

Regionale diversificatie in eco-technologieën

Bij de ontwikkeling van nieuwe ecologische technologieën blijken regio's vooral voort te bouwen op hun lokale kennisbasis. Daarom is een regionaal toegesneden innovatiebeleid dat vanuit de bestaande kennisbasis nieuwe gerelateerde activiteiten stimuleert het meest effectief.

MARTIJN VAN DEN BERGE
Onderzoeker bij het Planbureau voor de Leefomgeving

ANET WETERINGS
Onderzoeker bij het Planbureau voor de Leefomgeving

RON BOSCHMA
Hoogleraar aan de Universiteit Utrecht, en hoogleraar en directeur aan de Universiteit van Lund

Met het publiceren van de Groene Groeibrief gaf het Ministerie van Economische Zaken in 2013 het startschot voor een groene groeistrategie, “zodat groen en groei hand in hand gaan” (Ministerie van Economische Zaken, 2013). De ontwikkeling van eco-technologieën wordt daarbij van cruciaal belang geacht. Nederland staat hierin niet alleen. In de hele wereld worden beleidsinitiatieven ontplooid ter promotie van eco-technologieën. Beleidsmakers zijn vaak geneigd zich bij het ontwerp van innovatiebeleid te laten leiden door succesvoorbeelden elders. De WRR (2013) wijst er echter op dat dit niet zonder risico is: “Bijna ieder land heeft ICT, duurzame energie, *life sciences* en milieutechnologie geïdentificeerd als speerpunt. (...) Daardoor ontstaat het risico dat landen met elkaar gaan concurreren op dezelfde sectoren, waardoor het rendement van het beleid een stuk lager uitvalt.” (p. 84).

Dit inzicht is op zich niet nieuw. De economisch-geografische literatuur benadrukt al langer dat niet ie-

der land of iedere regio gelijke kansen heeft voor het ontwikkelen van dezelfde (eco-)technologieën, zoals ook niet iedere regio de Silicon Valley van de toekomst is (Tödtling en Trippel, 2005). Daarom pleit deze literatuur voor een regionaal toegesneden innovatiebeleid waarbij nieuwe technologische ontwikkelingen worden gestimuleerd die aansluiten op de bestaande regionale kennisbasis.

Maar gaat dit ook op voor eco-technologieën? Om deze vraag te beantwoorden is bekeken of de opkomst van eco-technologieën in Europa in de afgelopen decennia. Voor 202 Europese regio's is ten eerste onderzocht of de kans dat een regio eco-technologieën heeft ontwikkeld in de periode 1982–2005 afhankelijk was van de regionale kennisbasis; en ten tweede of deze kans afhing van het land waarin de regio ligt, wat zou kunnen wijzen op een mogelijke rol van nationaal beleid.

PAD-AFHANKELIJKHEID REGIONALE KENNIS

De technologische kennisbasis van regio's verschilt sterk. Recente studies laten zien dat die regionale verschillen van invloed zijn op de kans dat in regio's bepaalde technologieën tot ontwikkeling komen (Neffke *et al.*, 2011). Nieuwe technologische kennis bouwt vaak voort op reeds bestaande kennis: de grote complexiteit van technologische kennisontwikkeling maakt het onmogelijk voor actoren om alle kennis te kunnen begrijpen en beoordelen. Zij richten zich

De auteur heeft verklaard dit artikel alleen te publiceren in ESB en niet elders

te publiceren in wat voor medium dan ook. Het is wel toegestaan om het artikel voor eigen gebruik en voor publicatie op een intranet van de werkgever van de auteur aan te wenden.

daarom vaak op het verder uitwerken van datgene waar ze voorheen ook mee bezig waren. Dit kent ook een geografische dimensie: de grote mate van pad-afhankelijkheid in kennisontwikkeling gecombineerd met de beperkte mobiliteit van actoren en ondersteunende activiteiten maakt dat er een specifieke regionale kennisbasis ontstaat. Deze kennisbasis is van invloed op de ontwikkeling van toekomstige technologieën: hoe beter een nieuwe technologie is ingebed in de kennisbasis van de regio, hoe groter de kans is dat die technologie daar tot ontwikkeling komt.

ONTWIKKELING VAN ECO-TECHNOLOGIEËN

Kan dan worden verwacht dat ook eco-technologieën in de afgelopen decennia vooral zijn ontwikkeld in de Europese regio's waar de kennis waarop deze technologieën voortbouwen reeds aanwezig was? Er zijn twee redenen waarom dit minder voor de hand ligt bij deze technologieën. Ten eerste worden eco-technologieën vaak gezien als doorbraaktechnologieën (Dechezleprêtre *et al.*, 2013). Aangezien dit innovaties zijn die radicaal verschillen van de kennis die in het verleden is opgebouwd, zouden dergelijke innovaties minder afhankelijk zijn van voorgaande technologieontwikkeling. Hierdoor kunnen deze technologieën in principe in elke regio tot stand komen.

Ten tweede hebben de hoge verwachtingen over het belang van eco-innovaties voor (duurzame) economische groei op de langere termijn veel nationale overheden ertoe aangezet de ontwikkeling van deze technologieën te stimuleren, denk bijvoorbeeld aan de Duitse *Energiewende* (PBL, 2013). Mogelijk kan een dergelijk nationaal stimuleringsbeleid de beperkingen van de regionale kennisbasis compenseren. Dat zou betekenen dat in die landen regio's toch in staat waren om in een vroeg stadium eco-technologieën te ontwikkelen, zelfs als daar de technologische kennis waarop eco-technologieën voortbouwen ontbrak.

Op basis van deze specifieke omstandigheden voor eco-technologieën veronderstellen we dat de kans dat een Europese regio voor het eerst eco-technologieën heeft ontwikkeld niet afhangt van de bestaande technologische kennisbasis van deze regio's.

PATENTEN IN ECO-TECHNOLOGIEËN

Om inzicht te krijgen in de relatie tussen de regionale kennisbasis en de kans op het ontwikkelen van nieuwe eco-technologieën worden gegevens gebruikt over de aanvraag van patenten bij het Europese patentbureau

(EPO) door uitvinders uit Europese regio's in de jaren 1977–2009. Hiervoor maken we gebruik van het REGPAT-bestand van de OESO. Bij elke patentaanvraag wordt aangegeven tot welke technologieklasse een patent behoort. Hoewel eco-technologieën niet apart worden onderscheiden in de traditionele technologieclassificatie van REGPAT (de 'international patent classification', IPC) is het toch mogelijk patenten in deze technologievelden te identificeren dankzij een speciaal classificatiesysteem dat recent daarvoor is ontwikkeld. We hebben alle patenten geselecteerd die behoren tot de zogenaamde 'eco-technologische ontwikkelingen'.

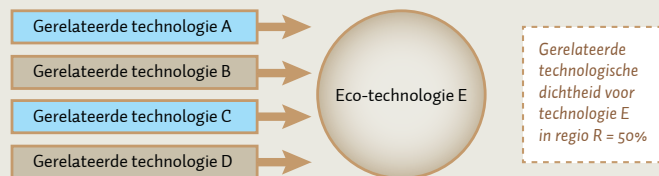
Daarnaast vermeldt een patentdocument waar de uitvinder woonde toen hij of zij het patent ontwikkelde. Hierdoor kan per regio worden bepaald welke technologieën daar zijn ontwikkeld. Vanwege het beperkte aantal patentaanvragen in Oost-Europese landen beperken we ons tot zestien Europese landen (EU15 minus Griekenland plus Noorwegen en Zwitserland). In totaal onderscheiden we 202 Europese regio's (NUTS-2-niveau).

In navolging van Hidalgo *et al.* (2007) en Boschma *et al.* (2013) wordt eerst een zogenaamde *technology space* samengesteld: een netwerk dat toont in welke mate de verschillende technologieklassen waar patenten in worden verdeeld aan elkaar zijn gerelateerd. Hoe vaker technologieklassen in hetzelfde patentdocument worden vermeld, hoe sterker deze aan elkaar zijn gerelateerd: dit is een indicatie dat voor het ontwikkelen van nieuwe technologieën vaak combinaties worden gemaakt tussen bestaande kennis uit verschillende technologievelden.

Hoewel eco-technologieën vaak als radicale innovaties worden beschouwd, blijkt uit de patentdata dat ook deze technologieën structureel voortbouwen op bestaande kennis uit verschillende andere technologievelden (Van den Berge en Weterings, 2014). Het is dus mogelijk een 'technology space' te maken voor alle technologieklassen die voorkomen in de patenten die als eco-technologieën zijn aangemerkt. Zo weten we welke technologieklassen de basis vormen voor de verschillende eco-technologieën. Om te voorkomen dat de mate waarin technologieklassen aan elkaar zijn gerelateerd te veel varieert per jaar, bepalen we dit steeds over een gemiddelde van negen jaar. Hierdoor zijn onze analyses beperkt tot de periode 1982–2005, want voor eerdere en latere jaren kan de gerelateerdheid tussen technologieën niet over een periode van negen jaar worden gemeten.

Illustratie van berekening technologische dichtheid¹

FIGUUR 1



¹ Indien het aandeel patenen in een gerelateerde technologie in regio R hoger is dan het Europese gemiddelde dan is dit in blauw aangegeven.

Ook beperkt de analyse zich tot de eco-technologieën waarvoor tussen 1982 en 2005 minimaal 100 patenen zijn aangevraagd. We houden dan 35 verschillende eco-technologieën over die over vier groepen zijn verdeeld: duurzaam transport, duurzame energie, opvang/opslag broeikasgassen en gebouwde omgeving. In totaal zijn de analyses gebaseerd op 1.227.621 patenen waarvan er 31.257 patenen in eco-technologieën zijn.

KENNISBASIS IN EUROPESE REGIO'S

In enkele stappen wordt voor elke Europese regio bepaald in hoeverre de daar aanwezige kennisbasis is gerelateerd aan de verschillende eco-technologieën. Eerst meten we voor elk jaar en elk van de 35 eco-technologieën hoeveel patenen er in de gerelateerde technologieklassen (exclusief de eco-patenen) van een regio aanwezig waren in alle voorgaande jaren. Het uitgangspunt daarbij is dat de kennis vermeld in het patent na ongeveer vijf jaar zijn waarde heeft verloren. Vervolgens is er bepaald of de regio ten opzichte van het Europees gemiddelde een hoger aandeel patenen in die technologieklasse heeft. Per eco-technologie kan dan de *gerelateerde technologische dichtheid* van een regio in een bepaald jaar worden berekend: hoe vaker een regio een bovengemiddeld aandeel patenen heeft in een gerelateerde technologieklasse, hoe hoger deze dichtheid. Figuur 1 illustreert dit. In dit voorbeeld zijn er vier technologieën gerelateerd aan eco-technologie E. Regio R heeft in twee van de vier gerelateerde technologieën een bovengemiddeld aandeel patenen. De gerelateerde technologische dichtheid van regio R voor eco-technologie E is daarom 50 procent ($2 / 4 \times 100$ procent). De dichtheid heeft een waarde tussen

de 0 procent (in geen enkele gerelateerde technologieklasse een bovengemiddeld aandeel) en 100 procent (in alle gerelateerde technologieklassen een bovengemiddeld aandeel).

OPKOMST VAN ECO-TECHNOLOGIEËN

De vraag die centraal staat is of in Europese regio's eerder eco-technologieën zijn ontwikkeld als daar reeds de kennis aanwezig was waarop eco-technologieën voortbouwen. Daarom hebben we voor elke regio bepaald in welk jaar deze voor het eerst een bovengemiddeld aandeel patenen had ontwikkeld in elk van de 35 eco-technologieën. Er wordt dus alleen gekeken naar een substantiële ontwikkeling van patenen in een eco-technologie in een regio, niet naar de ontwikkeling van één of enkele patenen.

Opkomst van eco-technologieën in Nederlandse regio's

Tabel 1 laat alvast voor de Nederlandse regio's zien in hoeverre een gerelateerde technologische dichtheid samengaat met de ontwikkeling van eco-technologieën. De tabel toont voor elke eco-technologie in welk jaar voor het eerst patenen in die technologie zijn aangevraagd vanuit een Nederlandse provincie (gemeten vanaf 1982), welke provincie dat was en hoe hoog de gerelateerde technologische dichtheid op dat moment was. De laatste kolom laat zien hoeveel Europese regio's al voorafgaand aan de Nederlandse provincie begonnen waren met de ontwikkeling van patenen in deze eco-technologie. Gemiddeld genomen is de gerelateerde technologische dichtheid 22 procent. In veel Nederlandse provincies was het percentage inderdaad hoger toen de regio startte met een substantiële ontwikkeling van een eco-technologie. Maar er zijn ook uitzonderingen. Opvallend is bijvoorbeeld de vroege toetreding tot windenergie in de regio's Overijssel, Gelderland en Noord-Brabant, ondanks de zeer beperkte aanwezigheid van een gerelateerde kennisbasis. Hetzelfde geldt voor Noord-Holland bij de ontwikkeling van patenen in 'controle- en regeltechnieken' en voor Gelderland in de 'halfgeleiderlampen'. Maar ook het omgekeerde komt voor: ondanks een sterk gerelateerde kennisbasis, werden er in Noord-Brabant pas patenen ontwikkeld in 'energiereductie kabelnetwerken' toen dit al in vrij veel andere Europese regio's was gebeurd. En ook in Gelderland werden pas vrij laat patenen in 'warmte/koeltechnologie' ontwikkeld, ondanks een sterk gerelateerde lokale kennisbasis.

De auteur heeft verklaard dit artikel alleen te publiceren in ESB en niet elders te publiceren in wat voor medium dan ook. Het is wel toegestaan om het artikel voor eigen gebruik en voor publicatie op een intranet van de werkgever van de auteur aan te wenden.

DUURANALYSE

Met behulp van een duuranalyse toetsen we of het gemiddeld genomen zo is dat een gerelateerde regionale kennisbasis de kans verhoogt dat een Europese regio in een vroeg stadium startte met de substantiële ontwikkeling van patenten in een eco-technologie. Het voordeel van dit model is dat het niet alleen de kans op toetreding tot de technologie schat, maar ook rekening houdt met hoeveel tijd reeds is verstreken. Vaak is er sprake van een regionale diffusie van technologieën, waardoor de kans dat een regio een technologie ontwikkelt groter wordt naarmate er meer jaren zijn verstreken na de introductie ervan.

Bovendien maakt de duuranalyse het ook mogelijk om te controleren voor andere factoren die van invloed zijn op de kans dat er in een regio een bovengemiddeld aandeel eco-patenten wordt ontwikkeld. Om te voorkomen dat het effect van de gerelateerde kennisbasis eigenlijk regionale verschillen in omvang of een algemeen goed ontwikkelde kennisbasis weerspiegelt, nemen we voor elke regio zowel de totale R&D-uitgaven, het totaal aantal patenten als de bevolkingsdichtheid mee in het model. Daarnaast wordt gecontroleerd we voor verschillen in de omvang en ontwikkeling van de eco-technologieën door het opnemen van het aantal uitvinders en de algemene groei van het aantal patenten in de technologieklasse.

MODELRESULTATEN

Tabel 2 (model 1) laat zien dat de gerelateerde technologische dichtheid binnen een Europese regio een statistisch significant en positief effect heeft op de kans dat daar patenten worden ontwikkeld in een van de 35 eco-technologieën. Als we veronderstellen dat de gerelateerde dichtheid van een van de eco-technologieën in een regio met tien procent toeneemt en alle andere factoren die verder van invloed zijn, gelijk blijven dan stijgt de kans dat in deze regio een bovengemiddeld aandeel patenten in die eco-technologie wordt ontwikkeld met 18,7 procent (de exponent van 0,017 maal 10). Ook voor eco-technologieën geldt dus dat deze meestal voortbouwen op kennis die reeds eerder in een regio is ontwikkeld.

Het is niet mogelijk direct te onderzoeken of nationaal beleid van invloed was op de kans dat er in regio's eco-technologieën werden ontwikkeld. Dat zou gedetailleerde gegevens vereisen voor elk Europees land over het type beleid dat daar de afgelopen decennia is gevoerd met het specifieke doel om eco-technologieën

Opkomst van eco-technologieën in Nederland vanaf 1982¹**TABEL 1**

Eco-technologie	Provincie	Aanvangontwikkeling	Gerelateerde technologische dichtheid (%)	Aantal eerdere EU-regio's
Energiebesparing gloei- en gasontladingslampen	N-Brabant	1982	55,6	0
Huisverwarming	Limburg	1982	13,3	0
Windenergie	Overijssel	1982	0,0	0
	Gelderland	1982	8,3	0
Combineren verbranding, warmte, elektriciteit	N-Holland	1982	0,0	0
	N-Holland	1982	33,3	0
Brandstof uit afval	N-Brabant	1982	0,0	0
Overige warmte- en koeltechnologieën	N-Holland	1983	0,0	0
Schakelende voeding	Overijssel	1983	38,1	6
Opslag en afvang van CO ₂	Gelderland	1983	0,0	3
Efficiënte verbranding / warmtegebruik	Z-Holland	1983	73,2	2
Brandstofcellen	N-Brabant	1983	38,9	0
Efficiënte verbrandingsmotoren	N-Brabant	1983	0,0	10
Waterkracht	N-Holland	1984	6,1	8
Energieopslag en distributie waterstof	Z-Holland	1984	47,4	14
Hybride voertuigen	N-Brabant	1984	38,5	7
Hogedruk-/gasontladingslampen	N-Brabant	1985	68,8	0
Halfgeleiderlampen (leds)	Gelderland	1985	1,9	1
Biobrandstoffen	N-Holland	1985	58,4	22
Batterijtechnologie	N-Holland	1985	21,2	24
Broeikasgasreductie algemeen	Gelderland	1985	35,7	3
	N-Brabant	1985	33,2	3
Efficiënte besturingssystemen	N-Brabant	1986	100,0	3
Controle- en regeltechnieken	N-Holland	1987	5,1	11
Opslag/afvang overige broeikasgassen	N-Holland	1987	47,4	11
Supergeleiders	N-Brabant	1987	70,0	6
Zonnecellen	Z-Holland	1989	12,8	40
Warmte- en koeltechnologie	Gelderland	1990	58,2	19
Energieopslag en transmissie elektrisch rijden	N-Brabant	1990	30,7	28
Smart grids	N-Brabant	1991	50,5	36
Zon thermisch	Limburg	1991	23,3	45
Energie uit de zee	N-Holland	1993	13,6	32
Efficiënte aandrijving luchtvaart	Gelderland	1995	29,5	51
	Z-Holland	1995	16,5	52
Energiereductie kabelnetwerken	N-Brabant	1997	83,1	17
Waterstoftoepassing in transport	N-Holland	1998	7,7	14
Reductie luchtweerstand	Z-Holland	2002	25,1	49
	N-Brabant	2002	5,5	49
Motormanagementsystemen	Limburg	2003	3,3	60
Gewichtsreductie in luchtvaart	Limburg	2004	26,8	60

¹ De tabel geeft de gerelateerde technologische dichtheid van de regio weer, één jaar voordat de regio voor het eerst een bovengemiddeld aandeel patenten in de eco-technologie ontwikkelde

De kans op substantiële ontwikkeling van eco-patenten in Europese regio's, 1982–2005

TABEL 2

	Model 1	Model 2
Gerelateerde technologische dichtheid	0,017***	0,017***
R&D-investeringen (ln)	0,031	0,073***
Bevolkingsdichtheid	0,059***	0,076***
Totaal aantal patenten (ln)	0,605***	0,563***
Aantal uitvinders in technologie (ln)	0,347***	0,346***
Groei van het aantal patenten in technologie	0,471***	0,465***
België		-0,244*
Zwitserland		0,507***
Duitsland		0,197*
Italië		0,174*
Noorwegen		0,329**
Portugal		0,590**
Constante	-10,80***	-10,82***

*/**/** Significat op respectievelijk tien-, vijf- en eenprocentniveau

te stimuleren. Wel kan meer in het algemeen worden onderzocht of in sommige landen regio's een grotere kans hadden op het in een vroeg stadium ontwikkelen van eco-technologieën. Als alle regio's in een land structureel eerder eco-technologieën hebben ontwikkeld, dan suggereert dit dat daar bijzondere omstandigheden een rol spelen.

Voor een aantal landen blijkt dat inderdaad het geval te zijn: model 2 laat zien dat in vergelijking met regio's in Nederland de kans dat een regio in Portugal in deze periode voor het eerst eco-patenten aanvraagt 1,8 keer groter is, in Zwitserland 1,7 keer groter, in Noorwegen 1,4 keer groter, en in Duitsland en Italië ongeveer 1,2 keer groter. Alleen voor Belgische regio's is die kans lager dan voor Nederlandse regio's (0,2 keer lager). Ook als we rekening houden met het land waarin een regio ligt, blijft het effect van gerelateerde technologische dichtheid gelijk. Ofwel: het is niet zo dat het positieve effect van de gerelateerde kennisbasis eigenlijk voortkomt uit specifieke omstandigheden in landen, zoals bijvoorbeeld het duurzaamheidsbeleid.

CONCLUSIE

Eco-technologieën bouwen niet alleen voort op reeds bestaande kennis, maar de aanwezigheid van dat soort kennis in Europese regio's heeft ook de kans vergroot dat men er de ontwikkeling van eco-technologieën startte. Regio's doen er dus goed aan om voort te bouwen op hun lokale kennisbasis, want dat blijkt een effectieve manier om te diversifiëren in nieuwe eco-technologieën. Dit betekent dat het ontwerpen van een regionaal toegesneden innovatiebeleid ook op het gebied van eco-technologieën wenselijk is.

Daarnaast kan het beïnvloeden van landelijke factoren – zoals een proactief landelijk innovatie-beleid op het gebied van duurzaamheid – vruchten afwerpen, maar de kans van slagen is groter als dit goed aansluit bij potenties die in de regio's al aanwezig zijn. Zelfs als in Nederland de behoefte zou bestaan om een pioniersfunctie te vervullen op het gebied van nieuwe duurzame technologie (dat wil zeggen inzetten op radicale eco-technologieën die nog nergens anders zijn ontwikkeld) dan nog is het aan te bevelen om de huidige kennisbasis in regio's als uitgangspunt voor het beleid te nemen. Om vanuit het niets radicale eco-technologieën te stimuleren met behulp van overheidsgeld is en blijft uitermate risicovol.

LITERATUUR

- Berge, M. van den, en A. Weterings (2014) *Relatedness in eco-technological development in European regions*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Boschma, R., P.A. Balland en D.F. Kogler (2014) *Relatedness and technological change in cities: the rise and fall of technological knowledge in U.S. metropolitan areas from 1981 to 2010*. *Industrial and Corporate Change*, 9 mei.
- Dechezleprêtre, A., R. Martin en M. Mohnen (2013) *Knowledge spillovers from clean and dirty technologies: a patent citation analysis*. Werkdocument, London School of Economics.
- Ministerie van Economische Zaken (2013) *Kamerbrief Groene Groei: voor een sterke, duurzame economie*. Den Haag: EZ.
- Hidalgo, C.A., B. Klinger, A.-L. Barabasi en R. Hausmann (2007) *The product space conditions the development of nations*. *Science*, 317(5837), 482–487.
- Neffke, F., M. Henning en R. Boschma (2011) *How do regions diversify over time? Industry relatedness and the development of new growth paths in regions*. *Economic Geography*, 87(3), 237–265.
- PBL (2013) *Green gains. In search of opportunities for the Dutch economy*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Tödtling, F. en M. Trippl (2005) *One size fits all? Towards a differentiated regional innovation policy approach*. *Research Policy*, 34(8), 1203–1219.
- WRR (2013) *Naar een lerende economie; investeren in het verdienvermogen van Nederland*. *WRR-rapport*, 90.