

Leren vereist investeren

Auteur(s):

Mulder, P.

Groot, H.L.F., de

Mulder is verbonden aan het Instituut voor Milieuvraagstukken (IVM) van de Vrije Universiteit. De Groot is verbonden aan de vakgroep Ruimtelijke Economie van de Vrije Universiteit. Voor nadere informatie over het boek: zie de webpagina <http://www.iea.org/public/studies/files/curves.htm>

Verschenen in:

ESB, 85e jaargang, nr. 4284, pagina 980, 1 december 2000

Rubriek:

Boekbespreking

Trefwoord(en):

innovatie

Leercurven vergroten het empirische inzicht in technologieontwikkeling. Ze vormen een nuttig hulpmiddel bij het vormgeven van een duurzaam technologiebeleid.

De ontwikkeling en diffusie van energiebesparende technologieën mag zich verheugen in een toenemende belangstelling van beleidsmakers en wetenschappers. In de beleidswereld wordt die belangstelling sterk gevoed door het Kyoto-protocol. De noodzaak voor ontwikkeling van nieuwe en diffusie van reeds bestaande technologieën om te komen tot stabilisatie van broeikasgassen wordt algemeen aanvaard. De wenselijkheid van en mogelijkheden voor beleid gericht op technologieontwikkeling staan echter, zoals op het gehele terrein van technologiebeleid, constant ter discussie. In de academische wereld is de belangstelling voor ontwikkeling en diffusie van technologieën gevoed door de opkomst van de endogene groeitheorie. Recent zijn de hierin opgedane inzichten toegepast op het terrein van energiebesparing en emissiereductie.

Een recente publicatie van Clas-Otto Wene haakt in op de geschetste ontwikkelingen door empirisch inzicht te geven in de ontwikkeling en diffusie van energiebesparende technologieën ¹. Op basis daarvan formuleert hij een reeks interessante beleidsconclusies. Centraal in het boek staat het fenomeen leercurven. In deze bijdrage zullen we trachten het belang en de bruikbaarheid van het concept van leercurven uiteen te zetten. Vervolgens zullen we de belangrijkste beleidsimplicaties van het werk van Clas-Otto Wene bespreken.

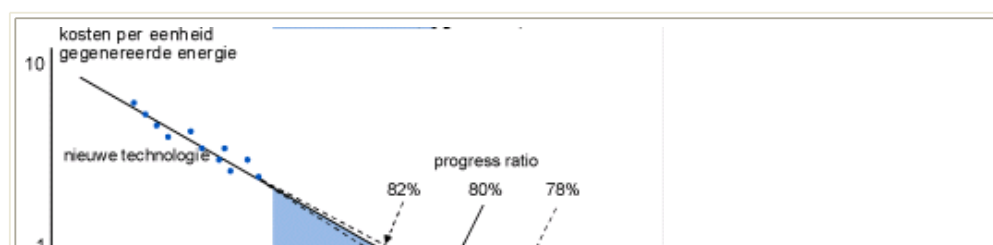
Leercurven

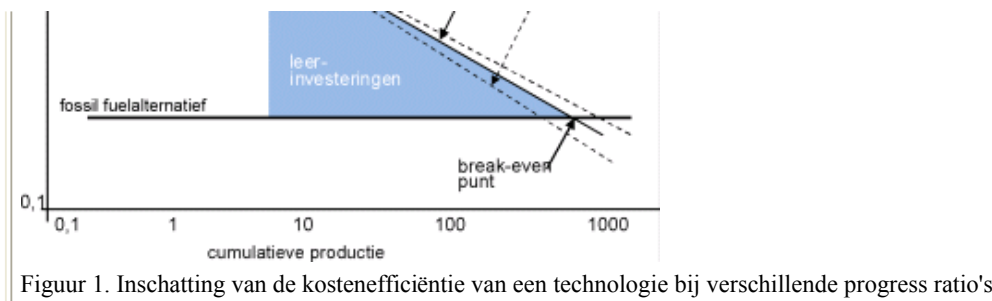
Een leer- of ervaringscurve geeft het verband weer tussen enerzijds de kosten of de prijs per eenheid geleverde dienst van een bepaalde technologie en anderzijds de cumulatieve productie die in het verleden is gemaakt met die technologie (of de gecumuleerde geïnstalleerde capaciteit van die technologie). Voorbeelden van technologieën in deze context zijn windturbines en zonnecellen. Uit veel empirisch materiaal blijkt dit verband meestal negatief te zijn. Met andere woorden, er is sprake van een afname van de kosten of prijs van een technologie (of verbeterd presteren) naarmate er meer gebruik van wordt gemaakt. De meest populaire verklarende hypothese voor dit verband is het bestaan van leereffecten: naarmate een technologie meer wordt toegepast, treden er leereffecten op ('learning-by-doing' en 'learning-by-using') waardoor zowel de technologie als de gebruikersefficiëntie verbetert.

Hoe sterker het negatieve verband tussen de kosten van de geleverde dienst en de cumulatieve productie of investeringen, des te hoger is de leersnelheid ('learning rate'). Een leercurve is daarmee een eenvoudig instrument om de prestatie van een technologie in de tijd in kaart te brengen. Deze prestatie wordt doorgaans uitgedrukt in een 'progress ratio'. Een progress ratio van tachtig procent geeft aan dat de prijs van een technologie met twintig procent afneemt bij elke verdubbeling van de cumulatieve productie of investeringen. Deze twintig procent wordt de leersnelheid genoemd.

Toepassing

Een belangrijke toepassing van leercurven ligt in het inschatten van de toekomstige kostenontwikkeling van nieuwe technologieën op basis van een extrapolatie van het eerste, empirisch gefundeerde deel van de leercurve. Bij het bestaan van een uit milieu-economische overwegingen superieure maar vooralsnog relatief dure techniek kan de te installeren cumulatieve capaciteit bepaald worden die nodig is om de duurzame technologie kostenefficiënt of concurrerend te laten zijn met een in gebruik zijnde niet-duurzame technologie. Deze redenatie is geïllustreerd in [figuur 1](#).





De figuur geeft weer dat er een kostenverschil per eenheid opgewekte energie is tussen de nieuwe technologie en een bestaande technologie die momenteel door de markt als het meest efficiënt wordt gezien (het 'fossil fuel alternatief' in de figuur). Dit prijsverschil neemt bij het bestaan van een leereffect af door penetratie van de nieuwe technologie. De gearceerde oppervlakte geeft dus een indicatie van de benodigde meerkosten ten opzichte van de bestaande technologie alvorens een nieuwe, energiebesparende technologie concurrerend is met een bestaande, energie-intensieve technologie. Het wordt daarom aangeduid als leerinvesteringen ('learning investments').

Hiermee raken we aan de belangrijkste boodschap van het bestaan van leercurven: leren vereist actie. Na innovatie en presentatie vindt de verdere ontwikkeling en rijping van een nieuwe technologie plaats in de markt. Dit laatste vereist dat er geïnvesteerd wordt in een nieuwe technologie: zonder investeren geen leren. De leercurve geeft hiermee tevens een conceptuele en empirische invulling aan het idee van afhankelijkheid: het verleden is belangrijk want daarin ligt de basis voor het leereffect. Dit betekent dat overstappen op een andere, concurrerende technologie in elk geval op korte termijn kostbaar is: de kennis die is opgedaan door het werken met een oude technologie gaat (deels) verloren en er moet boven aan een nieuwe leercurve begonnen worden.

Deze gedachte is niet nieuw en leercurven kennen, onder verschillende benamingen, ook al een lange geschiedenis in de literatuur. De meerwaarde van de studie van Wene is gelegen in zijn toepassing van het concept op energiebesparende technologieën, de omvang en kwaliteit van de door hem verzamelde data en de uitgewerkte implicaties hiervan voor technologiebeleid gericht op energiebesparing.

Uit het uitgebreide empirisch materiaal dat is te vinden in de studie van Wene blijkt op basis van de leercurven-benadering dat energie afkomstig van zonnecellen en biomassa nog lang niet kan concurreren met elektriciteit afkomstig van kolengestookte centrales, terwijl dit inmiddels wel het geval is voor elektriciteit afkomstig uit de beste windenergieparken. Zonnecellen, biomassa en 'gemiddelde' windenergie vereisen derhalve een verdere 'riding down the experience curve' voor ze de concurrentie met bestaande fossiele energieopwekking aan kunnen.

Black box

Leercurven geven inzicht in de dynamiek van technologische ontwikkeling en dus in iets wat in de economie lange tijd als black box is beschouwd: hoewel het economisch belang van technologische ontwikkeling werd onderkend, hielden economen zich lange tijd afzijdig van onderzoek naar de aard en processen van technologische ontwikkeling. Dat is nu anders, zoals ook blijkt uit de aandacht voor leereffecten. De leercurve lijkt hier echter op de pot die de ketel verwijt dat deze zwart ziet: leercurven geven empirisch inzicht in de dynamiek van technologische ontwikkeling maar ze geven weinig inzicht in de oorzaken of mechanismen die ten grondslag liggen aan de empirisch vastgestelde prijsdaling van technologieën. In zekere zin zijn ze dus ook een black box. Dit kan worden geïllustreerd met de in het boek beschreven studie naar de ontwikkeling van windturbines in Duitsland. Voor de periode 1990-1998 is een 'progress ratio' van 92 procent berekend, oftewel een leereffect van acht procent. Dit leereffect is tweemaal zo groot als voor Deense windturbines in dezelfde periode. Hiervoor bestaat een aantal verklaringen. In de eerste plaats is er een schaal-effect: in Duitsland is sprake van een ontwikkeling naar grotere eenheden, hetgeen lagere kosten met zich mee brengt. Een tweede mogelijke verklaring is het optreden van technologische 'spill-overs': Duitsland heeft ervaring geïmporteerd vanuit Denemarken. Ten derde kan er sprake zijn van relevante marktontwikkelingen zoals de toetreding van concurrenten. De verschillende mogelijke oorzaken van de prijsdaling kunnen in de praktijk moeilijk onderscheiden worden, terwijl een onderscheid vaak wel van belang is. In geval de prijsdaling geheel veroorzaakt wordt door schaal-effecten, zonder dat er sprake is van leereffecten, ontbreekt bijvoorbeeld het argument voor het verlenen van investeringssubsidies die bedoeld zijn om via het opbouwen van ervaring een prijsdaling van een gewenste technologie te bewerkstelligen.

Hoewel leercurven dus een goed inzicht geven in de ontwikkeling van de kosten of prestatie van een technologie over de tijd, wordt het verband tussen kosten en penetratie op een zeer geaggregeerde wijze gepresenteerd. Daarmee geven leercurven weinig inzicht in de leerprocessen zelf en negeren ze bijvoorbeeld het feit dat opgebouwde kennis of expertise ook weer verloren kan gaan.

Implicaties voor beleid

De belangrijkste les voor beleidsmakers bestaat uit een belofte en een eis. De belofte is dat de kosten voor het implementeren van 'Kyoto-maatregelen' dankzij het optreden van leereffecten op termijn significant lager kunnen uitvallen dan in veel economische modellen is berekend (zoals geïllustreerd in het boek van Wene). De eis is dat daartoe aanzienlijke leerinvesteringen worden gedaan.

Een tweede belangrijke les betreft de vormgeving van overheidssteun voor de ontwikkeling en diffusie van energiebesparende technologieën. De verschillende fasen van technologische ontwikkeling vragen om verschillende beleidsmaatregelen. Voor de eerste fase (innovatie) gaat het vooral om subsidies voor onderzoek en ontwikkeling. Tijdens de tweede fase (presentatie) zijn demonstratiesubsidies en -projecten van cruciaal belang terwijl voor de derde fase (diffusie) tijdelijke investeringssubsidies de meest geschikte vorm zijn. Laatstgenoemde subsidies zijn bedoeld om het initiële prijsverschil, dat een belemmering vormt voor adoptie, weg te nemen en zijn dus nodig tot het leereffect de technologie op het prijsniveau heeft gebracht waarop ze concurrerend is met de gevestigde technologie of totdat het leereffect is uitgewerkt.

Een derde les is dat leercurven een raamwerk bieden voor het formuleren en evalueren van een kosteneffectief subsidieprogramma. Een

belangrijke indicator is de verhouding tussen de totale investeringen in het leerproces en de door de overheid verstrekte subsidies ter ondersteuning van dit leerproces. Indien deze ratio kleiner is dan 1, subsidieert de overheid investeringen die de marktpartijen hoe dan ook hadden gedaan. Wene laat aan de hand van het stimuleringsprogramma voor de ontwikkeling van de windturbine-technologie in Duitsland zien dat de leercurve een belangrijk beleidsondersteunend instrument is voor het verzamelen en wegen van informatie die nodig is voor het vaststellen en bijstellen van de duur en de omvang van subsidies. Overigens kan een beleidsmaker vanwege de onzekerheden die inherent zijn aan een ex ante beoordeling nooit blind varen op een leercurve.

Een laatste les die we hier noemen benadrukt het belang van nichemarkten. Een nichemarkt is een klein marktsegment met specifieke kenmerken waarin een product of technologie een nieuwe - op die specifieke kenmerken toegespitste - toepassing krijgt. Nichemarkten kunnen ook gecreëerd worden om te gebruiken als springplank naar een dominante markt. In het boek van Wene wordt het voorbeeld gegeven van zonnecollectoren in Japan. Uit een in 1993 gestart programma voor de stimulering van zonnecollectoren voor huishoudens blijkt dat er enorme leerinvesteringen nodig zijn (meer dan honderd gigawatt) bij een leersnelheid van ongeveer dertig procent, voordat deze technologie kan concurreren met fossiele technologieën. Echter, de zonnecollectoren kunnen ook in eerste instantie toegepast worden in afgelegen gebieden en in Japanse stedelijke gebieden. Deze gebieden kunnen als nichemarkten gezien worden vanwege hun specifieke omstandigheden: er zijn omvangrijke investeringen in respectievelijk conventionele energiedistributie- en productiecapaciteit nodig om afgelegen gebieden van energie te voorzien en om in de sterk verstedelijkte gebieden in piekuren aan de energievraag te kunnen voldoen. De toepassing van zonnecollectoren in deze marktsegmenten neemt de noodzaak weg van die omvangrijke conventionele investeringen. Door toepassing en ontwikkeling van zonnecollectoren in deze nichemarkten wordt verwacht dat zelfs bij een lagere 'learning rate' van twintig procent slechts de helft van de 'learning-investments' (vijftig gigawatt) nodig is voor het bereiken van het break-even punt in die markten. Het break-even punt ligt dichterbij dan in de dominante markten vanwege de hoge kosten van conventionele energiedistributie en -productie in de nichemarkten. Nichemarkten kunnen dus als volgt fungeren: de leereffecten verkregen met de toepassing van de technologie in nichemarkten zetten een prijsdaling in die op langere termijn ten goede kan komen aan toepassing in de dominante markten. Tevens kunnen niche-markten helpen om een 'lock-in' in één specifieke dan wel traditionele technologie te voorkomen. Toepassing van nieuwe, energiebesparende technologieën in kleinere marktsegmenten kan voorkomen dat een gevestigde, energie-intensieve technologie via leer- en schaafeffecten zo dominant wordt dat de economie 'opgesloten' raakt in die technologie. Hoewel 'lock-in' op zich zelf geen rechtvaardiging voor beleid of interventie is (een 'lock-in' kan immers efficiënt zijn door een concentratie van het leereffect), brengt een 'lock-out' vaak erg hoge kosten met zich mee. Indien een 'lock-out' gewenst is vanwege het bestaan van externaliteiten, zoals CO₂-emissies bij het gebruik van energie-intensieve technologieën, is er reden voor actief beleid. In dat geval kunnen niche-markten van dienst zijn bij het 'in leven houden' van alternatieve technologieën.

Conclusies

De belangrijkste waarde van leercurven is dat ze empirisch inzicht verschaffen in technologische ontwikkeling. Het concept van de leercurve en de verkregen empirische wetmatigheden betekenen een verrijking van modelexperimenten en bieden handvaten voor technologiebeleid. De belangrijkste tekortkoming van leercurven is het beperkte inzicht dat ze geven in de oorzaken van geconstateerde kostenontwikkeling van technologieën. Empirisch onderzoek waarin een onderscheid gemaakt wordt tussen kostenreducties die worden gerealiseerd dankzij marktontwikkelingen, onderzoek en ontwikkeling, en verbeteringen van respectievelijk het productieproces, de techniek zelf en de input, zou een belangrijke aanvulling betekenen. Een andere zwakte betreft problemen bij het schatten van leercurven voor technologieën die zijn verweven met een complex productieproces of zijn opgebouwd uit meerdere componenten: leercurven vragen om goed definieerbare technologieën. Daar beantwoordt de praktijk niet altijd aan. Desalniettemin benadrukt het overtuigende empirische materiaal uit deze studie het bestaan van significante leereffecten tijdens de marktphase van energiebesparende technologieën. De studie onderstreept dat naast innovatie ook diffusie een belangrijke rol speelt bij technologische ontwikkeling en dat er een duidelijke rol is weggelegd voor technologiebeleid bij het vormgeven van een duurzame samenleving.

1 oecd/iea (opgesteld door C.-A. Wene), *Experience curves for energy, technology policy*, oeso/iea, Parijs, 2000,