele lock-in juist bestendigen. In dat geval kunnen we beleidsmatig bijvoorbeeld lessen trekken over de competitie tussen technologische systemen[24], of bijvoorbeeld over de relatie tussen nichemarkten, concurrentie en economische groei.[25]

Standaard economische modellen worden zowel in Nederland als internationaal gebruikt om de economische consequenties van klimaatbeleid te kwantificeren en te voorspellen. Deze conclusies hebben grote gevolgen voor de energietransitie – maar zijn in de grond van de zaak misleidend. De standaard evenwichtsmodellen zijn van toepassing op een ander soort problemen dan de energietransitie. De conclusies op grond van traditionele evenwichtsmodellen moeten we dan ook met grote terughoudendheid beschouwen.

De invloed van bestuurlijke modellen

Complexiteit is ook in het Nederlandse openbare bestuur geen nieuw begrip.[26] Er zijn echter goede redenen waarom het voor beleidsmakers lastig is om inzichten uit de bestuurlijke varianten van de complexiteitstheorie te benutten voor beleidsontwikkeling. Cultuur, organisatie en procedures in het openbaarbestuur zijn immers sterk geënt zijn op een sturingsfilosofie die zich slecht verhoudt tot het complexiteitsperspectief.

Het Nederlandse openbaar bestuur is (net als in andere landen) in essentie een bureaucratie. De ideaaltypische bureaucratie is ontwikkeld als een belangrijke pijler onder de democratische rechtstaat. De bureaucratie vindt zijn oorsprong in het streven naar een overheidsorganisatie die burgers beschermt tegen ambtelijke en politieke willekeur. Algemene beginselen van behoorlijk bestuur, zoals legitimiteitsbeginsel en rechtsgelijkheidsbeginsel, zijn dan ook diep verankerd in de overheidsorganisatie. De verantwoordingsmechanismen zijn onder meer gericht op de controlerende macht van het parlement die zo belangrijk is voor een representatieve democratie.

In de jaren tachtig is het Nederlandse openbaar bestuur sterk beïnvloed door het idee dat die bureaucratie een stuk efficiënter zou kunnen op basis van sturingsprincipes uit marktorganisaties. De sturingsfilosofie van het *New Public Management* legde sterke nadruk op de efficiëntie van een organisatie en op het meten van prestatie- en outputindicatoren.[27] Hierdoor kwam de nadruk te liggen op meetbare resultaten, waarvan ook nog eens moest worden 'aangetoond' dat die dankzij inspanningen van de overheid tot stand waren gekomen. En hoewel het idee van verantwoording dus goed aansloot bij de al bestaande bureaucratie, leidde dit tevens tot een nogal beperkte opvatting van verantwoordelijkheden. Vanuit het perspectief van het New Public Management is de meest efficiënte omgang met complexiteit een heldere scheidslijn in taken en verantwoordelijkheden. Het New Public Management lijkt als sturingsfilosofie weliswaar op zijn retour, maar nieuwe conceptuele kaders, zoals een complexiteitsperspectief, sijpelen nog maar mondjesmaat door in de beleidspraktijk.

Naar een complexiteitsperspectief

We constateren we dat er drie uitdagingen liggen voor de energietransitie in Nederland:

1 - De energietransitie in Nederland verloopt relatief traag, zeker in vergelijking met de landen om ons heen zoals Duitsland en Denemarken.
2 - Het beleid voor energietransitie lijkt sterk ingebed in traditionele denkkaders, met nadruk op technologische, economische en bestuurskundige stabiliteit en controle.
3 - Er is weinig onderscheid en dus verwarring tussen overheidssturing en marktwerking, en tussen doelen en middelen.

In het navolgende hoofdstuk zullen we zien dat een complexiteitsperspectief juist aan deze uitdagingen tegemoet kan komen. Het kan ons helpen om te komen tot een nieuwe benadering, uitgaande van zowel de dynamiek van complexe systemen als van een verse blik op de centrale kernoverwegingen van het beleid. Het complexiteitsperspectief is niet een verfijning van het bestaande kader, maar een wezenlijk ander kader.

02

DE TRANSITIE DOOR EEN COMPLEXITEITSLENS

–

Our world is full of complex causality; causal loops and spirals, events with multiple contributing causes, chaotic oscillations in the weather, the stock market, the ecology. Understanding complex causal systems is fundamental to navigating the contemporary world, yet complex causality gets no more than an occasional nod under the label of systems thinking...
...Awakening learners to these more complex patterns is half the battle. The other half concerns how easily we can overlook what's going on. Drawn to salient events, we may, for instance, never ask what keeps systems constant, miss problematic patterns that play out only now and again, and neglect possible causal influences far away in time and space. - David Perkins[28]

–

Complexiteit als lens

Klassieke benaderingen in termen van 'markt' en 'staat' blijken onvoldoende in staat om beleidsperspectief te bieden ten aanzien van complexe systemen. We moeten op zoek naar iets anders. We hebben een nieuw perspectief nodig, dat de traditionele dualiteit van overheidsactivisme en marktdenken overstijgt.[29] Dat is geen sinecure; de econoom Herbert Simon stelde al dat, om oude en achterhaalde paradigma's te kunnen vervangen, we allereerst een alternatieve benadering nodig hebben, die accurater en realistischer is.

In deze publicatie wordt de energietransitie beschouwd door een *complexiteitslens*, een perspectief in termen van complexiteit en dynamiek, van feedbacks en netwerken, van veerkracht en kwetsbaarheid. We richten ons daarmee niet zozeer op de vraag hoe een systeem optimaal en efficiënt ingericht kan worden, maar hoe we kunnen nadenken over de beleidsmatige randvoorwaarden die aansluiten op de dynamiek en veerkracht van een systeem, waardoor een effectiever beleid denkbaar is.

Daartoe kunnen we putten uit inzichten van de complexiteitswetenschap.

Ons uitgangspunt is dat het energiesysteem als maatschappelijk systeem kan worden beschreven als een open en *complex adaptief systeem*. Een complex adaptief systeem is te definiëren als "a system in which large networks of components with no central control and simple rules of operation give rise to complex collective behaviour, sophisticated information processing, and adaptation via learning or evolution".[30] Complexe systemen worden bestudeerd vanuit vele invalshoeken, onder andere in de economie, ecologie, psychologie, fysica en informatietechnologie. Stephen Hawking typeerde complexiteit dan ook als de wetenschap van de 21ste eeuw.[31]

Dat wil niet zeggen dat complexiteit op zichzelf iets nieuws is, maar wel nieuw is de manier waarop nu over die systemen wordt nagedacht.[32] Een belangrijke stap in die vernieuwing is het besef dat meer onderzoek niet vanzelf leidt tot groter inzicht en betere voorspelbaarheid. In de 'klassieke' wetenschappelijke benadering ligt de nadruk op een reductionistische analyse van afzonderlijke componenten, vanuit de gedachte dat een beter begrip daarvan ook zou leiden tot

een beter begrip van het geheel: de som der delen. In complexe systemen moet deze redenering overboord: de dynamiek van een complex systeem wordt juist bepaald door de aard en de structuur van de verbindingen binnen het systeem, en niet vanuit een begrip van de afzonderlijke delen. Complexe systemen kunnen niet worden begrepen via de afzonderlijke componenten, omdat ze meer zijn dan de som der delen. Een systeemperspectief is dus nodig om het geheel werkelijk te kunnen begrijpen.

Zo is bijvoorbeeld vanuit een complexiteitsperspectief de stabiliteit van een financieel netwerk niet gegeven door de som van de gezondheid van de individuele banken, maar vooral door de structuur van het netwerk waar ze deel van uitmaken. Veranderingen in een complex systeem zijn dan ook niet zozeer het gevolg van de optelsom van afzonderlijke handelingen, maar van de interacties tussen de onderdelen van het complexe systeem. Dat klinkt ingewikkeld, maar voorbeelden zien we dagelijks in de praktijk: hoe ontstaan modes en hypes? Hoe ontstaan plotselinge veranderingen in het politieke landschap? Hoe kunnen we fluctuaties op de aandelenmarkten begrijpen?

Illustraties van kijken door een complexiteitslens

Verkeerskundige Hans Monderman (ooit de bedenker van het concept 'Woonerf') stelde voor dat door het weghalen van alle verkeerstekens en -lichten onder bepaalde omstandigheden zou moeten leiden tot een snellere én veiliger afwikkeling van het verkeer. Hij werkte dit idee uit in het concept 'shared space', waarin stoplichten en lijnen op de weg worden vervangen door een vorm van zelforganisatie door de verkeersdeelnemers. Wie Bangkok, Cairo of New Delhi kent weet dat dit niet vanzelfsprekend tot een soepele doorstroom van het verkeer leidt, maar met een zorgvuldig ontwerp en een intelligente ingreep van bovenaf kan juist worden aangehaakt op de dynamiek van het complexe verkeerssysteem. Niet het gebrek aan regels, maar de aanwezigheid van een ecosysteem bepaald door gedeelde sociale normen, een efficiënte rechtspraak, APK-keuringen, rijbewijzen, enz. maakt deze zelforganisatie mogelijk. Inmiddels is het 'shared space'-concept in plaatsen als Drachten en Linz al met succes toegepast.[33]

De bankensector heeft in de afgelopen jaren gevoeglijk getoond dat kwetsbaarheid geen kwestie is van individuele banken, maar van de samenhang tussen de banken in het financiële systeem. Al in 2008 wezen complexiteitswetenschappers erop dat er feitelijk sprake was van een ecosysteem aan banken, die onderling sterk van elkaar afhankelijk waren.[34] Dat beschreef de sector in termen van een complex systeem, dat zeer kwetsbaar was voor cascade-effecten: de samenhang was zo groot, dat het omvallen van één of enkele banken door zou werken in de gehele sector: er was sprake van een 'systemic risk'. Centrale banken zouden vanuit dit gezichtspunt de opdracht moeten krijgen om niet alleen naar banken te kijken, maar ook verantwoordelijkheid moeten dragen voor de topologie van het financiële netwerk.[35]

Een derde voorbeeld zien we in de hardnekkigheid van conflictsituaties, die soms decennialang landen kunnen ontwrichten. Conflicten doen zich in beginsel overal voor, maar in sommige situaties kan er sprake zijn van een vicieuze cirkel van acties en reacties, die kunnen leiden tot steeds verdere escalatie en uiteindelijk een bestendiging van het conflict zelf. Als van buitenaf wordt besloten tot een ingreep, bijvoorbeeld door militair ingrijpen of sancties, dan is het achterliggende idee meestal dat er sprake is van een 'probleem dat moet worden opgelost'. In de praktijk is dat echter zelden het resultaat. Uit een analyse van langdurige conflicten blijkt het veel vruchtbaarder om het conflict te benaderen in termen van 'lock in', met onderliggende dynamiek van een complex systeem. Dat vergt een benadering in de vorm van 'engagement': "Success doesn't mean that we've ended the conflict, it means we've engaged a system so that violence declines over time".[36]

Van deze voorbeelden kunnen we in algemene zin leren dat er een ander perspectief een grote meerwaarde kan hebben op wat beleid kan en vermag. Het betekent een forse verschuiving: van sturen op detail of van sturen in termen van de regulerende markt gaan we naar een vorm van systeemverantwoordelijkheid. Kan het systeem functioneren? Waar zitten de kwetsbaarheden? Welke actoren zijn bepalend voor de dynamiek? Enzovoorts. Dat vergt vaak niet alleen een 'mental shift' bij de betrokken bestuurders en ambtenaren, maar zeker ook bij de 'ontvangers' van

beleid: 'governance' is meer een kwestie van continue interactie en bijsturing, dan van eenrichtingsverkeer vanuit een alwetende overheid.

We kunnen leren van goede voorbeelden op vele beleidsterreinen. Die bieden ons soms 'best practices', of ze geven inzicht in hoe al lerend succesvol beleid wordt gemaakt.

Zicht op complexiteit

Een aantal concepten en begrippen is relevant voor het begrip van alle complexe systemen. We noemen hier zes elementen die een complexiteitsbenadering onderscheiden van andere, meer statische en klassieke benaderingen.

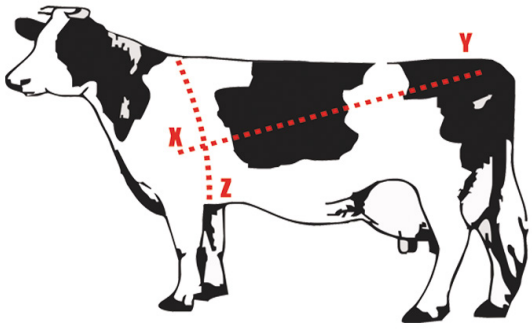
De eerste drie begrippen hebben betrekking op de beschrijving van systemen als complex adaptieve systemen. Daarin gaat het om de *actoren* in het systeem, de onderlinge verbindingen tussen die actoren in *netwerken*, en de wederzijdse beïnvloeding via die verbindingen in de vorm van *sociale normen en praktijken*.

Vervolgens zijn er drie begrippen die betrekking hebben op processen en dynamiek binnen complex adaptieve systemen. *Evolutie* en *padafhankelijkheid* beschrijven processen als gevolg van dynamiek op populatieniveau. *Emergentie* en *zelforganisatie* beschrijven ontwikkelingen in netwerkstructuren. N*iet-lineaire dynamiek* beschrijft de dynamische effecten van deze mechanismen voor het complexe systeem als geheel.

Actoren

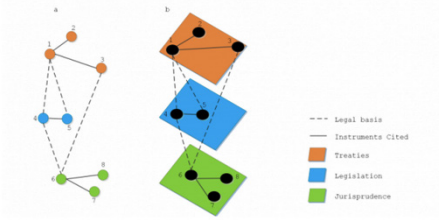
In complexe systemen is geen sprake van een homogene populatie van rationale actoren, maar van diversiteit en verschillen. Actoren (individuen, instituties) hebben verschillende drijfveren voor hun handelen, ze handelen vaak op basis van routines en gewoontes. Voor een klassiek econoom is er dan sprake van een niet-rationele actor, maar iedereen, u en ik, handelt (vaak onbewust) volgens een veel breder spectrum dan kosten en baten alleen. Bovendien kunnen we leren en onze overwegingen aanpassen. Binnen het veld van de gedragseconomie wordt inmiddels veel onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om het gedrag van deze beperkt-rationele actoren te beïnvloeden.[37]

In complexe adaptieve systemen is de beperkte rationaliteit van actoren slechts één van de karakteristieken van actoren die relevant zijn. Daarnaast zijn de diversiteit en heterogeniteit van actoren belangrijke en vaak zelfs bepalende factoren voor de dynamiek van complexe systemen. Dat blijkt bijvoorbeeld uit het vermogen van een sociale groep om nieuwe problemen op te lossen. Sociale groepen hebben het vermogen om een breed scala aan mogelijkheden te verkennen en om zich aan nieuwe omstandigheden aan te passen, mits er ruimte is voor een diverse inbreng: 'the wisdom of the crowds'.[38] Dit vermogen is veel minder groot als er sprake is van een rigide vorm van leiderschap op basis van 'weten hoe het moet', of van homogene groepen die te maken krijgen met 'groupthink'. Het zijn doorgaans niet de gemiddelden, maar de uitzonderingen die koers en maatschappelijk ritme bepalen – de hele geschiedenis van de kunst is door *mavericks* geschreven. Diversiteit is bovendien vaak ook geen normaalverdeling, maar een kwestie van een hoge mate van 'normaal' en van een ruime groep aan uitzonderingen.[39] Dit betekent ook dat beleid dat uitgaat van gemiddelden, en niet van het spectrum van verschillen, iets belangrijks overslaat.



Surowiecki beschrijft in *The Wisdom of Crowds* hoe een diverse groep mensen collectief, onder specifieke omstandigheden,een betere schatting kan maken dan individuele experts. Hij haalt het beroemde voorbeeld aan van Francis Galton, de neef van Darwin, die zag hoe een groep het gewicht van een os nauwkeuriger kon schatten dan een ervaren veehandelaar. In verder onderzoek bleek hoe cruciaal de diversiteit van deelnemers voor dit soort collectieve kennis is.[38]

Netwerken op vele niveaus
Sociale structuren, het internet, de structuur van (organisch gegroeide) steden of de structuur van markten en handelsstromen zijn complexe systemen, die kunnen worden beschreven in termen van relaties en interacties tussen verschillende componenten van een netwerk. Dit zijn geen hoog gestructureerde, hiërarchische netwerken, maar ze zijn evenmin vanuit volledige willekeur opgebouwd. Deze min of meer organisch gevormde netwerken worden gekenmerkt door een structuur waarin sommige componenten in het netwerk meer verbindingen hebben dan andere en bovendien naar componenten die relatief iets verder weg liggen dan zijn directe buren. Dergelijke netwerken worden 'small world networks' genoemd, omdat informatie zich veel sneller door deze netwerken verspreidt dan door andere type netwerken. Ze zijn in structuur en in hun eigenschappen fundamenteel anders dan homogene netwerken, waarin alle knooppunten ongeveer evenveel verbindingen hebben. Ze verschillen ook wezenlijk van 'star networks' waarin enkele knooppunten heel veel verbindingen hebben en de meeste knooppunten slechts één of enkele verbindingen hebben. Bij 'small worlds networks' geldt dat slechts een kleine variatie in het aantal verbindingen van grote invloed is op de snelheid van verspreiding van informatie.[40]



Het type structuur van een netwerk is niet altijd zichtbaar, maar bepaalt in hoge mate wel hoe een systeem zich gedraagt. Onderzoekers van Cornell University beschrijven hoe de Europese wetgeving een netwerk van regels is met een zgn. 'small world' structuur. Dit type netwerk is ook te vinden in de natuur en het internet. Zeer veerkrachtig van aard, maar ook kwetsbaar voor aanvallen op knooppunten.[42]

Voor beleidsmakers is het ten eerste belangrijk om inzicht te hebben in het type netwerk waar ze mee te maken hebben, omdat de typologie zeer bepalend is voor de dynamiek binnen dat netwerk. Als we te maken hebben met een sociaal netwerk, dan is het van belang om rekenschap te geven van de netwerkcentraliteit van specifieke hubs, die als belangrijke versneller (óf als tegenkracht!) kunnen dienen. Tegelijkertijd is een netwerk ook kwetsbaar als een hub een te dominante rol heeft in een netwerk. Bij het wegvallen van zo'n component kan een heel netwerk in elkaar storten[41]. Ook netwerken met relatief weinig verbindingen zijn kwetsbaar omdat ze makkelijk uit elkaar kunnen vallen. Maar te dichte netwerken, met heel veel verbindingen, lopen weer het risico van kortsluiting. Ten slotte is het ook van belang om samenhang tussen netwerken te zien. Een sociaal netwerk is in beginsel onbegrensd en heeft op alle schaalniveaus dezelfde *small world*-kenmerken. De dynamiek van een *small world* is dus schaalonafhankelijk.

Sociale normen en praktijken
In standaard economische modellen spelen sociale normen en structuren doorgaans geen rol van betekenis. Economische afwegingen zijn een zaak van individuele rationaliteit. In de praktijk zien we echter dat het gedrag van mensen juist sterk wordt beïnvloed door hun sociale omgeving.[43] Gewoontes worden vaak doorgegeven via sociale normen; dat geldt niet alleen voor – vaak expliciet benoemde – gedragsregels, maar ook om meer onbewuste normen, routines en praktijken, die voortkomen uit observatie van anderen en uit een beeld van wat gezien wordt als 'normaal' of 'passend'. Dat kan verstrekkende gevolgen hebben: een verschijnsel als obesitas is niet alleen een gevolg van erfelijkheid of individueel gedrag, maar het wordt ook bepaald door sociale normen. Gewoontes worden doorgegeven binnen sociale netwerken, waardoor obesitas te bezien is als een besmettelijk verschijnsel.[44]

Sociale normen spelen ook een belangrijke rol bij de energietransitie, bij voorbeeld in de adoptie van nieuwe producten zoals hybride auto's of LED-lampen. Bij een meer culturele duiding van de energietransitie kunnen specifiek Nederlandse normen wellicht een rol spelen. Zo is de Nederlandse verhouding tot de natuur in belangrijke mate utilitair. Het landschap is door de

mens geschapen en de deltaligging maakt het beheersen van de natuurkrachten noodzakelijk. De natuur is er voor de Nederlanders, in plaats van als een wildernis 'out there', zonder mensen.[45] WWF Nederland was de eerste NGO die een lans brak voor de *ontwikkeling* van nieuwe natuur, in plaats van zich primair te richten op behoud van het bestaande – een op zichzelf zinvolle, maar ook uniek Nederlandse benadering.

In een complexiteitsperspectief zien we een voortdurende wisselwerking tussen sociale normen, onbewuste routines en praktijken, individuele beslissingen en beleid. Er is sprake van een ingewikkelde co-evolutie. Sociale normen worden bepaald door het complex aan individuele beslissingen en door beleidsmaatregelen, maar beleidsmaatregelen zijn in zichzelf ook weer ingebed in sociale normen en politiek-culturele voorkeuren. Sociale normen zijn bovendien geen stabiel gegeven en voortdurend aan veranderingen onderhevig – ook al verlopen die veranderingen soms haast ongemerkt.

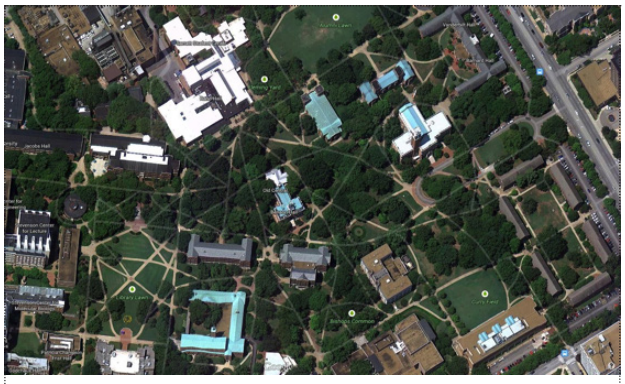
In de nasleep van alle veroordelingen na de financiële crisis is onderzocht of bankiers wellicht minder eerlijk zijn dan de gemiddelde mens. Het verrassende resultaat is dat bankiers alleen binnen de context van de financiële wereld in een experiment significant minder eerlijk waren, maar daarbuiten niet. De sociale normen in de financiële sector lijken besmettelijk te zijn, en eerder in de organisatie, dan in de individuen verankerd te zijn.[46]

Evolutie en padafhankelijkheid

Dynamiek in een complex systeem kan worden begrepen als een evolutionair proces van differentiatie, selectie en retentie. Differentiatie omvat processen als mutatie (biologie) of innovatie (economie), die leiden tot nieuwe manieren van functioneren in een omgeving. Selectie is het proces waarbij slecht aangepaste manieren van functioneren in een proces van competitie worden verwijderd, ten gunste van goed aangepaste manieren van functioneren (*survival of the fittest*, dat wil zeggen: overleven van de best aangepaste). Succesvolle opties kunnen zich vervolgens reproduceren, in een proces van groei en ontwikkeling. In dit perspectief is de markt dan ook niet zozeer het mechanisme dat tussen vraag en aanbod tot een optimale prijs leidt, maar veeleer een selectiemechanisme, een test voor succes of falen van nieuwe innovaties en ideeën. Dergelijke processen zijn ook in een kapitalistische economie geen onbekend gegeven: "In dealing with capitalism we are dealing with an evolutionary process. (...) Capitalism, then, is by nature a form of economic change and not only never is but never can be stationary".[47] Een belangrijke consequentie van een evolutionair perspectief is dat beslissingen of andere ontwikkelingen nooit los in de tijd staan: ze bouwen altijd voort op voorafgaande ontwikkelingen. Elke beslissing is historisch ingebed en in feite het resultaat van een cumulatief proces. Dit staat bekend als *padafhankelijkheid*. Technologische ontwikkelingen bouwen altijd voort op eerdere innovaties. Dit proces wordt versterkt door de vorming van inbeddende structuren in de vorm van instituties, infrastructuren of cultureel bepaalde routines[48]. Het bekendste voorbeeld is wellicht de auto, die als vervoermiddel voor veel mensen niet alleen preferent is in termen van kosten, maar vooral ook omdat er in de afgelopen eeuw een hoog ontwikkelde infrastructuur voor is ontwikkeld, die maken dat concurrerende technologieën vrijwel altijd beginnen vanuit die zelfde infrastructuur (zie case over driverless cars, p. 25). Padafhankelijkheid versterkt de positie van bestaande technologieën en maakt het lastig voor nieuwe technologieën om die positie te doorbreken.

Padafhankelijkheid en lock-in volgen niet alleen uit de fysieke infrastructuur en economische inbedding, maar ook uit culturele en sociale dimensies. Het

formuleren van toekomstbeelden of het vertellen van verhalen, kunnen de weg naar een nieuw pad openen, en de afhankelijkheid van het oude pad doorbreken. Het verhaal doet er toe. Nieuwe wegen gaan pas open als ze voorstelbaar zijn: 'Aha, zo kan het ook!' Dit is een subtiel proces met soms grote gevolgen: het Nederlandse waterbeheer sloeg met "Ruimte voor rivier" een geheel nieuwe weg in, voortbouwend op een radicaal ander discours van omgaan met water. Daarbij werden de invloed en de onzekerheden van de omringende systemen centraal gesteld; waterbeheer als onderdeel van een complex netwerk van systemen.[49]



'Desire paths' is de naam van de spontane paden die ontstaan in parken, het gevolg van allerlei individuele beslissingen om een kortere weg te nemen. De paden op universiteitscampussen zijn bijzonder moeilijk vooraf te plannen. Sommige planologen laten dan ook de paden evolueren door eerst grasvelden aan te leggen. Wanneer het preferente patroon door de interacties van de wandelaars duidelijk is geworden, wordt het park pas aangelegd.

Emergentie en zelforganisatie

In een complex systeem leidt de dynamische interactie tussen actoren op microniveau tot structuren en zelforganisatie op macroniveau. Het doet zich voorkomen alsof macrostructuren 'vanzelf' boven komen drijven, maar in feite is er sprake van een aggregatie-effect. Een dergelijk effect is meer dan de som der delen: de vlucht van één spreeuw kan niet voorspellen hoe een spreeuwenwolk zich vormt. Macrostructuren (zoals instituties) kunnen dus begrepen worden als resultante van bottom-up dynamiek, maar tegelijk geven de structuren ook weer richting aan de dynamiek op microniveau.[50]

Emergentie kennen we uit de eigen omgeving: niet zelden zijn files het gevolg van afwijkend gedrag van enkele automobilisten, met een lange keten van effect op de automobilisten er achter: de zogenaamde 'spookfile'. Veel fysieke en sociale structuren zijn een gevolg van emergentie: het zijn de macrostructuren die volgen uit de interacties tussen een groot aantal actoren. Steden zijn in het algemeen (met hier en daar een uitzondering) niet van bovenaf gepland en ingericht, maar de uitkomst van een continu proces van bouw en vernieuwing. De elektriciteitsinfrastructuur zoals we die nu kennen is de uitkomst van ruim 125 jaar aan ontwikkeling, van kleinschalige lokale netwerken, die uiteindelijk aan elkaar verknoopt raakten tot de transnationale netwerken van nu.[51]

In zijn veelbesproken boek beschrijft Thomas Piketty[52] hoe inkomensongelijkheid is ontstaan uit historische keuzes en ongelukken. Zonder dat het ooit een expliciet doel is geweest, is ongelijkheid enorm veranderd: het is een emergente eigenschap van het sociaal-economische systeem. Iets wat bestaat op systeemniveau, zonder dat duidelijk is hoe het zich verhoudt met de onderliggende elementen.

Niet-lineaire dynamiek
Als gevolg van vele terugkoppelingen is de dynamiek in complexe systemen meestal non-lineair van aard. Er is geen sprake van evenwichten in de klassieke, statische zin, maar hooguit van *dynamische* stabiele toestanden. Een complex systeem is continu onderhevig aan kleine fluctuaties. Het systeem komt meestal weer terug in de stabiele toestand (de 'attractor'); we spreken dan van 'veerkracht' of 'resilience'. Dat hoeft niet per definitie wenselijk te zijn: een organisatie als de maffia is bijzonder veerkrachtig, en rond de energietransitie spreken we soms van een 'lock-in' in het systeem van fossiele brandstoffen.[53]

Op 15 juli 1907 pikte een ongewoon stille bus de eerste passagiers op bij Victoria Station in Londen. Zo begon met twintig bussen de grootste proef met elektrisch openbaar vervoer in de wereld. De London Electrobus Company hoopte de 230 weinig populaire lawaaiige en stinkende bussen met verbrandingsmotor te vervangen. Maar ondanks grote populariteit met de passagiers, ging het bedrijf in 1909 ten onder, doordat de eigenaren de bedrijfsmiddelen hadden gebruikt voor het goede leven aan de Franse zuidkust.
Engeland was een grootmacht en gebeurtenissen in het British Empire waren vaak sterk bepalend voor ontwikkelingen elders in de wereld. Gegeven deze status werd door de eigenaren van Electrobus onbedoeld een lock-in van de verbrandingsmotor in het openbaar vervoer voor een eeuw bezegeld.[55]

Onder specifieke verstoringen kan het systeem echter ook via een kantelpunt ('tipping point') omslaan naar een andere toestand. Dat is vaak het gevolg van cascade-effecten, zoals we dat wel zien bij grootschalige stroomuitval. Een weg terug is er dan doorgaans niet, of slechts met veel inspanning ('hysterese').[54]

Per saldo... onzekerheid
Per saldo betekenen deze kenmerken dat er altijd sprake is van een niet-reduceerbare, fundamentele *onzekerheid*. Dat is een conclusie met grote consequenties. Ten eerste spreekt het bestuurders en burgers aan op het feit dat het geven of verwachten van zekerheden ten diepste onmogelijk is. Dat vergt een wezenlijk andere houding, een sterk begrip én acceptatie van het feit dat we niet alles weten en ook niet alles kunnen weten. Juist dat is echter ook de drijfveer voor wetenschappelijke vooruitgang, voor bestuurlijke adaptatie en voor een ieder om nieuwsgierig en zinvol invulling te geven aan het leven.[56]

03

ENERGIEBELEID BEKEKEN DOOR EEN SYSTEEMLENS

Instrumenten als het Energieakkoord en de Brandstofvisie beogen van binnenuit veranderingen in het energiesysteem te veroorzaken. Een systeemperspectief kan de complexiteitsbril bieden, en daarmee een cognitief kader om deze methodes te versterken, te verrijken en aan te vullen, in plaats van ze slechts te tolereren tussen de dominante staats- en marktnarratieven. In een complex systeem werken doelstellingen richtinggevend. Zo kun je bijvoorbeeld de Urgenda-uitspraak beschouwen als *fitness criterium*, die een nieuwe impuls en richting aan de energietransitie kan geven. Een uiting van ambitie en richting, in plaats van een van buiten de politiek opgelegd doel: een wolf in dit ecosysteem.

We kunnen het bestaande beleid met een complexiteitbril beschouwen. Hoewel het 'staat' en 'markt' denken dominant zijn in de huidige wijze van beleidsontwikkeling, zien we ook dat beleidsmakers volop rekening houden met het gedrag van een diverse actoren, en met hun onderlinge verhoudingen in het energiesysteem. Beleidsontwikkeling zelf kan bovendien ook beschreven worden als een emergente uitkomst van de dynamiek in een complex systeem. Beleid bouwt meestal voort op eerder ontwikkeld beleid, het biedt een compromis van verschillend belangen en visies, en houdt rekening met diverse actoren, ingesleten patronen en eerder ervaringen over wat werkt en wat niet – in de bestuurskundige literatuur wordt dan ook al lange tijd aandacht geschonken aan de complexiteit van beleidsvorming (zie referenties onder eindnoot 32). Lastiger is het echter om in de beleidspraktijk ook met een complexiteitbril te kijken naar het systeem waarin men wil sturen; in de uitwerking van het beleid wordt al weer snel gesproken over 'de consument' of 'de automobilist', alsof die groepen van actoren homogeen zijn.

Aan de hand van de concepten uit het vorige hoofdstuk kunnen we expliciet met een complexiteitlens naar het huidige beleid kijken.

Diversiteit van actoren en strategieën: het Energieakkoord

In september 2013 sloten ruim 40 maatschappelijke partijen met de overheid, onder de vlag van de SER, het Energieakkoord.[57] Na maanden onderhandelen werd een akkoord bereikt op een scala aan afspraken over energiebesparing, schone technologie, werkgelegenheid en klimaatambities, uitgewerkt in tien zogenoemde 'pijlers'. Het Energieakkoord betekent ook een brede betrokkenheid en draagvlak vanuit bedrijfsleven, maatschappelijke organisaties, financiële instellingen en overheden. Er was niet op voorhand een grens aan deelname, met in de praktijk vooral vertegenwoordigende organisaties als VNO-NCW, Aedes, Duurzame Energiekoepel en Bouwend Nederland, aangevuld met een aantal specifieke belangvertegenwoordigers als Greenpeace, Natuur & Milieu en de Fietsersbond. Na het Energieakkoord is een borgingscommissie onder leiding van Ed Nijpels opgezet om de uitvoering van het akkoord op gang te houden.
Kijkend vanuit een complexiteitsperspectief valt een aantal punten op in deze aanpak. Meest opvallend is de brede diversiteit en betrokkenheid van actoren. Dat maakte de onderhandelingen aanvankelijk tot een moeizaam proces, maar een belangrijke winst was

wellicht ook de vorming van nieuwe sociale netwerken, met op zijn minst enig inzicht in en begrip voor elkaars standpunten. Dat is een niet te overschatten winst, na een goed decennium van strijd en polarisatie tussen de betrokken partijen. Dat wil niet zeggen dat álle partijen hier betrokken waren. Veel van de onderhandelaars hadden een vertegenwoordigende rol; koepelpartijen als MKB-NL en VNO-NCW vertegenwoordigen per definitie een middenpositie. Ze kunnen zich dan ook niet alleen op innovatieve koplopers richten, omdat ze dan andere leden van zich zouden vervreemden. Juist door de vertegenwoordigende rol van veel onderhandelaars was de diversiteit aan de onderhandelingstafel dus ook weer niet zo groot als wanneer de individuele koplopers (en achterblijvers) óók aan tafel zouden hebben gezeten. Innovatie in complexe systemen ontstaat juist door gebruik te maken van de diversiteit aan actoren. Een structuur waar oplossingen uit gemiddelden ontstaan zal nooit goed het volledige scala aan diversiteit tot haar recht kunnen laten komen. In dit perspectief zou men willen zoeken naar manieren om grotere verschillen te laten ontstaan, en te benutten voor de verspreiding van gewenste aanpassingen. Een uitdaging bij het Energieakkoord is dat zowel de middelen als het doel uitkomst van het 'complexe' proces zijn. Hierdoor hebben de middelen weliswaar draagvlak, maar de uitkomst is noodzakelijk een compromis. Door een complexiteitslens bezien, zou je de Urgenda-uitspraak kunnen interpreteren als het openbreken van de afgebakende, op consensus gerichte overlegstructuur door de inbreng van nieuwe partijen. [58]

Een tweede punt dat opvalt is de manier waarop het Energieakkoord omgaat met kolen. Een van de elementen van het Energieakkoord is dat de oude kolencentrales worden gesloten, in een uitruil met de afschaffing van een bestaande kolenbelasting. Met deze uitruil zien we tevens een verschuiving van een marktperspectief naar een top-down benadering. Een kolenbelasting is een maatregel die over een brede linie druk houdt op het verlagen van het kolengebruik in het systeem; in een complexiteitsperspectief zou het nog beter hebben gepast om een verschuiving te maken naar een CO_2-belasting, dat nog meer gericht is op de uitkomst, ongeacht de manier waarop dat wordt georganiseerd.

Vanuit een complexiteitsperspectief had men ook kunnen overwegen om verder te gaan, en bij voorbeeld alle kolencentrales te sluiten, om zodoende een systeemtransitie te forceren, zoals het Duitse besluit rond de kerncentrales geïnterpreteerd kan worden. In beginsel is het denkbaar dat de sluiting van vijf centrales de katalysator kan zijn voor een verdergaande afbouw van kolencapaciteit; een eerste stap in een cascade van sluitingen. Echter, met min of meer tegelijkertijd de opening van enkele *nieuwe* (en zuiniger) kolencentrales zal het perspectief niet snel verschuiven. Er is geen fundamentele verschuiving in het beleid ten aanzien van kolencentrales, waardoor het energiesysteem vooralsnog niet werkelijk uit de fossiele lock-in ontsnapt.

Een derde punt dat opvalt is dat het Energieakkoord zich niet verliest in het zoeken naar een *silver bullet*. Binnen tien pijlers wordt een brede set aan maatregelen gepresenteerd. Het Energieakkoord richt zich op 2020 (met een doorkijkje naar 2023) en verzamelt maatregelen die bij kunnen dragen. Er zijn maatregelen op allerlei niveaus: directe technologiesturing (kolen, wind op zee), vorming van CO_2-arme context (via emissiehandelsysteem), en flankerende maatregelen (scholing, arbeidsmarkt). Dit geeft een mix van bottom-up marktsturing en top-down overheidsingrijpen, met als belangrijke valkuil dat deze maatregelen onderling te weinig aansluiting vinden om op systeemniveau druk te geven richting een energietransitie. Enerzijds zien we hier een erkenning dat er geen hiërarchie zit in de maatregelen.[59] Anderzijds zit er ook weinig systematische samenhang in de maatregelen, omdat er geen doelstellingen of visie voor de lange termijn aan ten grondslag ligt. Een langetermijndoelstelling is een essentieel ingrediënt voor een complex systeem om de adaptieve capaciteit tot zelforganisatie in te zetten; het geeft richting aan talloze kleine interacties die opgeteld bij kunnen dragen aan een effect op systeemniveau. Zo zal een investeerder die de keuze heeft tussen een groenere en een bruinere investering, die keuze makkelijker kunnen maken in het licht van een zichtbare collectief doel.

NIEUWE KOLENCENTRALES AFGESCHREVEN?

De sluiting van kolencentrales, zoals afgesprokken in het Energieakkoord, lijkt verassend, omdat de centrales nog lang niet zijn afgeschreven. Vanuit een systeemperspectief kunnen we hier ook anders naar kijken.

In de overwegingen van het kabinet Balkenende II die het besluit nam om voor de huidige generatie kolencentrales vergunningen te verstrekken, stond diversificatie van energiebronnen centraal. Er bestonden destijds grote zorgen voor een eenzijdige afhankelijkheid van aardgas, en voor het risico op sterk stijgende olie- en gasprijzen. Een investeerder zou zo'n besluit een *hedge* noemen, het creëren van optiewaarde ter bescherming tegen mogelijke ongewenste gevolgen. Wanneer de ongewenste gevolgen zich niet hebben voorgedaan, is de hedge in principe waardeloos geworden, maar schrijft de investeerder deze tevreden af. De functie van de hedge is immers vervuld.

De 3500 MW aan nieuwe kolencentrale-capaciteit kan vanuit het perspectief van het hele energiesysteem als zo'n hedge beschouwd worden. Olie- en gasprijzen zijn laag, de vraag ernaar neemt in OESO landen structureel af en zo nodig er zijn alternatieve bronnen in de vorm van LNG of schaliegas. De hedge heeft dus haar maatschappelijke dienst bewezen, en kan daarom als afgeschreven beschouwd worden.

Natuurlijk geldt dat niet op de balansen van de energiemaatschappijen die de centrales gebouwd hebben. Waar de waarde van de hedge gerealiseerd is. Een deel van de waarde ligt zeker bij de energiemaatschappijen via fiscale voordelen, het langer in bedrijf houden van 2800 MW afgeschreven oude centrales en door lagere kosten voor gas en hernieuwbare energieproductie. Maar een belangrijk deel is diffuus gerealiseerd in de samenleving en zou daardoor via de collectieve overheidsbalans uitgedrukt moeten worden.

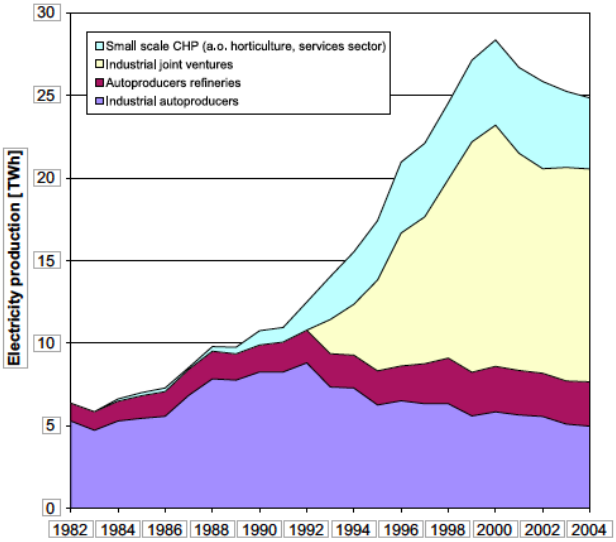
De financiële status van de nieuwe centrales hangt dus af van het systeem waarin ze bezien worden. Dit biedt dus ruimte voor een breder beleidsperspectief.

Centrale sturing en regie: Warmtevisie

De Warmtevisie[60] (april 2015) van het Nederlandse Kabinet richt zich op de transitie van verwarming van huizen en bedrijven door aardgas naar het gebruik van duurzame warmte en restwarmte, om hierdoor energie te besparen en CO_2-uitstoot terug te dringen. Vanuit een complexiteitsperspectief zou je de vraag kunnen stellen of de focus op aardgas en duurzame warmte en restwarmte dan niet te beperkt is: wat zijn de interacties tussen het warmtesysteem en andere systemen?
De brief bevat een mengeling van marktbenaderingen (door middel van 'business cases' en rendement) en overheidsingrepen. Er wordt geconstateerd dat pas na het socialiseren van de kosten van bestaande infrastructuur zoals het gasdistributienetwerk markten hebben kunnen ontstaan. Voor warmte zal dit ook moeten gebeuren, hetgeen, volgens de visie betekent dat in sterkere mate sprake zal moeten zijn van overheidssturing.

De vraag is of de overheid de enige hoofdactor moet zijn; het is instructief om te zien hoe Nederland van 1980 tot 2000 gestegen is van bijna de laatste plaats in Europa naar een koploper in warmteterugwinning in de industrie. Na 2000 zwakte de ontwikkeling in Nederland sterk af (figuur 2). Een steeds dominanter marktdenken binnen het beleid kan als belangrijker oorzaak voor deze omslag gezien worden.[61] Door een complexiteitslens gezien, lijkt dit een verhaal van een zoekende, incrementele samenwerking van partijen die in toenemend vertrouwen oplossingen wisten te vinden. De Warmtevisie is sterk geformuleerd in termen van overheidssturing. Vanuit een complexiteitsperspectief rijst dan ook de vraag of er geen mogelijkheden zijn om bottom-up samenwerking van actoren te faciliteren, zoals eerder gebeurde bij industriële warmteterugwinning?

Ook op andere terreinen is ervaring opgedaan met het een vergelijkbare zoekende samenwerking tussen verschillende partijen. Zo is de bouwsector lange tijd gedreven geweest door een economisch model waarin partijen op projectbasis samen kwamen om tegen zo laag mogelijke kosten een acceptabele kwaliteit te leveren. Bovendien werd (en wordt) de sector gekenmerkt door een hoge mate van fragmentatie. Het kostenmodel in combinatie met de sectorale fragmentatie staat sterk in de weg voor de organisatie van leerprocessen en voor grootschalig investeren in innovatie en verduurzaming. Dat wil niet zeggen dat de noodzaak niet werd herkend, maar juist het systematisch samenbrengen van verschillende partijen vergde een mate van regie die niet aanwezig was.[62] Inmiddels zijn er verschillende initiatieven ontstaan die mogelijk een bindmiddel kunnen vormen voor partijen om bij aan te haken, denk bijvoorbeeld aan de 'nul-op-de-meter'-woningen en het Energiesprongprogramma. Het initiatief ligt niet altijd bij de overheid, maar de overheid kan wel in belangrijke mate regie voeren voor een verdere schaalvergroting van kansrijke initiatieven, bijvoorbeeld door het institutionaliseren van experimenteerruimteals methode om bottom-up initiatieven en top-down regie op elkaar aan te laten sluiten.[63]



Figuur 2
Elektriciteitsproductie door decentrale warmtekrachtkoppeling (1982-2004), exclusief stadsverwarming (Bron: CBS).

Netwerken op meervoudige niveaus: de Brandstofvisie

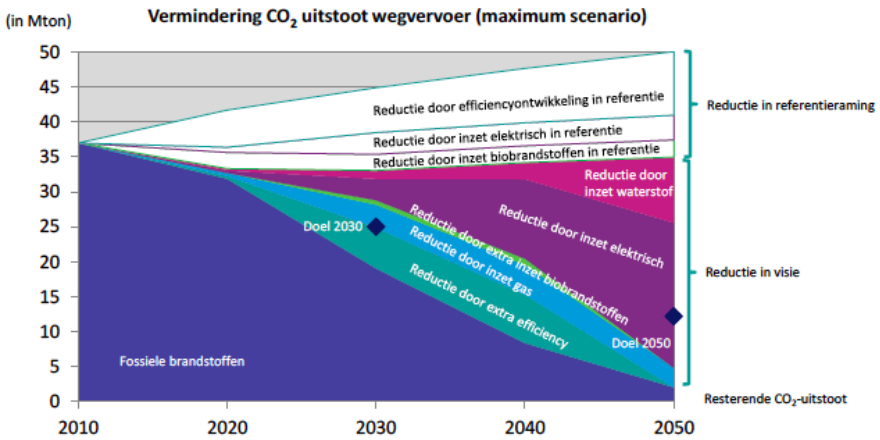
In juni 2014 presenteerde de SER de uitkomst van een traject voor de ontwikkeling van een duurzame brandstofvisie voor transport.[64] Hierbij wordt onderzocht hoe de Nederlandse emissies van 38 Mton CO_2-equivalenten in 2013 verminderd kunnen worden naar 12,2 Mton CO_2-equivalenten in 2050 (figuur 3).

De Brandstofvisie gaat primair over transport. Daarbij is ook gekeken naar de samenhang met andere dan op brandstof en voertuigen geënte maatregelen, zoals gedragsverandering, logistieke efficiëntie en beter benutten van infrastructuur. Opvallend is dat bij het tot stand brengen van de Brandstoffenvisie is gewerkt met de methode van 'Adaptief Programmeren'. Deze methode, die als werkwijze voor het eerst is toegepast binnen het Deltaprogramma in relatie tot waterbeheer, geeft onzekerheid een expliciete plaats in de besluitvorming. Onzekerheid wordt vertaald in het zoeken naar en waarderen van flexibiliteit, het werken met ontwikkelpaden in plaats van vaste eindbeelden, het verbinden van korte termijn beslissingen met lange termijn opgaven en het verbinden van investeringsagenda's. Dit zijn zaken die ook een rol spelen in de gemeenschappelijke duurzame Brandstofvisie van Nederland.

De Brandstoffenvisie geeft zich rekenschap van netwerken op meervoudige niveaus, zij het dat het systeemperspectief wordt afgebakend binnen de grenzen van het systeem van de brandstoffen. De mix van de zes onderscheidden 'brandstoftafels', zoals elektrisch, vloeibaar etc., wordt adaptief en flexibel bekeken, met oog voor de optionaliteit.

De interactie *tussen* het brandstofsysteem en andere systemen in Nederland of in het buitenland wordt echter maar heel beperkt mee gewogen. Dat komt enerzijds door de keuze van 'tank to wheel', in plaats van 'well to wheel'. Hoe zullen de handelsstromen in brandstoffen (bijvoorbeeld uit de Rotterdamse haven) zich aanpassen aan de nieuwe mix? Zorgt de markt hiervoor, of is aanvullend beleid nodig? Ook andere externe factoren kunnen een belangrijke rol spelen. Wanneer bijvoorbeeld de toenemende zorg over de matige luchtkwaliteit in Nederland een substantiëlere factor wordt, zal het grote druk op het brandstofsysteem kunnen zetten. Zo verbant Paijs dieselmotoren in toenemende mate uit de stad. In Nederland heeft Utrecht een milieuzone ingesteld voor oude dieselauto's, en Rotterdam zal spoedig volgen.

De Brandstofvisie is sterk gericht op het brandstofsysteem zelf. Het zou interessant zijn om de analyse uit te breiden met perspectieven uit andere vervoersmodaliteiten. Ook de interactie met lokale omstandigheden leidt wellicht tot diverse oplossing voor steden, natuurgebieden of zelfs sociale systemen. Welke mogelijkheden zijn er om de Brandstofvisie te versterken via de verbonden systemen.



Figuur 3
Maximumscenario voor de vermindering van CO2-uitstoot in het wegvervoer

DRIVERLESS CAR

De ‘driverless car’ zou kunnen bijdragen aan een virtuele cyclus van veiliger, minder (door collectief gebruik), zuiniger (lichter doordat veiligheidsvoorzieningen vervallen), moderner (door korte levenscyclus) en minder vervuilende (want elektrische) auto’s.

Ze worden minder dan 5% van de tijd gebruikt, waardoor ze op een productcyclus zitten van 25 jaar, en zodoende met grote vertraging van technologische ontwikkelingen kunnen profiteren. Middels ‘driverless cars’ kan emergent een fundamenteel ander transportsysteem ontstaan, waarmee via netwerk-effecten ook sociale normen en praktijken kunnen veranderen in andere systemen.

De bestaande fabrikanten zetten momenteel vooral in op ‘driver assist’, geleidelijke computerondersteuning in bestaande concepten. Dit zou kunnen werken als ‘stepping stone’ naar een systeem van ‘driverless cars’. Driversless cars zijn - mits verder ontwikkeld - ook veiliger, want minder kwetsbaar voor menselijk falen (ze veroorzaakten in 2014 570 doden en 20,000 gewonden). Auto’s kunnen dan wellicht ook lichter worden gemaakt; het hoge gewicht van de tegenwoordige auto’s is primair bedoeld om passagiers beter te beschermen, maar hierdoor gebruiken ze ook veel extra brandstof.

De combinatie van goede infrastructuur, hoge bevolkingsdichtheid, slechte luchtkwaliteit en hoge welvaart maakt Nederland uniek gepositioneerd om te experimenteren met opschalen. Zoals Duitsland met PV, zou Nederland hiermee een belangrijke bijdrage voor anderen kunnen leveren. Lokale experimenten zoals in Milton Keyes, in Singapore en Michigan gingen voor, maar nergens op nationale schaal.

Voor de energietransitie zou dit grote gevolgen kunnen hebben door verschuivingen in sociale normen, in infrastructuur, steun onder de bevolking en vraag naar fossiele brandstoffen. Eigen aan complexe systemen is dat deze gevolgen niet precies te voorspellen zijn.

Het belang van het verhaal: aardgas en de energietransitie

Het sociale mandaat voor de rol van (aard)gas in het Nederlandse energiesysteem, staat onder druk als gevolg van de aardbevingen in Groningen en van de maatschappelijke zorgen over de eventuele winning van aardgas uit schalielagen. De gaswinning uit het Groningerveld is inmiddels gereduceerd van 42 miljard m^3 in 2014 tot 30 miljard m^3 voor 2015. [65]

In beginsel is er een grote diversiteit aan bronnen voor aardgas, maar deze opties lopen alle tegen specifieke problemen aan. Een heroriëntatie op import van gas zal de betalingsbalans sterk zal belasten. Vervanging van de huidige kolenproductie door gas geeft weliswaar een snelle vermindering van broeikasgasuitstoot (mits de methaan lekkages onder een strenge drempel zijn), maar loopt ook tegen maatschappelijke grenzen aan.[66] Verder heeft Nederland een zeer uitgebreide en fijn vertakte infrastructuur voor gasdistributie; een belangrijk kapitaal, dat overigens in belangrijke mate aan vernieuwing toe is, wat wellicht ruimte biedt voor het maken van nieuwe afwegingen. En er is natuurlijk eveneens een solide elektriciteitsinfrastructuur. Andere energieopties, waaronder hernieuwbare bronnen, worstelen overigens ook met het aspect maatschappelijk draagvlak. Het Nederlandse gas maakt onderdeel uit van een uitgebreid ecosysteem van infrastructuur, kennis en marktpartijen. Dit ecosysteem is een belangrijke bron van inkomsten voor de staat en voor de nationale betalingsbalans, mede ook doordat energie-import vermeden wordt.

De impact van fossiele brandstoffen op de Nederlandse staatskas is groot. Verder zijn er talloze activiteiten, zoals bij voorbeeld de Rotterdamse haven, die sterk afhankelijk zijn van activiteiten rond fossiele brandstoffen. Bij een energietransitie ontstaan echter zonder twijfel nieuwe industrieën en activiteiten, net als bij de IT-revolutie, en zoals we ook zien in Duitsland, Zweden en Denemarken bij hun energietransitie. Vernieuwing van het bestaande is onontkoombaar onderdeel van een energietransitie. Ongemoeid blijft het punt dat er grote fiscale en industriële gevolgen zijn; een deel van de energie-intensieve industrie zou haar heil elders kunnen zoeken.

In andere landen gaat de energietransitie gepaard met een sterk industriebeleid: zie de fotovoltaïsche keten in Duitsland en China, of schaliegas in de Verenigde Staten. In Nederland bestaat een instinctieve terughoudendheid tegen sectorale ingrepen door de overheid. Deze terughoudendheid is vanuit een markt-perspectief begrijpelijk, maar in een systeemperspectief zijn omstandigheden waarin een lock-in overwonnen moet worden bij uitstek een rechtvaardiging voor een activistischer beleid.

De huidige narratieven rond gas bieden echter weinig perspectief om de huidige lock-in van het energiesysteem te ontwarren. Gas kan enerzijds gezien worden als belangrijk onderdeel van een op fossiele brandstoffen gebaseerd energiesysteem ('Gasrotonde'), maar in samenhang met duurzame energiebronnen kan gas (met CO_2-opslag) wellicht ook een expliciete rol krijgen in de transitie van het energiesysteem. [67]

Vanuit een traditioneel staatskader lijkt dit weinig onderscheidend: de gasbaten vloeien immers in de staatskas, die hoe dan ook voor energietransitie ingezet kan worden. Vanuit een complexiteitskader zijn de narratieven rond beleid van doorslaggevend belang, omdat ze essentieel zijn voor het mobiliseren van nieuwe bottom-up initiatieven, die, door die narratieven zelf, richting en motivatie krijgen. Voor bedrijven als NAM en Gasunie is het van wezenlijk belang of ze specifieke activiteiten en belangen in aardgas verdedigen, of dat ze een rol kunnen spelen in het genereren van de middelen om de energietransitie te helpen bewerkstelligen. Zo'n invalshoek kan leiden tot nieuwe beslissingen, die uiteindelijk kunnen bijdragen aan een versnelling van de transitie. Dat vergt dan wel een nieuwe visie op de toekomst van gas in Nederland, met een nieuw maatschappelijk fundament en ruimte voor verduurzaming.

04

RONDOM HET ENERGIESYSTEEM

Kunnen uitzoomen is van groot belang om zicht te kunnen krijgen op de transitie van het energiesysteem. Ook andere factoren zijn van belang, denk bijvoorbeeld aan sociale normen en praktijken, aan barrières in andere beleidsvelden, of aan belangrijke technologische ontwikkelingen in andere sectoren. Met andere woorden: de specifieke dossierverdelingen in beleid zijn niet altijd goed toegesneden op brede maatschappelijke vraagstukken zoals de energietransitie. Zonder de pretentie hier uitputtend te kunnen zijn verkennen we een aantal thema's die voor een energietransitie ook van belang zijn.

Sociale normen en praktijken in de gebouwde omgeving

Ongeveer een derde van het Nederlandse energieverbruik voert terug op de gebouwde omgeving. Voor nieuwe huizen wordt vanaf 2020 weliswaar ingezet op energieneutrale bouw, maar in 2050 zal het overgrote deel van het huidige huizenbestand nog deel uitmaken van de gebouwde omgeving. Een energietransitie vergt dus ook een forse ingreep in bestaande structuren. Dat is niet eenvoudig. Het energieverbruik per woning zal door allerhande technische maatregelen gestaag dalen, maar voor de daadwerkelijke toepassing hiervan staan sociale normen en prakijken vaak in de weg.

Mensen zijn in hun directe woonomgeving zeer gehecht aan routines; eigenaars en bewoners zetten doorgaans slechts kleine stappen ten aanzien van energiebesparing voor hun huizen.[68] Dat maakt dat technische ingrepen die gedragspraktijken intact laten doorgaans goed te implementeren zijn: denk aan waterbesparende douchekoppen of energiezuiniger apparatuur. Meer fundamentele technische ingrepen, die een actieve investering vergen in termen van kosten én doorbreking van de dagelijkse gang van zaken, zijn al een stuk lastiger: denk aan een renovatie of verbouwing. Hierbij spelen overwegingen van energieverbruik doorgaans ook geen leidende rol. Niettemin zijn er vele initiatieven die hier toch op aanhaken, zoals het programma 'Nul op de meter', dat vergaande renovatie financiert vanuit de lagere energierekening.[69] In het Verenigd Koninkrijk bestaan 'green deals' gericht op het opruimen van de zolder, waarbij *en passant* ook het dak wordt geïsoleerd – aansluitend op routines en op wat voor mensen doorgaans een aantrekkelijke *incentive* is.

Maatregelen die direct ingrijpen op het gedrag van mensen: zijn doorgaans notoir lastig te implementeren; denk aan maatregelen als kachel lager, minder verlichting, warme trui aan, enzovoorts. Niettemin zien we soms ook interessante hypes voorbij komen, aansluitend op verschuivende sociale normen. Het schoolvoorbeeld uit de niet-energiehoek is roken: waar dat voorheen sterk aansloot op het gedrag van opiniemakers, is het tegenwoordig steeds vaker buiten de sociale orde om nog te roken. Het is dus lastig, maar zeker niet onmogelijk om sociale normen en vervolgens sociale praktijken en routines onder druk te zetten. Vele initiatieven dragen bij aan die druk, zonder dat nog valt te zeggen welke druppel de emmer zal doen overlopen. De uitdaging voor een energietransitie is

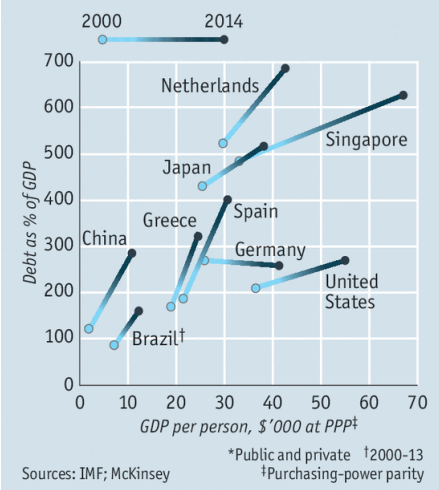
om dergelijke initiatieven ruimte te geven om traditionele, minder energiebewuste routines onder druk te zetten. Drie voorbeelden kunnen dat illustreren.

- 'Eco-logisch' is een Amsterdamse bouwmarkt vol met alle materialen die je in een bouwmarkt verwacht, maar dan gericht voor de duurzame bouw. Tijdens een workshop over de potentie van duurzame economie voor de Metropoolregio Amsterdam, vertelde de bevlogen ondernemer achter deze bouwmarkt waar voor hem de grootste bottleneck zat voor verdere groei: 'de meeste aannemers in de regio Amsterdam hebben geen idee hoe ze met die materialen om moeten gaan, en grijpen dan toch liever terug op hun oude, vertrouwde, in de opleiding geleerde bouwmethoden'.
- Verschillende inwoners van de Amersfoortse binnenstad worden geïnspireerd door duurzame energie-initiatieven en willen graag hun eigen energievoorziening verduurzamen door te investeren in zonnepanelen op hun woningen. De binnenstad is echter beschermd stadsgebied, en de Monumentenwet verbiedt de plaatsing van de panelen. Hier is dus sprake van een lock-in in de regelgeving, die geen ruimte biedt voor goed doordachte vernieuwing naar een duurzamere stad.
- Tilburg is een stad met ambities voor verduurzamen. Het is dus logisch dat er bij de bouw van een nieuw schoolgebouw gekeken wordt naar een zo zuinig mogelijke energievoorziening. Wijs geworden door eerdere ervaringen zorgt de verantwoordelijke ambtenaar dat architect en installateur al in een vroeg stadium bij elkaar aan tafel zitten, en niets lijkt een schoolgebouw met een extreem lage warmtevraag, en enorm zuinige energievoorziening in de weg te staan. Helaas, het budget voor de nieuwbouw en de energiekosten als het gebouw in gebruik is genomen, komen uit verschillende potjes. Er is geen budget voor de meerkosten van dit schoolgebouw, zelfs al zouden die binnen een paar jaar terugverdiend zijn uit de bespaarde energiekosten. De schotten tussen beide 'potjes' kunnen niet overbrugd worden.

Een groot deel van het succes van een energietransitie hangt af van het veranderen en verminderen van de vraag naar energie, grotendeels in de bebouwde omgeving. Voor nieuwe gebouwen dwingen EU-regels tot een nieuwe orde. Maar aanpassingen van bestaande gebouwen zijn het leeuwendeel. Hoe kunnen sociale normen rond de energietransitie besmettelijker gemaakt worden in de bebouwde omgeving? Te denken valt aan de vermoedelijke invloed van de brede adoptie van zonnepanelen in Duitsland op de steun in de bevolking voor de Energiewende. Welke rol spelen aanpalende beleidsvelden zoals onderwijs, monumentenzorg en gemeentelijke financiën?

De organisatie van kapitaal

De energietransitie vergt ook een verschuiving van variabele kosten naar investeringen. De oorzaak hiervan is dat veel van de innovaties het omzetten van variabele in vaste kosten met zich meebrengen: een gascentrale heeft levenslange brandstofkosten, een windpark is een eenmalige investering; een energiezuinig huis heel lagere stookkosten, maar hogere investeringen; een LED-lamp is duurder in aanschaf, maar goedkoper in verbruik, enzovoorts. Het gevolg hiervan is dat de kapitaalintensiteit bij aanvang toeneemt, maar later komen er middelen vrij door lagere variabele kosten; de kost gaat letterlijk voor de baat uit.



Figuur 4:
Verandering in niveau van nationale private en publieke schulden tussen 2000 en 2014, als percentage van bbp.
(Bron: *The Economist*).

FIJNSTOF ALS KATALYSATOR

Een belangrijke drempel voor brede betrokkenheid bij de energietransitie, is het relatief abstracte karakter van klimaatprobleem. Niettegenstaande de frontlijnpositie van Nederland bij stijging van de zeespiegel, vormt de mondiale aard van een onzichtbaar probleem een belangrijke hindernis.

Dit geldt ook in andere landen. In China bijvoorbeeld, werden de dagelijks via internet gerapporteerde luchtkwaliteitsmetingen op het dak van de Amerikaanse ambassade in Beijng een belangrijke katalysator om de regering tot actie te bewegen. De aanpak van de luchtkwaliteit voerde (onder andere) terug op een verlaging van de inzet van kolen, een stap die tevens het energiesysteem zelf ter discussie stelde en de weg baande voor een enorme opschaling van zon- en windcapaciteit.

Nederland heeft ook grote problemen met luchtkwaliteit – weliswaar van een andere orde dan in de grote Chinese steden, maar in Europa behoort ons land tot de absolute achterhoede. Een slechte luchtkwaliteit raakt mensen direct in hun gezondheid, waardoor het tevens de potentie heeft om een belangrijke factor te zijn in het winnen van publieke opinie voor veranderingen in het energie- en transportsysteem. Maatregelen om de fijnstof te bestrijden zijn nauw verbonden met de energietransitie; lokale thema's kunnen zo verbonden worden aan mondiale vraagstukken. Een hoge mate van publieke steun zoals in Duitsland is essentieel om veranderingsbeleid te dragen.

Vanuit een systeemperspectief biedt de aanpak van luchtkwaliteit een mogelijkheid om indirecte krachten in werking te stellen, nieuwe emergente effecten op te roepen die uiteindelijk tot een versnelling van de energietransitie kunnen leiden.

Te denken valt aan het integreren van fijnstof-kaarten in weer-apps, zoals Buienradar of aan mededelingen op de borden boven de snelwegen zoals bij de BOB campagnes.

Dit betekent dat de structuur van het systeem van kapitaalverschaffing een belangrijk invloed op de energietransitie kan hebben. In Nederland is dat een systeem met een aantal zeer extreme eigenschappen: Nederland heeft als gevolg van de fiscaal gesubsidieerde hypotheekschulden verreweg de grootste binnenlandse schuld in de wereld, als percentage van het bnp. Daar staan echter ook zeer grote spaarvermogens in de vorm van pensioenfondsen tegenover. De bancaire sector is zeer sterk geconcentreerd: zo is het marktaandeel van de vijf grootste banken met 85% ruim twee keer zo hoog als in Duitsland, en maar net lager dan koploper Griekenland. Nederland heeft ook het kleinste aandeel buitenlandse banken, vergelijkbaar met Spanje.[70] Het spaaroverschot werd tot aan de eeuwwisseling voornamelijk gevoed door huishoudens, maar daarna vrijwel geheel door bedrijven.[71] De overheid heeft slechts toegang tot een zeer klein deel van het kapitaal. Kortom: een idiosyncratisch systeem, met weliswaar een zeer ruim overschot aan kapitaal, maar een zeer hoge concentratiegraad van besluitvorming en governance.

Natuurlijk is niet alleen de governance van het kapitaal een overweging, maar ook het te verwachten rendement – en de vraag of bestaande investeringen verdrongen worden, ofwel nieuwe toegevoegd. Deze overwegingen zijn generiek, spelen dus ook in Nederland. Het governance-vraagstuk is echter typisch Nederlands – en dus specifiek relevant voor de snelheid van de energietransitie.

Er is dus genoeg kapitaal in Nederland om de toenemende kapitaalsintensiteit het hoofd te bieden, maar de governance is overmatig gecentraliseerd vergeleken met andere systemen. De passende governance voor een complex systeem is polycentrisch, met verschillende actoren op verschillende schalen. Meer diversiteit in de financiële sector, zowel in aard als in schaal is in beginsel een belangrijke voorwaarde voor een energietransitie die niet voornamelijk door de overheid gedreven wordt. De vraag is of wat er nog meer zou moeten veranderen in het Nederlandse financiële systeem om een verschuiving van variabele kosten naar investeringen voor de energietransitie te bewerkstelligen.

Niet-lineaire dynamiek bij innovatie

De complexiteitseconoom Brian Arthur beschrijft in *The Nature of Technology*[17] de basisprincipes van innovatieprocessen. Hij vertelt hoe innovatie niet zozeer volgt uit nieuwe ideeën, maar voornamelijk bestaat uit de recombinatie van bestaande ideeën. Voor het stimuleren van innovatie is het dus van belang om een veelheid aan ideeën uit diverse disciplines te herkennen, om gelegenheid te bieden om deze samen te brengen, en om creatieve geesten de potentie van nieuwe combinaties te laten herkennen. Arthur suggereert bovendien dat een al te nauwe gerichtheid op een klein aantal sectoren de ruimte is voor werkelijke vernieuwing kan beperken. Het inzicht in het onderliggende mechanisme helpt om beleid beter te richten op hetgeen gewenst is: een relatief lineaire vooruitgang op bestaande terreinen, of een niet-lineaire recombinatie van diverse ideeën tot volstrekt nieuwe combinaties en ideeën.

Innovatie vindt plaats binnen een ecosysteem met een grote diversiteit aan spelers. Een dergelijk *innovatiesysteem* is een beschrijving van samenhangende functies en mechanismen die innovatie mogelijk maken of kunnen versnellen.[72] Een systeemblik op innovatieprocessen onderkent allerhande terugkoppelingsmechanismen, bijvoorbeeld in de manier waarop gebruikers met nieuwe technologieën omgaan, door het incorporeren van leerprocessen of door het herkennen van samenhang tussen technologische ontwikkelingen en maatschappelijke vraagstukken. Een beleidsperspectief in termen van een innovatiesysteem richt zich op de aanpak van systeembarrières, in plaats van op marktfalen. Binnen een innovatiesysteem zien we co-evolutionaire veranderingsprocessen, bijvoorbeeld doordat regelgeving meebeweegt met technologische ontwikkelingen, en vice versa. Anders gezegd: in een innovatiesysteem krijgt innovatie een maatschappelijke inbedding. Wat zijn de mogelijkheden om het Nederlandse innovatiesysteem zo vorm te geven dat het ondersteunend is aan de energietransitie?

05

ENERGIETRANSITIE IN COMPLEXITEIT

Strategisch incrementalisme tussen *top-down* en *bottom-up*

Een beschouwing van een 'transitie van het energiesysteem' leidt haast vanzelf tot een top-down perspectief: het systeem zelf is het object van verandering, en de beleidsmaker zet exogeen de voorwaarden zet voor die verandering. Een dergelijk perspectief omvat echter ten onrechte de aanname dat er voldoende aanknopingspunten zijn voor een gecontroleerde en gerichte transitiestrategie. In de beleidspraktijk ontbreekt die mogelijkheid tot controle. Vele actoren spelen een rol in de vormgeving en dynamiek van het energiesysteem, alle geleid door eigen perspectieven en drijvende krachten. Een voor de hand liggende conclusie kan dan zijn om een energietransitie volledig via marktmechanismes aan te jagen, door producenten en consumenten via bijvoorbeeld een CO_2-prijs aan te spreken op hun economische rationaliteit. In dat geval ontbreekt echter een adequaat gevoel voor richting, een daadwerkelijke *incentive* tot een transformatie van het energiesysteem en kunnen sterke lock-ins en padafhankelijkheden marktkrachten het hoofd bieden.

Een complexiteitsperspectief is een benadering die de valkuilen van beide benaderingen beoogt te omzeilen. Een statelijke *top-down* benadering zou meer vergen dan een staat vermag. Het is voor een overheid lastig om zelf sociale normen te formuleren, om zelf innovatieve aanjagers te introduceren, of om eigenstandig specifieke technologiekeuzes te maken. De complexiteitsgeïnspireerde beleidsmaker is *wel* goed in het zetten van de voorwaarden van het speelveld, in het articuleren van innovatie en vernieuwing, en in het doorbreken van lock-ins op systeemniveau.

Het is daarbij van groot belang om te realiseren dat gecontroleerde veranderingen in complexe systemen altijd stapsgewijs verlopen en zelden langs de weg van een grootschalig transitieprogramma.[73] Dat vergt een benadering van *strategisch incrementalisme*: uitgaand van een scherp gevoel van richting zet de overheid met regulering de piketpaaltjes om het energiesysteem ook 'de goede kant op te duwen'[74] Strategisch incrementalisme geeft ruimte voor een stapsgewijze maar ambitieuze aanpak, het zet de voorwaarden van het speelveld en duwt in de goede richting. Dat geeft bovendien ruimte voor een meer decentrale strategie, in de zin dat vele verschillende oplossingen betrokken kunnen worden bij de vorming van een duurzamer energiesysteem. De energietransitie is geen technocratisch vraagstuk van de overheid alleen, eventueel in samenspraak met een aantal grote partijen; het is een maatschappelijk vraagstuk, dat vraagt om betrokkenheid, ideeën en sociale innovaties.

DE BURGER CENTRAAL

In de afgelopen jaren hebben vooral overheid, kennis- en maatschappelijke organisaties en het bedrijfsleven centraal gestaan in de energietransitie. Zo werd het Energierapport 2011 opgesteld in samenspraak met experts en een aantal grote spelers, maar zonder een diepgaande, maatschappelijke inbedding.

Voor de gemiddelde burger is energie echter geen dagelijks thema, al worden groeiende aantallen burgers zich steeds bewuster van de invloed die ze er zelf (kunnen) uitoefenen op het energiesysteem. Deze geïnteresseerde, geïnformeerde burgers komen bovendien samen in nieuwe netwerken, soms in de straat, soms virtueel. Het aantal energiecoöperaties groeit gestaag, net als de nieuwe organisatievormen (verenigingen en stichtingen) om in de energievraag te voorzien. Veelal verbinden deze nieuwe netwerken de aanbieder van energie directer met de consument.

Binnen deze netwerken gelden vaak nieuwe sociale normen – zoals bewustzijn van het eigen energiesysteem en proactief kiezen met als doel onafhankelijkheid of duurzaamheid. Deze nieuwe sociale normen zijn voelbaar als actoren uit deze netwerken bij elkaar komen, zoals op het jaarlijkse evenement van 'Hier opgewekt'. De keuzes van deze burgers en consumenten worden echter vaak beperkt door de lock-in van bestaande infrastructuur en de kleine schaal waarop aanpassingen kunnen worden gefinancierd.

Een breder begrip van welk netwerktopologieën kan helpen bij tot een snellere vernieuwing en spreiding van sociale normen die aan deze initiateven ten grondslag ligt. Dat geldt ook voor een grotere appreciatie van het belang van diversiteit aan initiatieven, om zodoende sneller te kunnen innoveren. Scherpe randvoorwaarden kunnen helpen om richting, samenhang en inbedding te geven aan deze experimenten.

Helder onderscheid van middelen en doelen

Waarom streven we eigenlijk naar een snellere energietransitie? Is een verduurzaming van de energiehuishouding een doel op zich, of is het een middel om een bijdrage te leveren aan het tegengaan van klimaatverandering? Deze vraag is fundamenteler en lastiger dan zij op het eerste gezicht lijkt. De noodzaak van een forse CO_2-reductie is een uitgangspunt dat nauwelijks meer ter discussie staat. Het is ook helder dat technieken als windturbines, PV-panelen of geothermische installaties hier een flinke bijdrage aan kunnen leveren. Maar wat te denken van CO_2-afvang en –opslag, van de toekomstige rol van gas in verwarming, of van de acceptatie van biomassa? Stuk voor stuk kunnen ze een forse bijdrage leveren aan het klimaatvraagstuk, maar stuk voor stuk staan ze ook stevig ter maatschappelijke discussie.

In het denken over de energietransitie lopen doelen en middelen vaak door elkaar. Een energietransitie als middel om bij te dragen aan CO_2-reductie zou óók bovengenoemde technieken kunnen omvatten, maar deze wel moeten bevragen op hun maatschappelijke acceptatie: welke veranderingen in normen en waarden gaan ermee gepaard? Welke kansen zijn er om levenskwaliteit te verbeteren? Wat zijn de risico's? Wat zijn de economische kansen voor Nederland? Wie draagt de lasten en wie wordt er beter van? Is het kenbaar of de baten hoger zullen zijn dan de kosten, of andersom?

Als we de energietransitie als doel in zichzelf zien, dan is het van belang om na te denken over de rechtvaardiging van dit doel. Dat zal vanzelfsprekend liggen in de bijdrage aan het tegengaan van klimaatverandering, maar het kan bijvoorbeeld ook gegeven worden in de zin van economische kansen. Energietransitie wordt dan een economisch vraagstuk, aansluitend op actuele maatschappelijke vraagstukken. Dat kan een herijking geven aan het Nederlandse industriebeleid, dat nu vooral vorm krijgt via het topsectorenbeleid; niet de kracht van sectorale R&D is dan het uitgangspunt, maar de mate waarin bedrijven kunnen bijdragen aan de aanpak van de maatschappelijke vraagstukken. Juist Nederland heeft hiervoor veel mogelijkheden én een reële uitdaging, aansluitend op de CO_2-intensieve economische structuur, op de centrale positie in de logistiek voor Europa, en op de hoge dichtheid aan bevolking, auto's en vee[75].

Wanneer we de energietransitie echter zien in de bredere context van de maatschappelijke, sociale en economische ontwikkelingen die de komende decennia sowieso plaats zullen vinden, zien we een enorme versnelling van investeringen die gewenste vernieuwing kan katalyseren. Er is geen reden om te veronderstellen dat we leven in de beste van alle mogelijke werelden, en de energietransitie is een samenlevingsbreed project dat door een complexiteitslens de connectie met andere veranderingen duidelijk kan maken. Vanuit dit perspectief van de verbinding van het energiesysteem met de rest van de samenleving, ontstaat een minder utilitair en meer inspirerend perspectief. De uitdaging ligt enerzijds in het bieden van ruimte aan dynamiek, innovaties en experimenten, anderzijds ook in het bieden van ordening en borging om veelbelovende ideeën aanjager van transitie te laten zijn. De overheid koppelt hier dus grote maatschappelijke uitdagingen aan een incrementele aanpak in organisatie en proces[76].

Zoeken naar de wolf

Aan het begin van dit stuk verwijzen we naar de wolf in Yosemite Park. De wolf wordt in dit voorbeeld gepresenteerd als 'organizing principle', als kracht die diep op het systeem inwerkt en uiteindelijk bijdraagt aan de transitie van een gedegradeerd ecosysteem naar een florerend en divers park. De vraag ten aanzien van de energietransitie kan dan zijn: wie is hier de wolf?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden moeten we eerst nadenken over wat de wolf eigenlijk doet. In complexiteitstermen zouden we kunnen betogen dat de wolf de *fitness variabelen* van het systeem verandert: waar voorheen feitelijk alleen het aanbod van voedsel als fitness variabele voor de herten gold, is het na introductie van de wolf plotseling ook van belang om schuw te zijn, om snel te kunnen vluchten of om zich te kunnen verdedigen. Wie dat niet kan valt af. In analogie voor het energiesysteem zoeken we dus naar een nieuw 'fitness criterium', gebaseerd op een CO_2-arme energieproductie. Een hoge uitstoot van CO_2 wordt in zo'n context bestraft, ten gunste van alternatieven die geen of veel minder CO_2 uitstoten.

Vanuit deze benadering zal een energietransitie bijvoorbeeld geholpen zijn met een prijs voor CO_2, waarmee de randvoorwaarden van het energiesysteem anders gelegd worden. Een zeer hoge CO_2-prijs zien we de facto echter ook al via de belastingen verdisconteerd in de prijzen van diesel en benzine, maar het daadwerkelijke gedragseffect is minimaal. Een CO_2-tax alléén is dus nooit voldoende, omdat ze onvoldoende recht doet aan verschillen in tijdshorizon (zie bijvoorbeeld het onderscheid tussen uitgaven en investeringen) of aan overwegingen van beperkte economische rationaliteit. Een prijs voor CO_2 is een belangrijke omgevingsvariabele, maar voor een werkelijke energietransitie is een brede benadering nodig, met een gereedschapskist vol strategieën en beleidsinstrumenten, en met betrokkenheid van consumenten, burgers, bedrijven en gemeenschappen. In die gereedschapskist zit bijvoorbeeld ook een strategie voor infrastructuur, voor innovatie en voor een systeemgericht industriebeleid[77], zodat ingespeeld kan worden op een langere tijdshorizon, op diversiteit en variatie, op niches met nieuwe innovaties, en op ruimte voor experimenten.

In het voorbeeld van Yosemite Park verwijdert de wolf de elementen die zich niet kunnen handhaven; de wolf presenteert zich hier als *fitness factor* ten opzichte van de herten. De vraag is dus niet alleen: 'wie is de wolf?', maar ook 'wie is het zwakke hert?' In een energietransitie zijn dat de partijen die zich niet kunnen aanpassen aan het functioneren binnen een CO_2-arme energievoorziening. In Duitsland is dit inmiddels een actueel vraagstuk, en een traditionele partij als E.On gooit radicaal het roer om door de hele fossiele tak af te splitsen.[78] Daarnaast zullen er partijen zijn die druk experimenteren en innoveren, maar onvermijdelijk ook af en toe zullen falen. Het is daarom van groot belang om een zekere tolerantie tegen falen en uitval in te bouwen. Voor de overheid is dit een vraagstuk dat zich vertaalt in wat 'the art of exit' kan worden genoemd, de kunst van het loslaten, zonder dat het hele systeem omver valt. Dit is niet eenvoudig: het afschermen van onvolgroeide industrie leidt vaak tot frustratie over mislukte experimenten, zoals de teloorgang van de Amerikaanse zonnecelproducent Solyndra, ondanks een batig saldo in de totale overheidssteun.[79]

Vermogen tot aanpassing en tot slimme navigatie in netwerken

De overheid heeft vele middelen tot haar beschikking, maar ze heeft niet de wijsheid in pacht, noch voor maatschappelijke doelbepaling, noch ten aanzien van de de beste manier om die doelen te halen. Zowel de doelen als de weg er naar toe zullen 'along the way' veranderen[80]. Dat vraagt van het beleid een zekere mate van adaptief vermogen, het vermogen om in te kunnen spelen op veranderende omstandigheden en nieuwe inzichten. In dat proces zullen voortdurend nieuwe ideeën, perspectieven, technieken en plannen van aanpak over elkaar heen buitelen. Het vraagt van de overheid enig gevoel voor richting en urgentie, om zo ook van andere partijen commitment te kunnen vragen voor een bijdrage aan de realisatie van een energietransitie. Het bepalen van richting is geen *top down* activiteit, maar de uitkomst van een proces waarin ze gebruik kan maken van de leercapaciteit van de samenleving. Dit is een continu proces van interactie, 'a stream of actions involving both intentions and emergence', schakelend tussen grotere 'umbrella strategies' en meer specifieke processtrategieën[81]. Sturen naar een energietransitie is geen zaak van regie en controle, maar een proces van navigatie en richting bepalen.

Van groot belang is ook het besef dat een energietransitie geen zaak is van de overheid alleen, maar van een netwerk van vele actoren. De vraag is vervolgens: welke partijen zijn in dat netwerk de centrale hubs, wie zijn de versnellers en wie zijn de vertragers? Daarbij kan het van belang zijn om samen op te trekken – het Energieakkoord is vanuit dat perspectief een investering in het delen van de uitdaging om gezamenlijk stappen te zetten naar een energietransitie. In een dergelijke constellatie kunnen ook specifieke sociale normen als gedateerd ter discussie komen te staan, bijvoorbeeld over de preferente vorm van mobiliteit in de stad. Mogelijk kan het onderwijs een rol spelen in het ontwikkelen en leren omgaan met andere perspectieven op duurzaamheid in het algemeen of op een verduurzaming van de energiehuishouding in het bijzonder.

Soms zullen belangrijke actoren ogenschijnlijk van buiten het energiesysteem kunnen komen om een verandering aan te jagen. In de Duitse Energiewende verenigden burgers en lokale bedrijven zich massaal in energiecoöperaties, waarmee een nieuwe speler in het systeem werd gecreëerd. In Nederland is het denkbaar dat kapitaalkrachtige partijen als banken of pensioenfondsen investeren in veelbelovende duurzame initiatieven. De mate waarin initiatieven veelbelovend zijn hangt weer af van de ambities en stabiliteit van het achterliggende transitiebeleid, waarmee de overheid dus duidelijk een richtinggevende rol op zich kan nemen.

NETWERKSTRUCTUUR ONTWERPEN

De adoptie van zonnepanelen is duidelijk besmettelijk: in een buurt waar zonnepanelen door een bewoner geïntroduceerd worden, zien we al snel meer panelen op de daken verschijnen. Deze besmettingen vinden plaats net als virussen – afhankelijk van de kracht van het idee, maar ook van de onderliggende netwerkstructuur waarop de besmetting plaats vindt; netwerken zijn dus belangrijk voor de energietransitie. De vraag is hoe kunnen deze netwerken effectiever gemaakt kunnen worden? We kunnen daarvoor een onderscheid maken tussen lokale netwerken en verbindende netwerken.

Compacte lokale netwerken: Bottom-up initiatieven kunnen zich eenvoudig verbinden via sociale netwerken. Bewoners in Almere, in een nieuwbouwbuurt op basis van eigen ontwerp, vonden elkaar al snel in een eigen Facebookgroep, om zo ervaringen uit te kunnen wisselen. Een app als Peerby verbindt buurtbewoners in het gebruiken van elkaars spullen. In een buurt in Utrecht is een Whatsapp-groep opgezet om informele vraag en aanbod van zorg aan elkaar te verbinden. Dergelijke initiatieven hebben het potentieel om transformatief te zijn in de sociale dynamiek van buurten of van hele steden; de basisgedachte van de deeleconomie.

Verbindende netwerken: Voor een grootschalige verspreiding van ideeën zijn compacte lokale netwerken niet voldoende. Daarvoor zijn ook hubs en dwarsverbindingen nodig. Een mogelijkheid hiervoor zou zijn een landelijke competitie voor het laagste cumulatieve energieverbruik van alle ouders van een klas of van een school. De beloning zou kunnen bestaan uit iets voor de school. Zo worden nog relatief lokale, maar minder compacte netwerken landelijk met elkaar verbonden door een jaarlijkse prijs. De mogelijkheden voor dergelijke ideeën is in beginsel oneindig, mits er effectieve netwerken ontstaan.

EPILOOG

VOORBIJ DE *SILVER BULLET*

Grote transities laten zich niet oplossen naar analogie van het Manhattan- of Apolloproject, en de energietransitie of zelfs de aanpak van het klimaatprobleem is daarop geen uitzondering.[82] In een complexiteitsperspectief zijn *silver bullet* oplossingen niet denkbaar en ook niet wenselijk, enerzijds omdat de uitkomst van een interventie altijd een (fors) element van onzekerheid heeft en daardoor waarschijnlijk altijd (op termijn) bijsturing behoeft, anderzijds ook omdat er in de context van complexiteit altijd een brede benadering nodig is. In de woorden van complexiteitsonderzoeker Robert Geyer: "Complexity emphasizes the range of strategies necessary to deal with situations, rather than a hierarchy of strategies."[83]

In eerste instantie lijkt dat onbevredigend, een aanslag op het vermogen om door te willen pakken, een teleurstelling voor wie direct een handelingsperspectief zoekt. Maar wie een complexiteitsperspectief iets langer op zich in laat werken zal zich realiseren dat zich een vat vol nieuwe mogelijkheden opent, een geheel nieuw perspectief op sturing, verandering en transitie.

Het is wel van belang om te realiseren dat complexiteitswetenschap een wetenschapsgebied in volle ontwikkeling is. Het is een jong vakgebied, en volgens de grote bioloog Stephen Jay Gould "replete with cascades of nonsense, but also imbued with vital, perhaps revolutionary insights".[84] Sommige inzichten zijn wetenschappelijk gefundeerd, maar sommige inzichten zijn nog tamelijk intuïtief. 'Complexiteitskunde' is 'a science in the making'. Dat betekent niet dat we moeten afwachten tot het vakgebied zich ontwikkelt tot een volwaardige, theoretisch volledig geborgde discipline. Integendeel: het is juist in het experiment in de (beleids)praktijk dat het vakgebied zich kan ontwikkelen, door het toetsen van concepten, door het leren van wat werkt en wat niet werkt, en door de ontwikkeling van bruikbare en toetsbare concepten. Anders gezegd: "The ultimate proof of any new intellectual approach, of course, is in the putting into use".[85]

Vanuit deze overweging is in een tweetal workshops met spelers uit verschillende sectoren is gekeken naar de aanstaande Nederlandse energietransitie als complex systeem. De verkenning van de waarde en meerwaarde van concepten uit de complexiteitswetenschap is dan ook een belangrijke doelstelling van de workshops[86]. Dat werkt twee kanten op. Aan de ene kant zien we dat het theoretisch kader zich steeds verder ontwikkelt en uitkristalliseert, maar ook dat het vaak nog tamelijk abstract blijft, met een grote kloof naar empirie en praktijk. Aan de andere kant zien we ook dat er in beleid[87] en in het bedrijfsleven[88] vanuit een weloverwogen intuïtie dat 'klassieke' governance-modellen tekort schieten druk wordt geëxperimenteerd met aansturing van complexe systemen. De theorie wordt dus gehinderd door een groot tekort aan empirische onderbouwing, terwijl interessante maar vaak intuïtieve projecten in de beleidspraktijk vaak de taal missen om er goed op te kunnen reflecteren. Met de workshops hebben we beoogd om op het terrein van de energietransitie bij te dragen aan het dichten van deze kloof.

Een opvallende constatering is de grote mate van motivatie en openheid van de deelnemers tijdens de workshops. Dit komt overeen met andere bijenkomsten waarbij collectief een systemische blik geworpen wordt op een vraagstuk. De aanmoediging, wellicht zelfs de permissie, werkt stimulerend voor de deelnemers, doordat ze naar bredere verbindingen en grotere relevantie kijken. Of dit tot doorbraken leidt, is een open vraag, maar de kwaliteit van de discussie is ermee gebaat.

VERANTWOORDING

De organisatie van de workshops en het tot stand komen van deze publicatie zijn een resultaat van zowel publieke als private inspanningen.
Roland Kupers, co-auteur van 'Complexity and the Art of Public Policy' en verbonden aan de Universiteit van Oxford en aan Singapore Management University, was initiatiefnemer, met steun van Royal Dutch Shell. Shell is ook opgetreden als gastheer van de workshops.
Albert Faber en Annemarth Idenburg, werkzaam bij de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid, hebben bijgedragen aan de invulling van de workshops en het schrijven van deze publicatie.
Deelname aan de workshops was op uitnodiging, gericht aan personen die betrokken zijn bij het energietransitiebeleid dan wel vanuit andere beleidsvelden geïnteresseerd zijn in het thema van complexiteit. Uitnodigingen zijn gegaan naar personen werkzaam bij de rijksoverheid, het bedrijfsleven, onderzoeksinstellingen en NGO's. Er is gesproken onder Chatham House Rules.
De tekst in deze publicatie is voor verantwoording van de auteurs. Een conceptversie van de tekst is voor commentaar voorgelegd aan de deelnemers van de workshops en aan een aantal WRR collega's.

Aan deze workshops namen de volgende mensen deel op individuele titel:

A. van Gijssel, Aedes – vereniging van woningbouwcorporaties
A. M. Schwencke, AS I-Search
P. de Boer, DNV GL
R. Grimbergen, DSM
L. Ouillet, Eneco
P. Koutstaal
R. Ybema, Energie Centrum Nederland (ECN)
C. Beijnen, W. de Groot, Gasunie
J. Hugtenburg, H+N+S Landschapsarchitecten
A. Castelein, Havenbedrijf Rotterdam
B. Geurts, Ministerie van Algemene Zaken
G. Roest, Ministerie van Binnenlandse Zaken
J. Wiers, Ministerie van Buitenlandse Zaken
A. Dekkers, Ministerie van Economische Zaken
W. van Goudoever, Ministerie van Financiën
P. Wouters, Ministerie van Infrastructuur en Milieu
F. Landstra, P. Verhagen, Ministerie van Veiligheid en Justitie
K. Wilkeshuis, Netbeheer NL
P. Boot, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL)
C. van der Linde, Raad voor de Leefomgeving en Infrastructuur (RLI)
M. Böggemann, E. Breunesse, D. Bosman, Royal Dutch Shell
J. Bolhuis, Siemens
R. Weterings, Sociaal Economische Raad (SER)
M. Weijnen, Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (WRR)

De inhoud van deze publicatie is echter volledig voor rekening van de auteurs.

NOTEN

1
How wolves change rivers: www.youtube.com/watch?v=ysa5OBhXz-Q. De weergave in deze video is niet onomstreden. In de New York Times van 2014/03/10 schrijft Marion Fayolle onder de titel 'Is the Wolf a Real American Hero?' een kritische noot over een potentiële romantisering van de rol van de wolf in Yellowstone. De wolf is onderdeel van een complex systeem, geen simpele oplossing voor een ecologisch probleem. In ons verhaal is de wolf een illustratie van die complexiteit.
2
D. Colander and R. Kupers (2014). *Complexity and the Art of Public Policy: Solving society's problems from the bottom-up.* Princeton and Oxford: Princeton University Press.
3
IEA (2015). *Energy technology perspectives 2015. Mobilising Innovation to Accelerate Climate Action.* OECD/IEA, Parijs.
4
IEA (2014). *Energy Policies of IEA Countries: The Netherlands, 2014 review*. OECD/IEA, Parijs. Quotes op p.10 en op p.165.
5
Voor een mooie historische analyse van het Duitse milieubeleid, tot en met de vorming van het groene industriebeleid voor de Energiewende, zie: Frank Uekötter (2014). *The Greenest Nation?* MIT Press, Cambridge (MA).
6
Waarbij ook aangetekend moet worden dat een groot deel van de resterende nucleaire capaciteit het einde van de levensduur nadert; voor 2023 zullen vrijwel alle bestaande centrales gesloten zijn (zie ook http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-T-Z/United-Kingdom/).
7
Zie http://thewaleswewant.co.uk/.
8
Zie ook R. Pielke jr. (2011), *The Climate Fix*. Pielke signaleert het verschil tussen een Europese en een Amerikaanse aanpak van klimaatverandering: voor Amerikanen is het vooral een technisch vraagstuk om CO_2 te reduceren, voor Europeanen is het juist een vraagstuk van diepgaande maatschappelijke transitie.
9
Voor een beschouwing op het Duitse Energiewende-beleid zie ook: P. Boot en J. Notenboom (2014), 'De Duitse Energiewende, uitdagingen en lessen voor Nederland', *Internationale Spectator* 68 (1/2): 14-18. In het rapport *Rijk zonder CO_2, naar een duurzame energievoorziening in 2050* beveelt de Raad voor de Leefomgeving en Infrastructuur (RLI) voor Nederland aan om een Klimaatwet in te voeren.
10
B. Coates (2015). 'How green is Holland? From carbon emissions to climate change', *The Independent*, September 21st.
11
B. Ramalingam (2013), *Aid on the edge of chaos*, Oxford University Press. Zie ook WRR (2010), *Minder pretentie, meer ambitie, ontwikkelingshulp die verschil maakt*, Amsterdam: Amsterdam University Press.
12
A. Hoogerwerf (1984). Het ontwerpen van overheidsbeleid: een handleiding met toelichting. *Bestuurswetenschappen* 38 (1): 4-23.
13
Dit overzicht volgt uit: B. Ramalingam (2013), *Aid on the edge of chaos*, Oxford University Press; E. Beinhocker (2006), *Origin of wealth: evolution, complexity, and the radical remaking of economics*, Harvard Business Review Press; M. Anand et al. (2010), 'Ecological systems as complex systems: challenges for an emerging science', *Diversity* 2 (3): 395-410.
14
Voor een begrip van deze bedragen, ter vergelijking: de prijs van een ton CO_2 op de Europese emissiehandelsmarkt is momenteel ongeveer 8 euro (zie https://www.eex.com/en/market-data/emission-allowances/spot-market/european-emission-allowances). De fiscale bevoordeling van zuinige auto's (een regeling die momenteel wordt herzien) liep volgens het ministerie van Financiën op tot 1000 euro per ton vermeden CO_2 (zie http://verantwoordingsonderzoek.rekenkamer.nl/2013/ienm/beleidsinformatie/hoge-prijs-voor-tegenvallende-milieuwinst-zuinige-autos).
15
Latere versies hebben overigens weer een andere ordening van technologieën. Die constatering is relevant, omdat het juist de intentie is om hiermee langetermijnbeleid te kunnen voeren, en niet elk jaar opnieuw op basis van de laatste inschatting.
16
H. Koh en C.L.A. Magee (2006). A functional approach for studying technological progress: Application to information technology. *Technological Forecasting and Social Change*, 73: 1061-1083. Voor een klassieke studie op dit gebied zie: T.P. Wright (1936): Factors Affecting the Costs of Airplanes. *Journal of Aeronautical Sciences*, 10: 302-328.
17
B. Arthur (2011). *The Nature of Technology: What It Is and How It Evolves*, Free Press (reprint edition).
18
Zie http://www.pbl.nl/publicaties/het-energieakkoord-wat-gaat-het-betekenen
19
Zie voor een overzicht van deze economische geschiedenis E. Beinhocker (2006), *The origin of wealth.* Zie voor een korte video over deze materie: http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/videos/view/220
20
J. Epstein (2008). Why Model? *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 11 (44): 12.
21
D. Zenghelis (2014). *Why economic models tell us so little about the future.* Centre for Climate Change Economics and Policy: Londen. Blog op: http://www.cccep.ac.uk/newsAndMedia/Commentary/2014/May/Why-economic-models-tell-us-so-little-about-the-future-.aspx
22
B. Verspagen (2009). The use of modeling tools for policy in evolutionary environments, *Technological Forecasting & Social Change* 76: 453-461; A. Faber en K. Frenken (2009). 'Models in evolutionary economics and environmental policy: towards an evolutionary environmental economics. *Technological Forecasting & Social Change* 76: 462-470.

23
C.C. Jaeger, L. Paroussos, D. Mangalagiu, R. Kupers, A. Mandel en J.D. Tàbara (2010). *A New Growth Path for Europe: Generating Prosperity and Growth in the Low Carbon Economy*. A study commissioned by the German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety.
24
B. Arthur (2009). *The nature of technology, what it is and how it evolves*. Penguin: Londen.
25
Zie bijv. C. Tisdell en I. Seidl (2004). Niches and economic competition: implications for economic efficiency, growth and diversity. *Structural change & Economic Dynamics* 15: 119-135.
26
Zie bijvoorbeeld: M. van der Steen, R. Peeters en M. van Twist (2010) *De boom en het rizoom, overheidssturing in een netwerksamenleving*. Ministerie van VROM: Den Haag; M. Hajer (2011) *De energieke samenleving, op zoek naar een sturingsfilosofie voor een schone economie*. PBL: Den Haag.
27
E.-H. Klijn (2008). 'Complexity theory and public administration: what's new?' *Public Management Review* 10 (3): 299-317.
28
D.N. Perkins (2014) *Future Wise: Educating our Children for a Changing World*. Jossey-Bass Inc Pub.
29
Zie Colander en Kupers voor een meer gedetailleerde beschrijving. (referentie in voetnoot 2)
30
M. Mitchell (2009), *Complexity, a guided tour*, Oxford: Oxford University Press.
31
Als een startpunt voor de complexiteitswetenschappen wordt vaak de oprichting van het Santa Fe Institute in New Mexico genoemd. Dit werd in de jaren tachtig opgericht door Nobelprijswinnaars Kenneth Arrow en Murray Gell Mann. Inmiddels hebben vrijwel alle universiteiten complexiteitsprogramma's. In Nederland is het zelfs één van de centrale wetenschapsthema's van NWO.
32
Hiertoe bestaan al vele voorbeelden. Zie E. Beinhocker (2006), *The origin of wealth. Evolution, complexity and the radical remaking of economics* voor een uitgebreid overzicht van de betekenis van een complexiteitsperspectief voor het begrijpen van de economie. Een standaardwerk over complexiteit in de ecologie is: L.H. Gunderson en C.S. Holling (eds) (2006), *Panarchy, understanding transformations in human and natural systems*. Een toegankelijk overzicht van complexiteit in fysieke systemen is: P. Ball (2004), *Critical Mass*. Het gebruik van complexiteitsdenken in het bedrijfsleven wordt verkend in: R. Kupers (ed) (2014). *Turbulence – A Corporate Perspective on Collaborating for Resilience*. Een fascinerende en vroege klassieker over modellering van sociale complexiteit is J.M. Epstein en R. Axtell (1996), *Growing artificial societies, social science from the bottom up*, Brookings Institute.
Ten aanzien van complexiteit en beleid zijn, naast bovengenoemd boek van Colander en Kupers, de volgende referenties zinvol: H. Boutellier (2011). *De improvisatiemaatschappij*; F. Westley e.a. (2006). *Getting to Maybe, how the world is changed;* G. Teisman e.a. (2009). *Managing complex governance systems*; IPPR (2012). *Complex new world, translating new economic thinking into public policy*; M. van der Steen e.a. (2010), *De boom en het rizoom, overheidssturing in een netwerksamenleving*.
Een mooie algemene inleiding over complexiteit en systeemverandering is Thomas Homer-Dixon (2006), *The upside of down*. Bovengenoemde referentie van Mitchell biedt eveneens een goed overzicht in theorie en concepten van het complexiteitsdenken, maar is veel technischer. Vanzelfsprekend zijn er nog vele, vele andere thematische, theoretische en toegankelijke boeken te vinden.
33
Zie Colander en Kupers (2014) voor een meer gedetailleerde beschrijving.
34
Zie bv. DNB (2008), *Towards a Network Description of Interbank Payment Flows*. DNB Working Paper No177, mei 2008.
35
Zie R.M. May, S.A. Levin, en G. Sugihara (2008). Ecology for bankers. *Nature* 451: 893-895.
36
D. Jones (2015), Wars without end, *Nature* 519: 148-150.
37
WRR (2014), *Met kennis van gedrag beleid maken*, Wetenschappelijke Raad voor Regeringsbeleid, Amsterdam University Press, Amsterdam; RLI (2014), *Doen en laten, effectiever milieubeleid door mensenkennis*, Raad voor de Leefomgeving, Den Haag; RMO (2014), *De verleiding weerstaan. Grenzen aan beïnvloeding van gedrag door de overheid*, Raad voor Maatschappelijke Ontwikkeling, Den Haag; WRR (2009), *De menselijke beslisser, over de psychologie van keuze en gedrag*, Wetenschappelijke Raad voor Regeringsbeleid, Amsterdam University Press, Amsterdam; R.H. Thaler en C.R. Sunstein (2008), *Nudge*, Penguin books.
38
J. Surowiecki (2004), *The wisdom of crowds*, Anchor Books.
39
Dit fenomeen is bekend geworden met de term 'fat tail', een verwijzing naar grafieken die in plaats van een normaalverdeling een verdeling tonen met een lang en ver doorlopende (maar kleine) kans op een *extreme event*. De term is afkomstig van Nicholas Taleb, in zijn boek *The Black Swan, the impact of the highly improbable* (2007), en in iets andere bewoordingen van Chris Anderson, in zijn boek *The Long Tail, how endless choice is creating unlimited demand* (2007). Niet verrassend is het begrip zeer populair geworden in de effectenhandel (waar Taleb voorheen zelf ook actief in was); juist hier maken de uitzonderingen – letterlijk – het verschil tussen winst en verlies. Ook in beschouwing op de voortdurende (sic!) onverwachte ontwikkelingen in de internationale politiek is het idee populair geworden, zie Ian Bremmer en Preston Keat (2010), *The fat tail, the power of political knowledge in an uncertain world*, Oxford university press.

40
D.J. Watts en S.H. Strogatz (1998). Collective dynamics of 'small world' networks. *Nature* 393: 1302-15.
41
R. Albert, H. Jeong and A.-L. Barabási (2000), 'Error and attack tolerance of complex networks', *Nature* 406: 378-382.
42
M. Koniaris, I. Anagnostopoulos en Y. Vassiliou (2015), Network Analysis in the Legal Domain: A complex model for European Union legal sources. Cornell University Library, arXiv:1501.05237.
43
WRR (2009), *De menselijke beslisser, over de psychologie van keuze en gedrag*, Amsterdam University Press;
E. Shove, M. Pantzar en M. Watson (2012), *The dynamics of social practice, everyday life and how it changes*, SAGE publishers.
44
Christakis et al. (2007), The Spread of Obesity in a Large Social Network over 32 Years, *N Engl J Med* 357: 370-379.
45
Een wildernisperspectief staat juist sterk centraal in de Amerikaanse cultuur. Zie voor een fascinerende beschouwing hierop Paul Wapner (2010), *The future of American environmentalism*. Voor een verkenning van het Nederlandse natuurperspectief zie Johan van de Gronden (2015), *Wijsgeer in het wild*. Verschillende natuurbeelden en de conceptuele consequentie daarvan worden verkend in H. Muilwijk en A. Faber (2015), *Grenzen voorbij, handelingsperspectieven in het Antropoceen*, WRR working paper 8, Den Haag.
46
A. Cohn, E. Fehr en M.A. Maréchal (2014), Business culture and dishonesty in the banking industry, *Nature* 516: *86-89*.
47
J. Schumpeter (1943), *Capitalism, socialism and democracy*, Harper Books (1962 edition), p. 81
48
Zie B. Arthur (2011). De sociologie kent al langer een school van denken op dit thema, onder de noemer 'social construction of technology', met ook een actieve bijdrage vanuit Nederland . Zie voor een klassieker: Bijker, Hughes en Pinch (red.) (1987), *The social construction of technological systems*, MIT Press.
49
Zie over het geven van betekenis in verschillende bestuurlijke arrangementen: M. Vink en A. Dewulf (2015), *Zonder arena geen spel, bestuurlijke arrangementen als speelveld voor het omgaan met frame-verschillen: illustraties uit het klimaatadaptatiebeleid*, WRR working paper 7, Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid, Den Haag.
50
In de sociologie wordt dit proces van interactie tussen structuur en actoren al lange tijd onderkend, met als meest bekende uitwerking de structuratietheorie van Anthony Giddens: A. Giddens (1986) *The Constitution of Society, outline of the theory of structuration*. Polity Press: Cambridge. Het idee van emergentie als sociaal fenomeen wordt al door Emile Durkheim als fundament an de sociologie gezien. Zie E. Durkheim (1895[1964]), *The rules of sociological method*, Free Press: New York. Voor een overzicht van emergentie als sociaal fenomeen zie: R.K. Sawyer (2005), *Social Emergence, societies as complex systems*, Cambridge University Press: Cambridge.
51
M. Weijnen, A. Correljé en L. de Vries (2015), *Infrastructuren als wegbereiders voor duurzaamheid*. WRR working paper 12, Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid, Den Haag.
52
T. Piketty (2013), *Capital in the 21st century*. Harvard University Press: Cambridge (MA).
53
G.C. Unruh (2000). Understanding carbon lock-in, *Energy Policy* 28: 817-830.
54
Zie over deze dynamiek M. Scheffer (2009). *Critical Transitions in Nature and Society*. Princeton University Press: Princeton/Oxford.
55
The Economist (2007), 'What is this that roareth us?', 6 september 2007, http://www.economist.com/node/9719105
56
New York Times (2015), 'The Case for Teaching Ignorance', 24 augustus 2015, http://www.nytimes.com/2015/08/24/opinion/the-case-for-teaching-ignorance.html. Zie over omgaan met onzekerheden ook: WRR (2009). *Onzekere veiligheid, verantwoordelijkheden rond fysieke veiligheid*. WRR: Den Haag
57
http://www.energieakkoordser.nl/
58
S. Nair en M.P. Howlett (2014), *Dealing with the Likelihood of Failure over the Long-Term: Adaptive Policy Design under Uncertainty*. Lee Kuan Yew School of Public Policy (Working Paper Series No. 14-01), Singapore.
59
J. Watson (2012), 'Climate change policy and the transition to a low-carbon economy', In: IPPR, *Complex new world, translating new economic thinking into public policy*.
60
Zie 2015/04/02/kamerbrief-warmtevisie/kamerbrief-warmtevisie
61
Hekkert, M.P. et al (2007), Explaining the rapid diffusion of Dutch cogeneration by innovation system functioning. *Energy Policy* 35: 4677–4687
62
A. Faber en T. Hoppe (2013), Co-constructing a sustainable built environment in the Netherlands—Dynamics and opportunities in an environmental sectoral innovation system. *Energy Policy* 52: 628-638;
63
Zie A. Kieft, R. Harmsen, F. van Laerhoven en M. Hekkert (2013). *Innovatie in de woningbouw, een innovatiesysteemanalyse*. Universiteit Utrecht/Copernicus Institute of Sustainable Development. Voor een uitgebreide analyse zie ook: K. Vringer, M. van Middelkoop en N. Hoogervorst (2014), *Energie besparen gaat niet vanzelf. Evaluatie van energiebesparingsbeleid voor de gebouwde omgeving*. PBL: Bilthoven/Den Haag.
64
Ministerie I&M (2014). *Een duurzame brandstofvisie met LEF: De belangrijkste uitkomsten uit het SER-visietraject naar een duurzame brandstoffenmix in Nederland*. Beschikbaar via http://www.energieak-

koordser.nl/~/media/01303b49eab0429b-88c79c3353683e9e.ashx
65
http://www.rijksoverheid.nl/nieuws/2015/06/23/gaswinning-groningen-in-2015-verder-verminderd-tot-30-miljard-kubieke-meter.html
66
Scientific American (2015), 'Fact or Fiction?: Natural Gas Will Reduce Global Warming Pollution', August 2015, http://www.scientificamerican.com/article/fact-or-fiction-natural-gas-will-reduce-global-warming-pollution/?WT.mc_id=SA_ENGYSUS_20150806
67
Zie voor een uitgebreide uitwerking van dit argument: D. Helm (2011), *The Carbon Crunch: How We're Getting Climate Change Wrong - and How to Fix It*. Yale University Press, New Haven. Kansen en risico's moeten echter continu en op transparante wijze gewogen worden, met inachtneming van economie, duurzaamheid en maatschappelijk draagvlak. De ervaringen rond de aardgaswinning in Groningen en de evaluatie daarvan door de Onderzoeksraad voor Veiligheid (OVV) laten zien dat een strategie voor de lange termijn daarbij essentieel is. In een recent position paper onderschrijft TNO die noodzaak, wijzend op de uitdaging om te komen tot een visie waarin gas niet meer een vanzelfsprekenheid is, maar aansluiting behoeft bij een doordachte en duidelijke vergroeningsstrategie.
Zie OVV (2015), *Aardbevingrisico's* in Groningen, OVV: Den Haag.
Zie TNO (2015), 'Beeft de grond onder de voeten van de gasrotonde?', TNO Position paper, oktober 2015.
68
ECN, PBL, CBS en RVO (2015). *Nationale Energieverkenning 2015*. ECN, Petten
69
Zie https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2015/06/25/energieprestatievergoeding-voor-nul-op-de-meter-woning
70
De Nederlandse Bank (2015?) *Perspective on the structure of the Dutch banking sector.* DNB, Amsterdam.
71
Sustainable Finance Lab (2014), *Een schuldbewust land: naar een stabiel en duurzaam Nederland*. SFL, Utrecht.
72
Belangrijke referenties voor de studie van innovatiesystemen zijn: B.A. Lundvall (1992). *National Systems of Innovation—Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Pinter publishers, London; R.R. Nelson (1993). *National Innovation Systems–a Comparative Analysis*. Oxford University Press, New York/Oxford; C. Edquist (2005). Systems of innovation, perspectives and challenges. In: J. Fagerberg, D.C. Mowery, R.R. Nelson (red.). *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford University Press, Oxford: pp. 181–208; M.P. Hekkert, R.A.A. Suurs, S.O. Negro, S. Kuhlmann en R.E.H.M Smits (2007). Functions of innovation systems: a new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting & Social Change* 74: 413–432.
73
Een veel genoemde uitzondering is de uitrol van het gasnetwerk in Nederland, in pakweg tien jaar in de jaren zestig. Dit is onmiskenbaar een schoolvoorbeeld van een top-down georganiseerde energietransitie, Inmiddels is de positie van de overheid in het energiesysteem echter fundamenteel veranderd als gevolg van (vooral) de liberalisering rond de eeuwwisseling. De instrumenten voor een top-down sturing zijn daarmee niet meer aanwezig. Een andere mogelijkheid voor een transformatie op systeemniveau is via een *niet-gecontroleerde* transitie, waarbij in feite het bestaande, fossiele energiesysteem uitgehold raakt en instort. Het is echter maar zeer de vraag of de bijkomende maatschappelijke ontwrichting gewenst is. Bovendien zal het hoogstwaarschijnlijk niet in de macht van de Nederlandse overheid liggen om een dergelijke ongecontroleerde instorting aan te jagen.
74
Zie M.T. Hayes (2001), *The Limits of Policy Change. Incrementalism, Worldview and the Rule of Law*. Washington: Georgetown University Press. Het idee van 'strategisch incrementalisme' is in andere bewoordingen niet nieuw: de filosoof Karl Popper verwijst naar 'piecemeal social change' en politicoloog Charles Lindblom spreekt van 'muddling through' Hayes zelf spreekt van 'meliorative liberalism'.
75
A. Faber (2013), *Noodzaak en kans voor groen industriebeleid in de Nederlandse economie*, WRR webpublicatie nr. 75, Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid: Den Haag.
76
M. Hajer (2011), *De energieke samenleving*, PBL: Den Haag. Deze stelling raakt sterk aan de huidige zoektocht van de overheid naar een nieuwe, meer anticiperende en adaptieve rol, ook op vele andere beleidsterreinen. Die nieuwe rol wordt nogal eens verward met een 'terugtrekkende overheid', maar die invulling is te beperkt. Het gaat juist om een verantwoordelijke overheid, die het vermogen heeft tot maatwerk en betrokkenheid.
77
J. Watson (2012), 'Climate Change policy and the transition to a low-carbon economy', in IPPR, *Complex new world, translating new economic thinking into public policy* (eds. Tony Dolphin and David Nash). Zie over groen industriebeleid ook een recente lezing van Mariana Mazzucato: http://www.pbl.nl/videos/pbl-academielezing-the-green-entrepreneurial-state en Mazzucato (2015), 'The green entrepreneurial state', pp. 134-152 in the Politics of Green Transformations, eds: I. Scoones, M. Leach en P. Newell. Earthscan: Londen/New York.
78
http://www.nrc.nl/nieuws/2014/12/01/energiereus-eon-schakelt-volledig-over-op-duurzame-energie/
79
L. Bunt en C. Leadbeater (2012) *The art of exit, in search of creative decommissioning* door, Londen: NESTA. Over de casus Solyndra zie: D. Rodrik (2014), Green industrial policy, *Oxford Review of Economic Policy* 30 (3): 469-491, http://drodrik.scholar.harvard.edu/files/dani-rodrik/files/green_industrial_policy.pdf
80
F. Westley, B. Zimmerman en M.Q. Patton (2006). *Getting to Maybe, how the world is changed*. Vintage, Canada.
81
Aldus de bekende organisatiekundige Henry Mintzberg, aangehaald in Westley et al (2006).

82
WRR (2013), *Naar een lerende economie* (p. 225), onder verwijzing naar Mowery et al (2010), 'Technology policy and global warming: why new policy models are needed (or why putting new wine in old bottles won't work), *Research Policy* 39(8): 1011-1023.
83
Zie https://www.youtube.com/watch?v=LZwFyj2ZhEo (citaat op 8 min 19).
84
S.J. Gould (2007), *Punctuated equilibrium*, Cambridge (MA): Belknap of Harvard University Press.
85
S. Ramalingam (2013), p. 232.
86
In vervolg op de workshops over de energietransitie wordt ook gestreefd naar vergelijkbare verkenningen op andere beleidsterreinen, om uiteindelijk een goed inzicht te ontwikkelen op de bruikbaarheid van het complexiteitsperspectief in beleid.
87
Zie Colander en Kupers (2014).
88
R. Kupers (red). (2014), *Turbulence: A corporate perspective on collaborating for resilience*, Amsterdam University Press: Amsterdam