

Survival of the Greenest

Jeroen van den Bergh, Albert Faber, Annemarth Idenburg, Frans Oosterhuis

De evolutionair-economische theorie biedt een kader waarmee technologische ontwikkelingen kunnen worden begrepen en de vormgeving van innovatie- en transitiebeleid kan worden geëvalueerd. Het Nederlandse energie-innovatiebeleid bevat verschillende elementen die in de lijn liggen van een evolutionair-economische benadering, maar daarbij gaat het vooral om concepten die geen spanning opleveren met het bevorderen van doelmatigheid op korte termijn. Om de gewenste overgang naar een duurzame energievoorziening te realiseren, kan beleid diversiteit stimuleren en de selectieomgeving beïnvloeden. Een zekere mate van 'verspilling' op korte termijn is daarbij onvermijdelijk, ten gunste echter van een innovatieve dynamiek op de langere termijn.

1 Inleiding

In de vormgeving van het Nederlandse milieubeleid domineren neoklassieke economische noties als rationaliteit, efficiëntie en optimalisatie. In de praktijk zijn deze uitgangspunten vaak niet goed geschikt voor de analyse en interpretatie van grootschalige systeemveranderingen (transities) en innovaties. Transitiebeleid wordt echter wél gezien als een belangrijk middel om te kunnen voldoen aan de ambitieuze doelstellingen op het gebied van economie en innovatie (Lissabon Strategie), klimaat (Kyoto doelstellingen) en biodiversiteit. De evolutionaire economie biedt een theoretisch raamwerk dat zich goed leent voor het bestuderen van innovaties en transities (Van den Bergh et al. 2005; 2007). Dit artikel verkent welke inzichten volgen uit een evolutionair-economische evaluatie van milieubeleid gericht op innovatie en transitie, met nadruk op het thema energie.

In sectie 2 worden de belangrijkste elementen van het evolutionair-economische denkkader besproken en wordt een korte historische schets

van de theorievorming gegeven. In sectie 3 bespreken we de implicaties van de evolutionair-economische inzichten voor een beleid dat gericht is op duurzame ontwikkeling. Vervolgens wordt bezien in hoeverre hiervan elementen terug te vinden zijn in het Nederlandse beleid op het gebied van energie-innovatie van de afgelopen jaren (sectie 4). In sectie 5 wordt vanuit evolutionair-economisch perspectief gekeken naar een drietal concrete energietechnologieën: brandstofcellen, kernfusie en fotonvoltaïsche energie, waarna in sectie 6 conclusies worden getrokken.

2 Evolutionaire economie

Belangrijkste kenmerken van de evolutionaire economie. De evolutionaire economie wordt in steeds bredere kring opgevat als een benadering die zich goed leent om structurele veranderingsprocessen ten aanzien van technologie, organisaties, economische structuur en instituties te doorgronden (Potts 2000; Boschma et al. 2002; Faber en Frenken 2008). Het in de traditionele economische theorie veronderstelde rationele, optimaliserende gedrag van individuen en groepen wordt in de evolutionaire benadering vervangen door het meer realistische uitgangspunt van begrensde rationaliteit van alle actoren. Deze begrensde rationaliteit neemt de vorm aan van routines, gewoonten, imitatie van anderen en het hanteren van een beperkte tijdshorizon. Begrensde rationaliteit gaat gepaard met heterogeniteit van actoren en hun gedrag, omdat niet iedereen dezelfde strategie zal hanteren. Hierdoor ontstaat een grote variatie aan technologieën, instituties en organisatiestructuren. Al deze vormen van diversiteit worden beïnvloed door innovatie- en selectieprocessen. Innovatieprocessen doen de diversiteit toenemen, terwijl selectieprocessen deze juist verminderen. Selectie omvat velerlei factoren, gerelateerd aan fysische, technologische, geografische, bedrijfsinterne, markt- en institutionele dimensies. De innovativiteit van een systeem wordt beïnvloed door factoren als kruisbestuiving, scholing, samenwerking, de beschikbaarheid van durfkapitaal, het bestaan van (potentiële) nichemarkten, uitdagende toekomstbeelden en serendipiteit.¹

De dynamiek van evolutionaire systemen, gestuurd door de herhaalde interactie tussen innovatie en selectie, resulteert vaak in padafhankelijkheid, doordat toenemende schaalvoordelen een zelfversterkend terugkoppelingsmechanisme in werking zetten. Hierdoor gaat een bepaalde – mogelijk ongewenste – technologie of een economische structuur domineren.

¹ Serendipiteit duidt op een combinatie van toeval en kennis. Vaak wordt het belang van toeval voor nieuwe vindingen benadrukt, maar tevens is kennis vereist om nieuwe kansen te kunnen herkennen en benutten.

Het gevolg is een historisch, onomkeerbaar pad, dat in sterke mate bepaald is door initiële, toevallige gebeurtenissen. Een voorbeeld hiervan is Microsoft Windows: iedereen werkt ermee omdat kennissen en collega's ermee werken, waardoor bijvoorbeeld de uitwisseling van gegevens steeds gemakkelijker wordt. De zelfversterkende schaalvoordelen van een technologisch systeem maken het vaak lastig om uit deze situatie te ontsnappen: er is sprake van een 'lock-in' ofwel 'insluiting'.

Een ander belangrijk concept binnen de evolutionaire economie is 'co-evolutie', waarmee wordt aangeduid dat evoluerende (deel-)systemen een wederzijdse selectiedruk op elkaar kunnen uitoefenen. Co-evolutie beschrijft interactie tussen subsystemen onder invloed van evolutionaire mechanismen zoals diversiteit, selectie en innovatie. Een voorbeeld is de dynamische interactie tussen consumptie en productie. Beide bestaan uit een of meerdere populaties van respectievelijk consumenten en bedrijven, die via de markt elkaar op verschillende manieren beïnvloeden. De innovatierichting van bedrijven wordt bijvoorbeeld gevoed door marktgedrag van consumenten. Voorts bestaat er ook binnen elke populatie onderlinge interactie tussen agenten, onder meer via imitatie of statusgedrag (consumenten) of via productvariatie, innovatie en reclame (bedrijven). Het resultaat is een combinatie van 'demand-pull' en 'technology-push', resulterend in een set van dynamische, interactieve populaties, ofwel co-evolutie.

Oorsprong van het evolutionair-economisch gedachtegoed. De evolutionaire economie kreeg voor het eerst aandacht toen rond 1900 de econoom Veblen zich afvroeg "Why is economics not an evolutionary science?" (Veblen 1898). Enige decennia later zou de invloedrijke econoom Joseph Schumpeter een vruchtbare basis leggen voor de ontwikkeling van het vakgebied, onder meer door de introductie van de concepten 'entrepreneur' en 'creatieve destructie' (Schumpeter 1934, 1942). De ontwikkeling van de evolutionaire economie als vakgebied kwam pas in de jaren zeventig van de vorige eeuw werkelijk op gang. Dit was met name te danken aan het werk van Nelson en Winter, die zich met *An Evolutionary Theory of Economic Change* schatplichtig verklaarden aan Schumpeter (Nelson en Winter 1982). Inmiddels hebben zich allerlei takken van evolutionaire economie ontwikkeld, met als dominante 'scholen' de evolutionaire speltheorie en de neo-Schumpeteriaanse technologie-analyse. Recentelijk is tevens de evolutionaire multi-agent modellering in opkomst.

De milieuproblematiek is nog nauwelijks een thema binnen de evolutionaire economie, en de huidige milieueconomie wordt gedomineerd door de neoklassieke evenwichtsbenadering. Met de opkomst van het concept 'duurzame ontwikkeling' groeit echter de behoefte om de complexe rol van structurele en technische veranderingen in het conflict tussen econo-

mische groei en milieubehoud te onderzoeken. De evolutionaire economische theorie biedt interessante aanknopingspunten hiervoor (Van den Bergh en Gowdy 2000; Van den Bergh 2007).

3 Implicaties voor beleid gericht op een duurzame ontwikkeling

Voor het streven naar een duurzame ontwikkeling en voor de ontwikkeling van het bijbehorende transitie-management is het niet alleen interessant om te begrijpen hoe innovaties en transitie tot stand komen (of juist niet tot stand komen), maar ook om te achterhalen welke rol de overheid hierin zou kunnen spelen.

Beleid heeft vanuit een evolutionair-economische invalshoek andere sturingsmogelijkheden en –prioriteiten dan vanuit een traditionele economische invalshoek. Een belangrijk verschil is de nadruk op diversiteit versus doelmatigheid. Diversiteit aan opties wordt binnen de evolutionaire visie als essentieel beschouwd voor het inslaan van nieuwe wegen, en voor het verschijnen van nieuwe innovaties. Beleidssturing is dan gericht op het beter functioneren van variatie-selectieprocessen, in plaats van op voorafbepaalde uitkomsten en korte-termijn-doelmatigheid. Dit betekent echter niet noodzakelijkerwijs dat de sociale welvaartsdoelstelling moet worden losgelaten. Waar in de traditionele economie beleid is gericht op het corrigeren van de bekende vormen van marktfalen, kan evolutionair beleid zich richten op een onderbelichte vorm van marktfalen, namelijk de lock-in van een ongewenste technologie of institutie. Dergelijk beleid kan worden gekenschetst als succesvol indien de lock-in ongedaan wordt gemaakt, ofwel men in staat is om te ontsnappen uit de lock-in situatie om bijvoorbeeld een transitie te doen slagen. Het evolutionair-economisch beleid is dus gericht op het vergroten van de veerkracht en het aanpassingsvermogen van het economische systeem, in het licht van een veranderende (selectie)omgeving, mede vanwege nieuwe beleidsdoelen, zoals op het terrein van klimaatverandering.

Diversiteit is de kern van het evolutionaire milieubeleid. Het creëren en in stand houden van diversiteit impliceert echter ook de besteding van tijd, geld en intellectuele capaciteit aan opties die uiteindelijk niet geselecteerd worden. Beleid gericht op doelmatigheid zal een dergelijke ‘verspilling’ zoveel mogelijk willen voorkomen. Zonder ‘verspilling’ zullen echter potentieel kansrijke maar momenteel nog zeer beperkt bruikbare innovaties nooit kunnen opkomen als ‘hopeful monstrosities’ (Mokyr 1990). Vanuit deze gedachte moet verspilling dus worden gekoesterd als een maat voor

succes van een innovatief systeem. Fisher's theorema is hier bijzonder relevant: "The greater the genetic variability upon which selection for fitness may act, the greater the expected improvement in fitness" (Fisher 1930). Hieruit volgt dat vanuit een evolutionair-economische optiek een 'optimaal' beleid niet kan worden bepaald. De overheid zal een zekere balans nastreven tussen doelmatigheid en diversiteit, oftewel tussen de korte-termijn-kosten en lange-termijn-baten van diversificatie van innovaties. Deze lange-termijn-baten zijn, vanuit de aard van het complexe systeem, onzeker. Hierdoor is het dus onmogelijk om vooraf nauwkeurig te bepalen wat de uitkomsten zullen zijn van het beleid. Dit laat onverlet dat een zorgvuldige afweging nodig is tussen onder meer de schaalvoordelen van doelmatigheid en de evolutionaire voordelen (via selectie en innovatie) van diversiteit (Van den Bergh 2008). Een dergelijke afweging wordt doorgaans niet expliciet gemaakt, waardoor zeer waarschijnlijk de balans negatief uitvalt voor diversiteit, omdat korte-termijn-doelmatigheid op meer steun kan rekenen dan onzekere diversiteitsbaten op lange termijn. Een perfect 'optimale' balans is uiteraard onmogelijk, simpelweg vanwege de grote onzekerheden die er bestaan over de uitkomsten van zowel innovatie- als selectieprocessen. Desalniettemin kan meer aandacht voor de afweging tussen korte-termijn-doelmatigheid en lange-termijn-effecten van diversiteit bijdragen aan betere besluitvorming voor het stimuleren van duurzaamheidstransities.

Innovatie kan op verschillende manieren worden gestimuleerd, waarbij het (neoklassieke) economische idee om de kosten van externe effecten te internaliseren een noodzakelijke doch niet voldoende voorwaarde is voor het doen slagen van een transitie. Informatie-uitwisseling tussen betrokken actoren in het innovatiesysteem is cruciaal, opdat een collectief leerproces kan plaatsvinden. De huidige transitie-experimenten trachten dit idee in de praktijk te brengen door verschillende spelers in een innovatietraject samen te brengen, waarbij barrières voor samenwerking en coördinatie tussen spelers in innovatietrajecten zouden moeten worden weggenomen. Naast technische, inhoudelijke en economische factoren zijn hierbij zeker ook politieke, procesgerelateerde, sociaal-culturele en psychologische factoren van belang (Van den Bergh et al. 2007). Dit kan op verschillende manieren. Zo is het 'Ontwikkelen van een wereldwijde laboratoriumfunctie' benoemd tot één van de vijf speerpunten voor het stimuleren van duurzaam ondernemen in de Metropoolregio Amsterdam (Kamer van Koophandel Amsterdam 2008). In deze 'open innovation playground' zouden verschillende partijen nieuwe samenwerkingsverbanden kunnen uitproberen voor het ontwikkelen van nieuwe duurzame producten, diensten en technologieën. Ook het creëren van experimenteerzones of -ruimtes, waarbinnen innovatieve bedrijven een tijdelijke ontheffing krijgen van beper-

kende regelgeving wordt soms genoemd als een manier om innovatie te stimuleren.

Geheel andere instrumenten als subsidies kunnen nodig zijn om groot-schalige innovaties in gang te zetten, en in het bijzonder om situaties van technologische insluiting ongedaan te maken of te vermijden. Subsidies of overheidsaanbestedingen kunnen leiden tot een eerste ontwikkeling van een innovatie op de markt, waardoor verdere ontwikkeling een kans krijgt en op termijn kan concurreren met reeds bestaande alternatieven. In sommige gevallen kunnen innovatieve technieken, producten en processen verder ontwikkelen in nichemarkten op basis van alternatieve criteria (bijvoorbeeld ‘milieueffect’ in plaats van ‘prijs’), soms beschermd tegen de concurrentie van de ‘grote markt’ door strategische overheidsmaatregelen, zoals specifieke aanbestedingen of standaardisering (Kemp et al. 1998; Schot en Geels 2007). In het ondersteunen van onderzoek naar fundamentele innovaties speelt de overheid vaak een belangrijke rol, gezien de lange terugverdiertijden en de grote onzekerheden die private partijen vaak afschrikken. Aandacht voor het vergroten van de kans op serendipiteit en kruisbestuiving is voor het wetenschapsbeleid van groot belang. Ook hier zou het beleid niet bang moeten zijn voor een zekere mate van ‘verspilling’.

Daarnaast heeft de overheid een belangrijke rol bij het creëren van een geschikte selectieomgeving. Selectie betekent niet dat een overheid actief technologische opties selecteert, maar dat zij waar mogelijk een rol speelt in de vormgeving van de selectieomgeving. Selectie komt voort uit het evolutionaire idee dat bepaalde opties binnen een bepaalde omgeving beter presteren dan andere en daardoor overleven en repliceren. De selectie wordt daarbij niet alleen bepaald door de kenmerken van de alternatieve opties, maar ook door die van de omgeving waarbinnen de optie moet functioneren. Via ingrijpen in de selectieomgeving kan de ontwikkeling van innovaties bijgestuurd worden. Dit betekent dat ontwikkelingskaders worden aangegeven, in plaats van dat wordt gekozen voor directe stimulering van specifieke innovaties. Daarmee wordt gestimuleerd dat de meest succesvolle innovaties niet het gevolg zijn van keuzes door de overheid (‘picking winners’), maar resulteren op grond van een inherent betere oplossing voor een specifiek probleem.

Uiteindelijk gaat het bij een transitie naar een duurzame ontwikkeling (en een duurzaam energiesysteem) om het creëren van een ‘gelijk speelveld’ of ‘level playing field’ voor duurzame technologische opties. Dit begrip duidt op een situatie waarin partijen en technologieën vanuit een gelijke uitgangspositie met elkaar concurreren. Vanuit het evolutionair-economisch perspectief moet dit breder worden opgevat dan alleen de aanwezigheid van vrije marktwerking. Van belang is ook dat:

- i Externe kosten zijn verdisconteerd in de prijzen.
- ii Technologieën beoordeeld worden op basis van hun potentie in plaats van alleen op de huidige prestatie, zodat technologieën ‘aan het begin van de leercurve’ het niet enkel vanwege hun historische achterstand afleggen tegen al langer toegepaste technologieën.
- iii De tijdhorizon van investeerders, bedrijven en de overheid wordt verlengd, zodat lange-termijn-ontwikkelingen niet worden gefrustreerd door korte-termijn-doelmatigheid.

De overheid moet dus niet in de verleiding komen zelf te bepalen welke technologieën het meest succesvol zullen zijn (‘picking the winners’) en tevens moet ze zien te voorkomen dat ze alleen die technologieën stimuleert die al een voorsprong hebben op andere technologieën (‘backing the winners’).

Hoewel op nationaal niveau de balans tussen diversiteit en schaalomvang wel eens lastig kan zijn, is deze op internationaal niveau eenvoudiger vorm te geven. Om de internationale mogelijkheden te benutten zou er door samenwerking tussen landen een afstemming kunnen worden gezocht van investeringen in specifieke innovatietrajecten gericht op een duurzame ontwikkeling. Daarnaast kan diversiteit aan initiatieven (technologie, netwerken, organisatie, regulering, instituties) op lokale schaal, variërend van gemeenten tot provincies, worden gestimuleerd. Daarvoor dienen wellicht een aantal beleidsbarrières te worden weggenomen.

4 Een evaluatie van recent Nederlands innovatiebeleid ten aanzien van milieu en energie

De centrale concepten van de evolutionaire economie kunnen worden gebruikt voor beleidsevaluaties. Wij hebben zo’n evaluatie verricht voor het beleid rondom energie-innovaties in de periode 2000-2004.² Verschillende, deels overlappende beleidsvelden spelen hierbij een rol: milieubeleid, transitiebeleid, energiebeleid en innovatiebeleid.

Veel van de centrale concepten van de evolutionaire economie zijn impliciet vaak terug te vinden in het beleid gericht op energie-innovaties, maar de concrete uitwerking is vaak beperkt. Zo wordt het belang van het creëren en in stand houden van diversiteit door het beleid wel onderkend, maar dit wordt voornamelijk toegepast op technieken en minder op bedrij-

² Hiervoor zijn de volgende nota’s bekeken: Energie Onderzoek Strategie (EZ, 2001), Energierapport 2002 (EZ 2002), Evaluatienota Klimaatbeleid (2002), Innovatiebrief (EZ 2003), Wetenschapsbudget 04 (OC&W 2003) en Industriebrief (EZ 2004).

ven, producten of strategieën. Bovendien wordt er in de nota's vaak gesuggereerd dat er snel sprake is van verspilling of van een afname in de efficiëntie.

Bij de praktische invulling van het beleid gaat de discussie vaak over het dilemma van het creëren van voldoende massa (geen ondoelmatige versnippering van het budget) versus het streven naar diversiteit, waarin de eerder benoemde trade-off tussen doelmatigheid en diversiteit wordt weerpiegeld. Het concept innovatie komt veelvuldig naar voren in de beleidsstukken, maar de benadering is vaak nogal eenzijdig. Aandacht voor aspecten als kruisbestuiving, serendipiteit, isolatie en nichemarkten ontbreekt grotendeels, terwijl dat vanuit evolutionair-economisch perspectief belangrijk is voor het stimuleren van innovaties.

Ook het concept selectieomgeving komt weinig naar voren in het huidige beleid. Het algemeen leidende principe in het innovatiebeleid is dat 'de markt moet kiezen'. De invloed die de overheid zichzelf toekent in het bevorderen van een gunstige selectieomgeving lijkt beperkt, en voor zover wel aanwezig wordt die invloed negatief beoordeeld. Immers, 'de overheid verstoort de marktwerking'. Daarmee wordt selectieomgeving verengd tot markt. De beleidsstukken tonen veel aandacht voor het wegnemen van barrières voor innovatie, terwijl kansen om de selectieomgeving voor maatschappelijk wenselijke innovaties positief te beïnvloeden nauwelijks aandacht krijgen.

De noties van padafhankelijkheid, lock-in en gelijk speelveld hebben inmiddels wel hun weg gevonden binnen het energie-innovatiebeleid. Maar de uitwerking van deze concepten in concreet beleid is, vanuit evolutionair-economisch perspectief, wat eenzijdig. Het tegengaan van lock-in lijkt de overheid vooral te willen bewerkstelligen door het 'uitstellen' van selectie, in plaats van door het bewust stimuleren van nieuwe opties en een flexibel systeem. De vele (technologie-)verkenningen en haalbaarheidsstudies die in Nederland zijn uitgevoerd illustreren dit. Overigens zijn er juist op het gebied van de energietransitie op dit punt wel belangrijke stappen gezet sinds de studie waarop dit artikel is gebaseerd (Task Force Energietransitie, 2006). Het aspect gelijk speelveld wordt echter vaak nog eenzijdig opgevat als het creëren van gelijke concurrentieverhoudingen tussen producenten uit verschillende landen. De additionele aspecten van een uitgebreid speelveld zoals hierboven genoemd komen niet terug in de beleidsnota's.

5 Evolutionaire economie en energietechnologie: drie casestudies

Het bestuderen van de ontwikkeling van verschillende technologieën en de rol die het beleid daarin heeft gehad geeft inzicht in de werking van evolutionair-economische concepten in de praktijk. In dit onderzoek is dat gebeurd aan de hand van een drietal casestudies. Uit een analyse van de ontwikkeling van brandstofcellen en fotovoltaïsche energie blijkt het belang van de interactie tussen verschillende sectoren, serendipiteit en de aanwezigheid van nichemarkten voor de ontwikkeling van die technologieën. Bij de ontwikkeling van kernfusie ontbreken deze factoren, maar dit wordt gecompenseerd door de omvangrijke overheidsinvesteringen in deze technologie. De toepassing van alle drie de technologieën wordt belemmerd door de begrensde rationaliteit van actoren op de markt en de lock-in van de op fossiele brandstoffen gebaseerde technologieën. Tabel 1 geeft een samenvatting van de analyse (Van den Bergh et al. 2005).

6 Conclusie

De evolutionair-economische theorie biedt een begrippenkader waarmee technologische ontwikkelingen kunnen worden begrepen en waarmee de vormgeving van innovatie- en transitiebeleid kan worden geëvalueerd. Uit de evolutionair-economische evaluatie van het energie-innovatiebeleid blijkt dat elementen als begrensde rationaliteit en padafhankelijkheid aandacht krijgen in de beleidsnota's, maar dat een aantal andere elementen uit de evolutionaire economie wordt onderbelicht. Het gaat daarbij met name om diversiteit binnen bedrijven, producten en strategieën, om innovatiefactoren als 'combineren', kruisbestuiving, serendipiteit en nichemarkten, en om de multidimensionele selectieomgeving. In de uitwerking van de evolutionair-economische concepten wordt vaak teruggegrepen op beleidsinstrumenten die ook vanuit het oogpunt van doelmatigheid op korte termijn goed scoren. Samenvattend kan men stellen dat bij uitstek de evolutionair-economische concepten die geen spanning opleveren met (het bevorderen van) doelmatigheid zijn terug te vinden in het bestaande beleid.

Tabel 1 Drie energietechnologieën vanuit evolutionair-economisch gezichtspunt

	Brandstofcellen	Kernfusie	Fotovoltaïsche cellen
Diversiteit	Groot (toepassingen; typen; brandstoffen)	Gering	Groot (toepassingen; typen)
Innovatie	Sterke interactie tussen verschillende sectoren (o.a. chemie, energiebedrijven, autofabrikanten).	Expertise geconcentreerd binnen een klein, mondiaal wereldje; daarbinnen veel samenwerking, maar weinig externe interactie	Serendipiteit en kruisbestuiving waren belangrijk in ontwikkeling (bijv.: dunne filmtechnologie).
	Nichemarkten: ruimtevaart, voertuigen	Geen nichemarkten	Nichemarkten: ruimtevaart; off-grid toepassingen
Cumulatieve R&D in IEA-landen, 1974-98 (mld \$)	Onbekend	26,8	5,2
Selectie-omgeving	Decentralisatie van het energiesysteem kan kansen bieden. Milieubeleid belangrijk ('zero-emission' wetgeving)	Nog niet marktrijp. Levensvatbaarheid zal o.a. afhankelijk zijn van stringent CO ₂ -beleid	Marktmacht heeft een rol gespeeld (octrooien); overheidsbeleid (m.n. subsidies) belangrijke factor
Begrensde rationaliteit	Toepassing vergt breuk met bestaande routines; imitatiegedrag in auto-industrie	Private investeerders niet geïnteresseerd i.v.m. lange tijdshorizon; voortbouwen op bestaande routines niet mogelijk	Kapitaalintensieve technologie; lange tijdshorizon
Padafhanke-lijkheid en lock-in	Schaalvoordelen bij toepassing beperkt: → goede inpasbaarheid in decentrale systemen. Lock-in in bestaande technologie (bijv. verbrandingsmotor) belangrijke barrière	Sterke padafhanke-lijkheid; schaalvoordelen zeer belangrijk: → slechte inpasbaarheid in decentrale systemen	Schaalvoordelen bij toepassing beperkt: → goede inpasbaarheid in decentrale systemen
Co-evolutie	Samenhang met andere componenten energiesysteem van belang (w.o. brandstofinfrastructuur)	Weinig uitwisseling met andere energietechnologieën; intern wel complementari-iteit	Implicaties voor andere componenten van energiesysteem (o.a. i.v.m. fluctuaties in aanbod zonlicht)

Een duurzame ontwikkeling volgens de evolutionaire economie zou men gemakkelijk kunnen opvatten als een autonoom en doelloos proces waar beleid geen grip op heeft. Dat hoeft echter geenszins zo te zijn, want in tegenstelling tot evolutie in de biologie omvat evolutie in een economische context tevens leereffecten en doelgerichte innovaties, waarop beleid van invloed kan zijn. Voorts kunnen normatieve elementen aan het evoluerende systeem worden toegevoegd via beleid gericht op het beïnvloeden van de selectieomgeving. Als gevolg hiervan verandert evolutie van een autonoom, doelloos proces in een proces dat gestuurd wordt binnen politiek bepaalde grenzen. Het beeld van doelloze evolutie is overigens vergelijkbaar met het beeld – in de traditionele economie – van inherent doelloze marktwerking. Zoals beleid ter correctie van marktfalen er in een dergelijke context voor zorgt dat marktwerking ten dienste komt te staan van de sociale welvaart, zo kan milieu- en transitiebeleid de evolutionaire veranderingen in de economie ten dienste stellen van duurzaamheid en welvaart op lange termijn.

Auteurs

Prof. dr. J.C.J.M. van den Bergh is ICREA hoogleraar aan Institute of Environmental Science and Technology en Department of Economics and Economic History, Autonomous University of Barcelona, tevens bijzonder hoogleraar 'Environmental and Resource Economics' aan de Vrije Universiteit te Amsterdam. Ir. A. Faber is onderzoeker bij het Milieu- en Natuurplanbureau (MNP) in Bilthoven (thans: Planbureau voor de Leefomgeving). Dr. ir. A.M. Idenburg is werkzaam bij DHV en was ten tijde van dit onderzoek verbonden aan MNP. Drs. F.H. Oosterhuis is senior-onderzoeker bij het Instituut voor Milieuvraagstukken van de Vrije Universiteit.

Correspondentie: frans.oosterhuis@ivm.falw.vu.nl.

Literatuur

- Bergh, J.C.J.M. van den, 2007. Evolutionary thinking in environmental economics, *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 17(5): 521-49.
- Bergh, J.C.J.M. van den, 2008, Optimal diversity: increasing returns versus recombinant innovation, *Journal of Economic Behavior and Organization*, forthcoming.
- Bergh, J.C.J.M. van den en J.M. Gowdy, 2000, Evolutionary theories in environmental and resource economics: approaches and applications, *Environmental and Resource Economics*, vol. 17(1): 37-57.

- Bergh, J.C.J.M. van den, A. Faber, A. Idenburg en F.H. Oosterhuis, 2005, Survival of the Greenest: Evolutionaire Economie als Inspiratie voor Energie- en Transitiebeleid, MNP rapport 550006002/2005, Milieu- en Natuurplanbureau, Bilthoven.
- Bergh, J.C.J.M. van den, E.S. van Leeuwen, F.H. Oosterhuis, P. Rietveld en E.T. Verhoef, 2007, Social learning by doing in sustainable transport innovations: Ex-post analysis of common factors behind successes and failures, *Research Policy*, vol. 36(2). 247-59.
- Bergh, J.C.J.M. van den, A. Faber, A. Idenburg en F.H. Oosterhuis, 2007, Evolutionary Economics and Environmental Policy, Survival of the Greenest. Edward Elgar, Cheltenham.
- Boschma, R.A., K. Frenken en J.G. Lambooy, 2002, Evolutionaire Economie: Een Inleiding, Coutinho, Bussum.
- Evaluatienota Klimaatbeleid, 2002, De voortgang van het Nederlandse klimaatbeleid: een evaluatie bij het ijkmoment 2002, Tweede Kamer, vergaderjaar 2001-2002, 28 240 nr. 2.
- EZ, 2001, Nota Energie Onderzoek Strategie (EOS), Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.
- EZ, 2002, Energierapport 2002, investeren in energie, keuzes voor de toekomst, Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.
- EZ, 2003, Innovatiebrief: In actie voor innovatie, Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.
- EZ, 2004, Industriebrief: Hart voor industrie, Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.
- Faber, A. en K. Frenken, 2008, Models in evolutionary economics and environmental policy: Towards an evolutionary environmental economics, *Technological Forecasting and Social Change*, forthcoming
- Fisher, R.A., 1930, *The Genetical Theory of Natural Selection*, Clarendon, Oxford.
- Kamer van Koophandel Amsterdam, Gemeente Amsterdam (Economische Zaken/Topstad en Milieu en Bouwtoezicht) en ondernemersvereniging ORAM, 2008, Duurzaam ondernemen biedt kansen, Amsterdam.
- Kemp, R., J. Schot en R. Hoogma, 1998, Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: the approach of strategic niche management, *Technology Analysis & Strategic Niche Management*, vol.10(2): 175-95.
- Mokyr, J., 1990, *The Lever of Richness: Technological Creativity and Economic Progress*, Oxford University Press, Oxford/New York
- Nelson, R., en S. Winter, 1982, *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Harvard University Press, Cambridge (Mass.).
- OC&W, 2003, Wetenschapsbudget 04, Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap, Den Haag.
- Potts, J., 2000, *The New Evolutionary Microeconomics: Complexity, Competence, and Adaptive Behavior*, Edward Elgar, Cheltenham.
- Schot, J. and F.W. Geels, 2007, Niches in evolutionary theories of technical change. A critical survey of the literature, *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 17(5): 605-22.

- Schumpeter, J.A., 1934, *The Theory of Economic Development*, Harvard University Press, Cambridge (Mass.).
- Schumpeter, J.A., 1942, *Capitalism, Socialism and Democracy*, Harper and Brothers Publishers, New York.
- Task Force Energietransitie, 2006, *Meer met Energie, kansen voor Nederland* Den Haag.
- Veblen, T., 1898, Why is economics not an evolutionary science? *Quarterly Journal of Economics*, vol. 12(4): 373-97.