



Centraal Planbureau

CPB Notitie | 7 april 2016

Groene groei en welvaart: een conceptueel denkkader



CPB Notitie

Aan: Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Centraal Planbureau

Van Stolkweg 14
Postbus 80510
2508 GM Den Haag

T (070) 3386 104
I www.cpb.nl

Contactpersonen

Rob Aalbers, Thomas van der Pol,
Gerbert Romijn

Datum: 7 april 2016

Betreft: Groene groei en welvaart: een conceptueel denkkader

Samenvatting

Bestaat er synergie tussen verduurzaming en economische groei? Laten we economische groei liggen door te snel of te langzaam te verduurzamen? Hoe verhouden verduurzaming, economische groei en het vergroten van de maatschappelijke welvaart zich tot elkaar? En wat zijn de lessen voor milieubeleid?

Om hierover helderheid te verschaffen, bespreekt deze notitie de relatie tussen verduurzaming, economische groei en maatschappelijke welvaart met een conceptueel denkkader. De focus ligt daarbij op kostprijsontwikkelingen van individuele technieken.

Geconcludeerd wordt dat voor het vormgeven van economisch efficiënt milieubeleid, *groene welvaart* een beter uitgangspunt is dan *groene groei*. Ook wordt geconcludeerd dat veel milieubeleid een remmende werking heeft op de groei van de economie op de korte termijn. Wel zijn er enkele uitzonderingen, waarbij synergiën tussen verduurzaming en economische groei mogelijk zijn.

1 Inleiding

Sinds de introductie van de term 'groene groei' in 2005 wordt deze veelvuldig gebruikt in het maatschappelijke en academische debat over verduurzaming van economieën wereldwijd. Ook gezaghebbende organisaties, zoals de Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling, de Wereld Bank en het Verenigde Naties Milieu Programma, publiceren uitgebreid over het onderwerp van groene groei (OECD, 2011; OECD, 2015; UNEP, 2011; World Bank, 2012). Zij hebben zich verenigd in het Green Growth Knowledge Platform met het doel kennisgaten te dichten en samenwerking te bevorderen om de transitie naar een groene economie te ondersteunen.

Verduurzaming is nodig om de negatieve neveneffecten van productie en consumptie te beperken. Huidige en toekomstige generaties ondervinden de effecten van klimaatsverandering, natuurlijk kapitaal neemt af en fragiele ecosystemen staan onder druk. Het resultaat zijn zorgen over bijvoorbeeld overstromingsrisico's, vervuiling, afnemende visstanden, verlies van biodiversiteit en veranderingen in de beschikbaarheid van niet-hernieuwbare en moeilijk substitueerbare natuurlijke hulpbronnen op de lange termijn.

Verduurzaming en economische groei staan echter vaak op gespannen voet (Stolwijk, 2011). De vraag is of er synergiën bestaan tussen verduurzaming en economische groei (Toman, 2012; Ambec et al., 2013). De vraag is verder of economische groei wel het juiste criterium is om milieubeleid te evalueren. Milieuschade komt niet tot uitdrukking in het bbp, maar komt wel tot uitdrukking in de maatschappelijke welvaart zoals dat wordt gebruikt voor maatschappelijke kosten-batenanalyses (Romijn en Renes, 2013).

Deze notitie bespreekt de relatie tussen verduurzaming, economische groei (verandering van het bbp) en welvaart. Daartoe gebruiken we een eenvoudig conceptueel denkkader dat kostprijsontwikkelingen op techniekniveau beschrijft. Deze worden wel leer- of ervaringscurves genoemd in de literatuur. Leercurves beschrijven de dalende productiekosten per eenheid van een techniek over de tijd, gedreven door de toename van de omvang van productie met die techniek en andere factoren (Junginger et al., 2005; Nemet, 2006; Van den Broek et al., 2009).

Met het conceptueel denkkader wordt geschetst wat het introduceren, bevorderen of beprijzen van individuele technieken concreet kan betekenen in termen van de omvang en groei van de economie op de korte en lange termijn. Deze effecten worden vervolgens afgezet tegen veranderingen van de maatschappelijke welvaart over de tijd.

Leeswijzer:

Hoofdstuk 2 introduceert het conceptuele raamwerk dat in de rest van de notitie wordt gebruikt. Het raamwerk baant de weg voor de analyse van verduurzaming, economische groei en veranderingen van de welvaart in hoofdstuk 3. Er wordt geïllustreerd waarom een focus op milieubeleid dat tot doel heeft om negatieve externe effecten te beteugelen en tegelijkertijd beoogt de economische groei te bevorderen, verkeerd kan uitpakken voor de welvaart. Tot slot wordt in hoofdstuk 4 nader ingegaan op milieubeleidsinstrumenten die al dan niet tot synergiën tussen verduurzaming en economische groei kunnen leiden.

2 Gerichte technologische verandering

Technologische vooruitgang is cruciaal voor economische groei en vergroening, omdat technologische verandering zowel de kostprijs van producten kan verlagen als de bijbehorende negatieve externe effecten, zoals vervuiling. Het gericht sturen van technologische verandering ligt dan ook voor de hand. Dit heeft echter gevolgen voor de groei van de economie en de maatschappelijke welvaart op korte en lange termijn.

De analyse die volgt begint met de illustratie van economische groei door technologische vooruitgang en het gericht sturen op deze veranderingen. Dit baant de weg voor de analyse van de negatieve externe effecten van gevestigde productietechnologie en vergroening in hoofdstuk 3.

2.1 Ongestuurde technologische verandering

In deze paragraaf ontwikkelen we de basis van het conceptuele denkkader voor het eenvoudige geval van *ongestuurde technologische verandering*. Hiermee bedoelen we technologische verandering die optreedt zonder dat de overheid ingrijpt en die ook niet gestimuleerd of versneld kan worden door de overheid. Dit betekent dat de overheid het proces van kennisspillovers¹ niet of nauwelijks kan bijsturen met gerichte beleidsmaatregelen. In vroege macro-economische modellen wordt dit type technologische vooruitgang beschreven als ‘manna from heaven’; het gebeurt vanzelf en de snelheid waarmee is een gegeven (Solow, 1956; p. 85; Audretsch, 2007).

De conceptuele analyse die volgt verklaart economische groei (dat wil zeggen de volumegroei van het bbp) vanuit de productiekosten per eenheid van individuele technieken. De analyse is een conceptuele vereenvoudiging van de werkelijkheid en abstraheert bijvoorbeeld van vraag-aanboddynamic en geleidelijke schaalvergroting. Het kader is desalniettemin geschikt om de belangrijkste

¹ Technologische ontwikkeling bouwt steeds voort op bestaande kennis. Als de kennis uit de verbetering van een techniek wordt gebruikt voor het verbeteren van een andere techniek is dat een ‘kennisspillover’.

mechanismen te illustreren van zowel de ontwikkeling van productiekosten op de bedrijfseconomische haalbaarheid van nieuwe technieken, als de relatie met de omvang van de economie, economische groei en maatschappelijke welvaart. De veronderstellingen over toekomstige ontwikkelingen van de kosten per eenheid product hebben doorgaans een belangrijke plaats in haalbaarheidsanalyses, bijvoorbeeld om tot projecties van de toekomstige energiemix te komen (Blanford et al., 2015, p. 11).

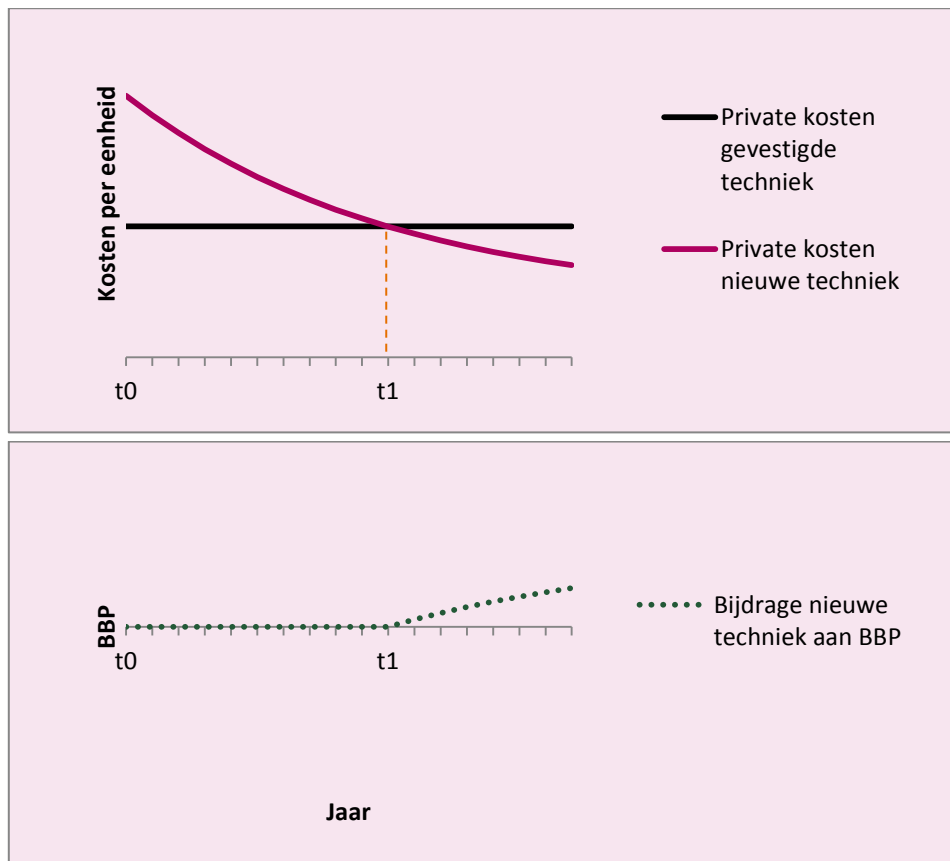
Figuur 2.1 illustreert ongestuurde technologische verandering aan de hand van de ontwikkeling van de productiekosten per eenheid voor twee technieken over de tijd. Een van deze technieken is een gevestigde, uitontwikkelde techniek. De kosten van productie met deze techniek veranderen niet meer over de tijd. Voor de andere nieuwe techniek geldt bij ongestuurde technologische verandering dat de productiekosten dalen over de tijd zonder dat overheidsbeleid daar gericht invloed op heeft of kan hebben.

De kosten van productie met nieuwe technieken dalen met name als deze in het begin van de technologische levenscyclus zitten: de zogenaamde introductie- en groeifases. De productkosten per eenheid dalen in deze fases met de tijd als gevolg van verdere technologische verfijning en schaalvergroting. De daling komt onder andere doordat bedrijven kosten-batenafwegingen maken van onderzoek, ontwikkeling en pilotprojecten. Kosten-batenafwegingen op bedrijfsniveau voor kennisproductie zijn een belangrijk onderdeel van ongestuurde technologische vooruitgang (zie Acs en Audretsch, 2003).

In figuur 2.1 wordt de nieuwe techniek vanzelf bedrijfseconomisch rendabel vanaf jaar t_1 . Als we aannemen dat er maar twee technieken zijn waarmee het betreffende product kan worden voortgebracht, zal de productie door marktwerking uiteindelijk volledig verschuiven naar de nieuwe techniek. Productie met de nieuwe techniek is vanaf t_1 immers goedkoper. De productieverhuizing die optreedt, levert vanaf dan een positieve bijdrage aan de omvang en de groei van de economie ten opzichte van een voortgezette productie met de gevestigde technologie. De bijdrage van de omschakeling aan het bbp is *schematisch* weergegeven in de figuur. Met de nieuwe techniek kan vanaf het omslagpunt dezelfde hoeveelheid output worden geproduceerd met minder arbeid en/ of kapitaal dan met de gevestigde techniek. Dit resulteert in een lagere kostprijs en meer vraag naar en aanbod van dit en andere producten.²

² Het denkkader geeft geen aanduiding over wanneer omslagpunten zich voordoen. Dat kan decennia ver in de toekomst zijn, maar ook kortere termijnen zijn natuurlijk mogelijk. De tijdshorizon van technologiecycli en kostprijsontwikkelingen verschilt van techniek tot techniek en kan variëren van enkele jaren tot eeuwen. Wanneer het over effecten op de korte en lange termijn gaat, kunnen er dus grote verschillen zijn in de tijdschaal van technologische ontwikkeling.

Figuur 2.1 Ongestuurde technologische verandering.



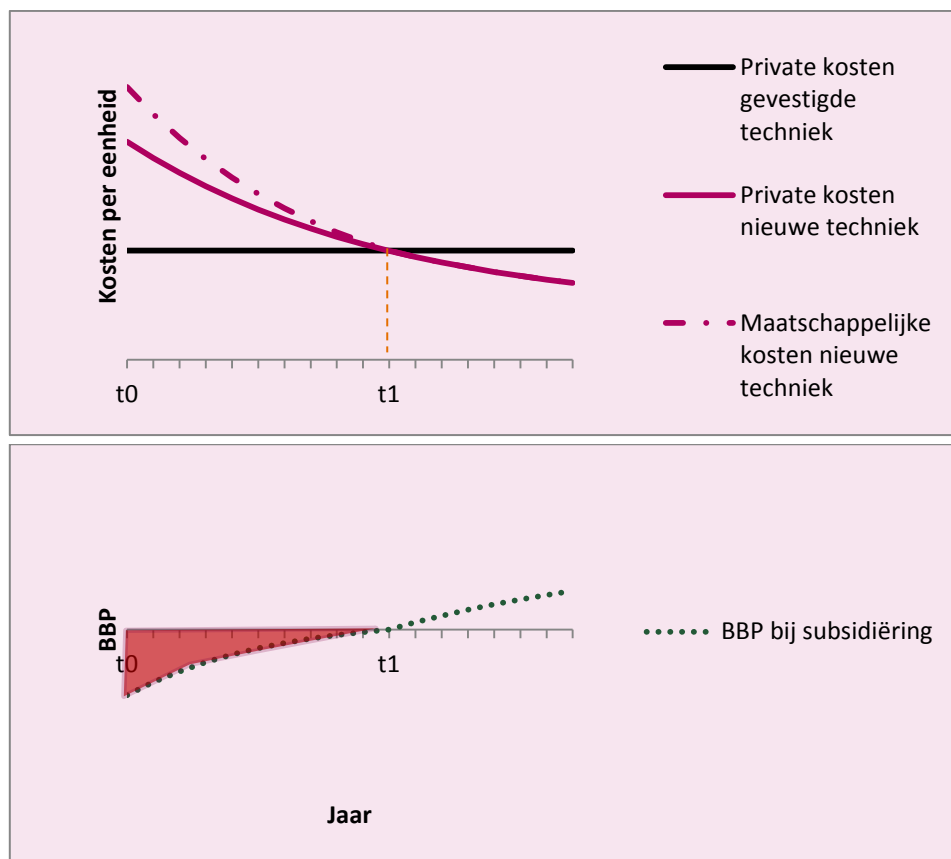
Subsidies en ongestuurde technologische verandering

Figuur 2.2 laat zien wat het betekent als gericht overheidsbeleid, bijvoorbeeld in de vorm van subsidies, geen effect heeft op de kostprijsontwikkeling van een techniek. Het is dan weliswaar mogelijk om bijvoorbeeld R&D- of *deployments*subsidies voor een nieuwe techniek te verstrekken tot het omslagpunt, maar dit zal niet het gewenste effect sorteren. Het omslagpunt blijft immers per definitie ongewijzigd bij ongestuurde technologische vooruitgang. Er zijn nu echter wel maatschappelijke kosten, namelijk de kosten van de verstoring die optreedt door de subsidies. Deze worden *schematisch* weergegeven als een (gemiddelde) opslag op de productkosten per eenheid.

De kosten die voortvloeien uit subsidiëring zorgen ervoor dat gedurende de looptijd van de subsidieregeling het bbp-niveau lager is dan zonder subsidies. Als de subsidies in de loop van de tijd kleiner worden, dan neemt ook de economische schade ervan af. Dit resulteert in dit voorbeeld weliswaar in economische groei tussen het jaar t_0 en t_1 , maar de omvang van de economie blijft kleiner dan zonder de subsidies tot het

omslagpunt.³ Vanaf het omslagpunt t_1 is de subsidie weg en is er geen verschil met de situatie zonder subsidie.

Figuur 2.2 De gevolgen van ineffectief beleid.



Verbieden van oude technologie

Hoewel de aard van de technologische verandering (ongestuurd) betekent dat overheidsbeleid ineffectief is in het beïnvloeden van de kosten van de nieuwe techniek, kunnen beleidsmaatregelen wel degelijk effectief zijn in het afdwingen van vervroegde private investering in een nieuwe techniek door bijvoorbeeld een oude techniek te verbieden.

Stel dat de overheid de gevestigde techniek uit bovenstaande figuur per direct verbiedt. Als de nieuwe techniek het enige alternatief is, dan zal het betreffende product vanaf nu uitsluitend met deze nieuwe techniek worden geproduceerd. De nieuwe techniek is echter minder productief dan de oude: er is bijvoorbeeld meer arbeid en kapitaal nodig om dezelfde hoeveelheid output te produceren dan met de oude techniek. Hierdoor is de kostprijs van het product met de nieuwe techniek hoger dan wanneer deze wordt geproduceerd met de gevestigde techniek. Bij een

³ In de figuur is dit negatieve verschil tussen de situatie met beleid en de situatie zonder beleid aangegeven als een rood oppervlak. Als sprake is van een positief verschil, geven we dit aan met een groen oppervlak. Dit doen we zowel voor bbp als voor brede welvaart.

hogere prijs zal er meestal minder vraag zijn naar het product en zal er dus ook minder worden geproduceerd.

Dit vertaalt zich in een lager bbp. Productiefactoren zijn immers vanaf het moment van het verbod als geheel minder productief. Vanaf het verbod tot het omslagpunt zijn economie en welvaart kleiner dan als de oude technologie nog wel zou worden gebruikt.⁴ In de periode vanaf het verbod tot aan het omslagpunt kan echter wederom wel sprake van een hogere economische groei. Het verschuiven van productie naar een niet-competitieve techniek die nog in ontwikkeling is, leidt tot een *initiële* daling van de omvang van de economie, maar kan worden gevolgd door een periode van hogere economische groei. Door het verbod is de welvaart lager tot aan het omslagpunt in t_1 .

In dit voorbeeld met hoofdzakelijk *exogene* technologische ontwikkeling bij een goed functionerende markt is de beleidsopgave daarom simpel: wachten tot de nieuwe techniek goedkoop genoeg is geworden. De markt zal goedkopere technieken doorgaans vanzelf overnemen zonder dat daar beleid voor nodig is. De nieuwe technologie levert een bijdrage aan economische groei als '*manna from heaven*' vanaf t_1 .

2.2 Versnelling van technologische vooruitgang

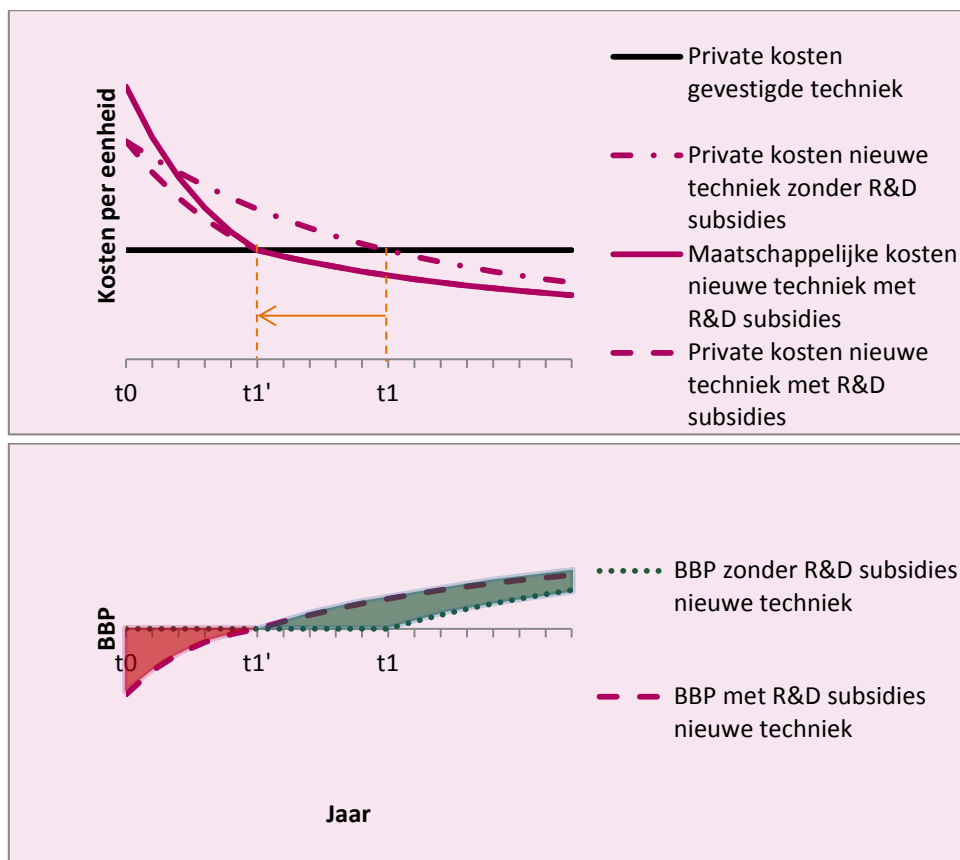
De weergave van technologische vooruitgang als een gegeven exogene ontwikkeling is in veel gevallen niet realistisch. R&D-subsidies geven bijvoorbeeld prikkels voor innovatie, wanneer deze gericht zogenaamde 'kennis-externaliteiten' doorbreken (Carraro et al., 2011). Door kennis-externaliteiten komen de baten van onderzoek en ontwikkeling niet (geheel) bij investeerders terecht en investeren zij te weinig vanuit maatschappelijk oogpunt.

Door innovatie te stimuleren kan de overheid technologische ontwikkeling van een nieuwe techniek versnellen (Aalbers et al., 2012).⁵ Daardoor kan bijvoorbeeld een snellere kostprijzdaling van de techniek teweeg worden gebracht dan zonder maatregelen. Er is in dergelijke gevallen sprake van gestuurde technologische vooruitgang. Figuur 3 illustreert deze situatie.

⁴ Omdat er hier verder geen sprake is van externe effecten, gelden conclusies voor het bbp ook voor de maatschappelijke welvaart. In hoofdstuk 3 introduceren we externe effecten en gaan de gevolgen van beleid voor bbp en welvaart uit elkaar lopen.

⁵ Straathof et al. (2016) gaan in op innovatiestrategieën.

Figuur 2.3 Gesteurde technologische verandering.



In figuur 2.3 dalen de productiekosten van de nieuwe techniek met R&D-subsidies sneller dan zonder deze subsidies. Subsidies hebben in de figuur effect op de snelheid van innovaties die de ontwikkeling van de nieuwe techniek bevorderen. De subsidie is echter wel kostbaar en heeft daarmee een negatief effect op de omvang van de economie op de middellange termijn. Daar staat tegenover dat de nieuwe techniek sneller competitief wordt. Hierdoor wordt de periode van extra economische groei naar voren gehaald en daarmee ook eventuele langdurige effecten op de totale factorproductiviteit: denk daarbij bijvoorbeeld aan ontwikkelingen rond elektromotoren, energieopslag en IT-oplossingen met brede toepassingsmogelijkheden.⁶

In het voorbeeld is de nieuwe techniek door de subsidie al competitief in jaar t_1' in plaats van in jaar t_1 . Vanaf dat jaar is de economie groter dan in het nul-alternatief: de situatie zonder R&D-subsidies. Deze periode wordt vooraf gegaan door een remmende werking van het beleid op de omvang van de economie in de periode t_0-t_1' door de directe kosten en evenwichtseffecten van het beleid. Er is dus niet alleen sprake van een uitruil van welvaart over de tijd, die soms tussen generaties loopt. Er

⁶ Langdurige effecten treden vooral op bij zogenoemde *general purpose* technologieën, die sector-overschrijdende toepassingsmogelijkheden hebben (Crafts, 2004).

kunnen ook netto positieve welvaartseffecten zijn, wanneer de contante waarde van de baten groter zijn dan de kosten die voortvloeien uit het beleid.

Tot slot illustreert figuur 2.3 dat de kostprijzdaling van een nieuwe techniek op de lange termijn naar nul gaat, ongeacht of er nu gericht beleid op wordt gevoerd of niet. Elke individuele techniek is na verloop van tijd immers uitontwikkeld en levert dan geen bijdrage meer aan de groei van de economie.

3 Vergroening, economische groei en welvaart

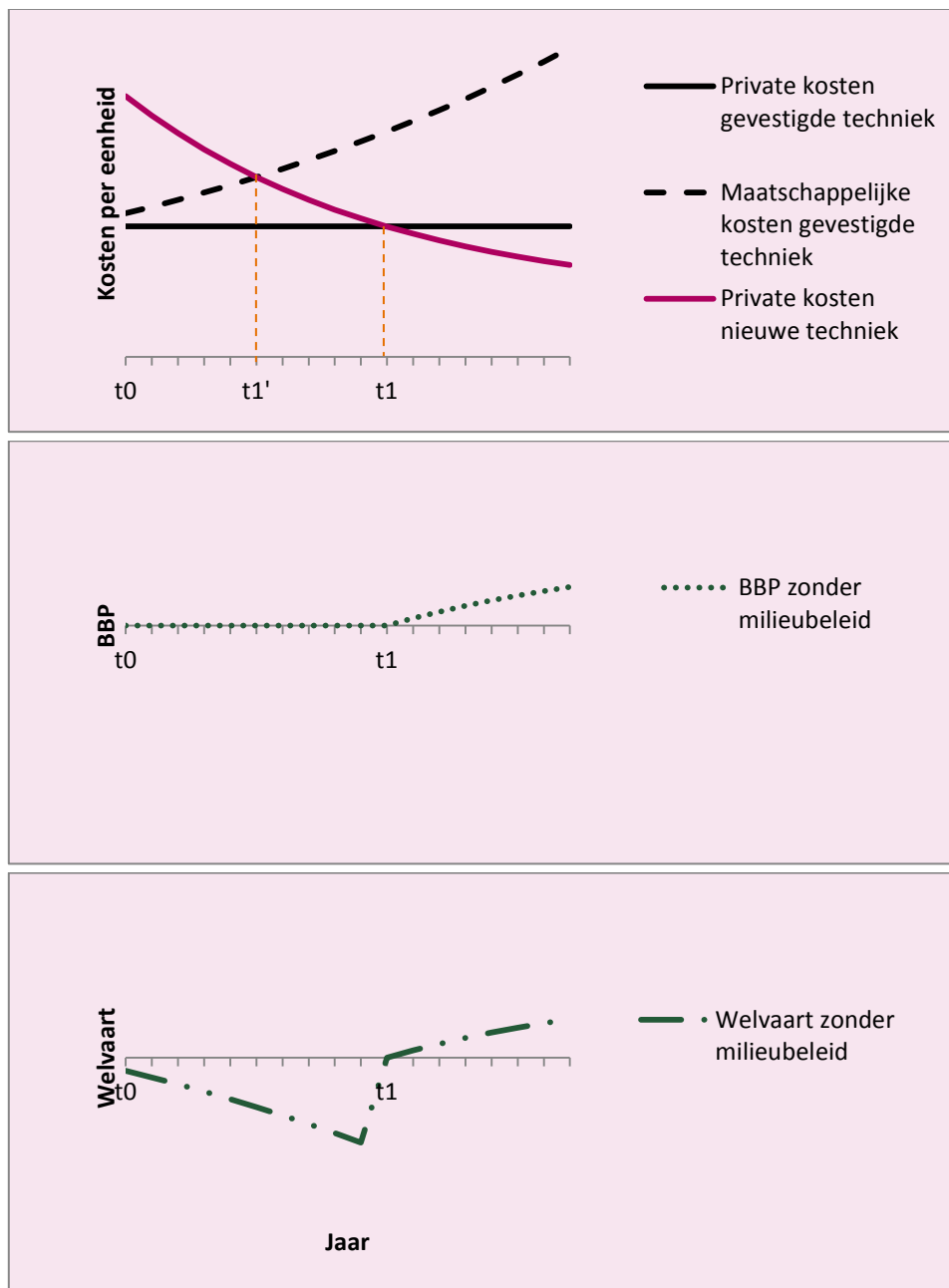
In hoofdstuk 2 hebben we alleen gekeken naar de mechanismen voor technologische vooruitgang. Daarbij was een 'bestaande technologie' referentiepunt. In dit hoofdstuk gaan we uit van een vervuilende, gevestigde technologie en een nieuwe, alternatieve technologie die (relatief) duurzaam is. Duurzaamheid komt bijvoorbeeld tot uitdrukking in een lagere impact op natuurlijk kapitaal, of een vermindering van milieuschade. Dit onderscheid tussen minder en meer duurzame technologie vormt de basis voor de bespreking van de relatie tussen vergroening, de omvang en groei van de economie en maatschappelijke welvaart.

De meeste voorbeelden die volgen zijn voorbeelden van groenere groei *op de lange termijn*. De gedachte is dat vergroening een specifieke vorm van technologische verandering is en dat technologische vooruitgang in zijn algemeenheid, ongeacht of deze groen is of niet, een determinant is van economische groei. Daarnaast kan het verminderen van externe milieueffecten op termijn indirect bijdragen aan de omvang van de economie door de vermindering van economische schade.

3.1 Externe milieuschade van productie

Als een bepaalde productietechnologie gepaard gaat met milieuschade (schade voor de omgeving in brede zin) en als deze schade niet tot uitdrukking komt in de prijs van het product, dan is sprake van zogenaamde negatieve externe (milieu)effecten van productie. De maatschappelijke kosten van productie zijn dan groter dan de private kosten. Wanneer milieueffecten niet worden ingeprijsd, kan een situatie ontstaan waarbij meer wordt geproduceerd dan vanuit het oogpunt van maatschappelijke welvaart wenselijk is.

Figuur 3.1 Toenemende maatschappelijke schade bij productie met gevestigde technologie.



In figuur 3.1 voegen we de negatieve externe kosten van productie toe aan de private productiekosten bij productie met de gevestigde (vervuilende) techniek. Samen vormen ze de maatschappelijke kosten van productie met de gevestigde techniek. In het voorbeeld nemen de negatieve externe effecten van een extra eenheid productie met de vervuilende technologie toe naarmate er langer met de vervuilende technologie wordt geproduceerd. Dit is het geval bij *'stock pollutants'*, zoals broeikasgassen: deze accumuleren over de tijd. Naarmate de concentratie van CO₂ in de atmosfeer groter is, is de schade van de uitstoot van een extra ton CO₂ ook groter.

De toenemende concentraties van CO₂ worden geassocieerd met toenemende verwachte schade van overstromingen en het vaker voorkomen van extreme weercondities (IPCC, 2014).⁷

In de figuur blijft de gevestigde techniek bedrijfseconomisch rendabel tot het jaar t_1 . Net zoals eerder is de gevestigde techniek uitontwikkeld en blijft het bbp tot die tijd daarom ongewijzigd (de rest van de economie daargelaten). De externe productie-effecten komen dus in principe *niet* tot uitdrukking in het bbp. Indirecte effecten van milieuschade op het bbp blijven in deze simpele conceptuele analyse buiten beschouwing.

In het onderste deel van figuur 3.1 is de jaarlijkse stroom maatschappelijke welvaart getekend. Door de toenemende externe effecten van productie neemt deze maatschappelijke welvaart af zolang met de gevestigde techniek wordt geproduceerd. Na het omslagpunt vindt de productie plaats zonder externe milieueffecten. In figuur 3.1 stijgt de maatschappelijke welvaart hierdoor sprongsgewijs. Daarna neemt de welvaart verder toe door verdere verbetering van de nieuwe techniek, net zoals het bbp.

Merk ook op dat zonder milieubeleid de overstap op de nieuwe techniek weliswaar plaatsvindt, maar dat deze vanuit maatschappelijk oogpunt niet optimaal wordt getimed. Vanaf t'_1 is het in dit voorbeeld maatschappelijk rendabel om over te stappen op de nieuwe technologie. In de periode tussen t'_1 en t_1 weegt de vermindering van de milieuschade welvaart-economisch op tegen een eventueel verlies van productie en consumptie.

Wat als de nieuwe techniek nooit concurrerend wordt?

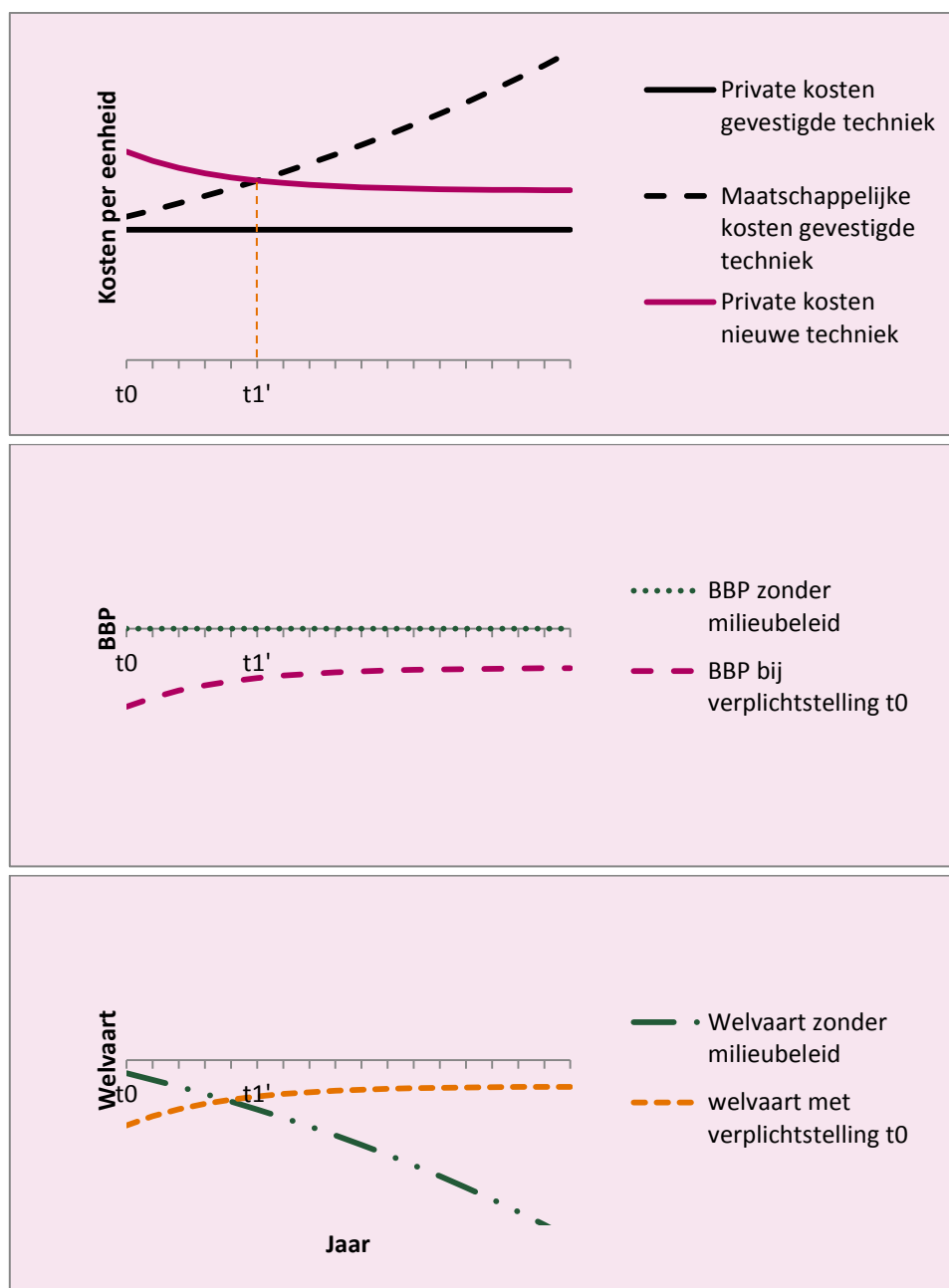
In tegenstelling tot figuur 3.1 blijven in figuur 3.2 de private kosten van de nieuwe groene techniek hoger dan die van de gevestigde vervuulende techniek. Daardoor stapt de economie nooit vanzelf over op de nieuwe techniek. Het zou bijvoorbeeld kunnen dat een kilowattuur geproduceerd met kolen in 2100 nog steeds goedkoper is dan een kilowattuur geproduceerd met een volledig uitontwikkelde windmolen. De toenemende maatschappelijke schade maakt het desalniettemin welvaart-economisch inefficiënt om de fossiele voorraden te blijven gebruiken totdat deze volledig zijn uitgeput.

Economische groei en de ontwikkeling van de maatschappelijke welvaart lopen ook in dit voorbeeld niet synchroon. Als de productie met de gevestigde techniek blijft plaatsvinden, blijft het bbp voor de casus zonder milieubeleid ongewijzigd. De

⁷ Bijgaart, Gerlagh en Liski (2016) concluderen overigens dat de marginale schade van een extra ton CO₂ vrijwel constant is voor een relevante range van CO₂-concentraties. Een constante marginale schade betekent dat de lijn die de maatschappelijke kosten van de gevestigde techniek weergeeft in het bovenste deel van figuur 3.1, niet stijgend maar horizontaal verloopt.

maatschappelijke welvaart neemt daarentegen zonder milieubeleid af, omdat de externe milieuschade toeneemt.

Figuur 3.2 Maatschappelijk rendabele vergroening die niet vanzelf optreedt.



Figuur 3.2 laat ook zien dat bij een onmiddellijke, verplichte overstap op de nieuwe groene technologie er sprake is van een initieel verlies van welvaart, zowel in enge zin (bbp) als brede zin (maatschappelijke welvaart, inclusief externe milieueffecten) dan zonder milieubeleid. Er zijn op t_0 nog weinig externe milieueffecten en het negatieve bbp-effect is bovendien groter dan bij een latere overstap. Het bbp en de welvaart groeien wel na het initiële verlies, maar vanuit een laag niveau.

Verder treedt er altijd een blijvend negatief productiviteitseffect op, ongeacht het moment van overstap. Daardoor blijft het bbp altijd lager dan zonder de overstap en ook lager dan in t_0 . Bij een onmiddellijke overstap op de schone technologie is initieel ook sprake van welvaartsverlies. Vanaf jaar t'_1 is de welvaart met de schone technologie groter dan de welvaart met de vervuilende technologie. Vanuit het oogpunt van maatschappelijke welvaart is overstappen op de schone technologie in jaar t'_1 optimaal. Ook de welvaart komt niet meer terug op het oude niveau van t_0 : productie zonder externe milieueffecten kan het productiviteitsverlies niet compenseren.

3.2 Overheidsbeleid, groene groei en welvaart

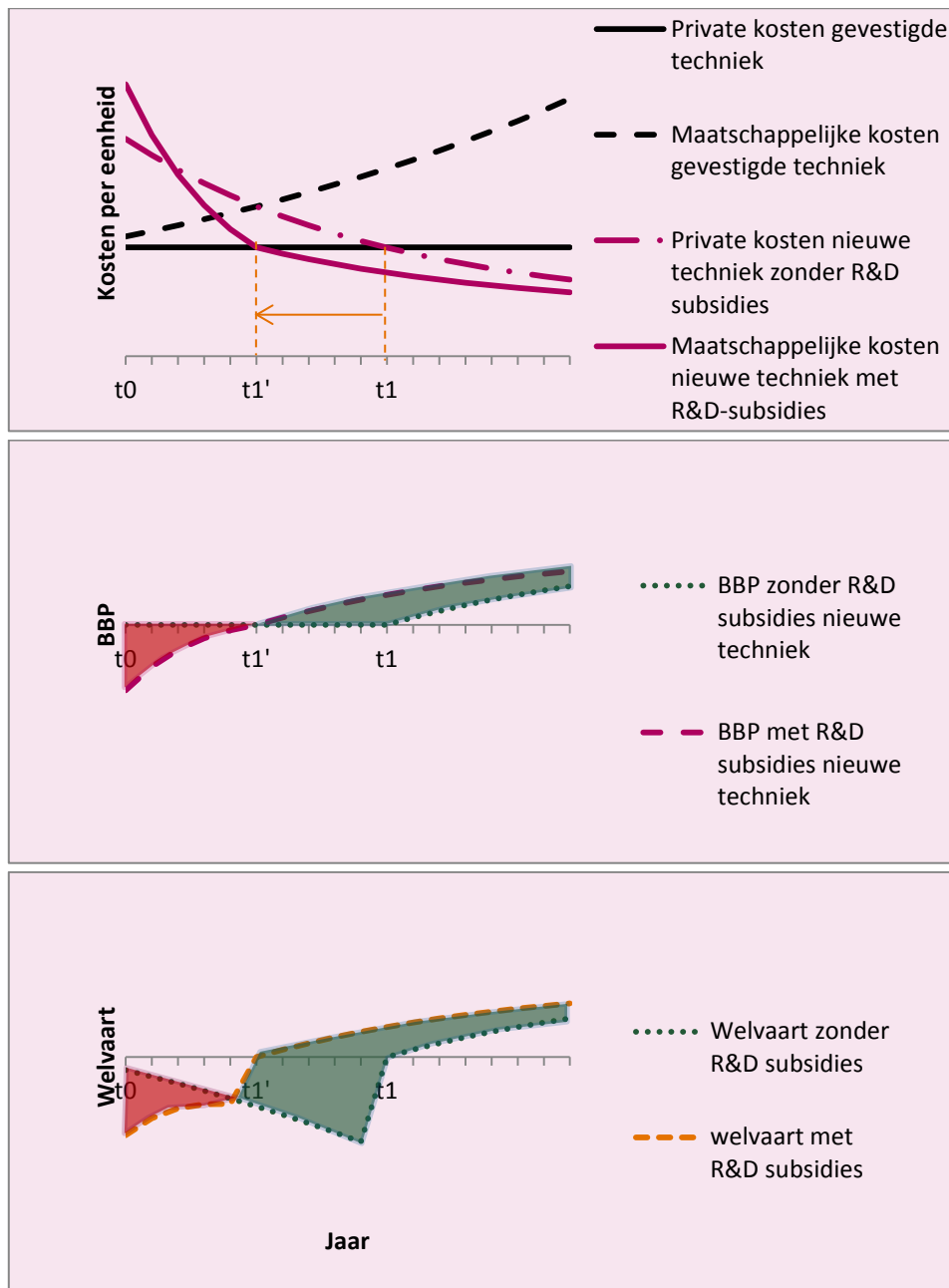
In deze paragraaf combineren we de inzichten over gestuurde technologische verandering uit hoofdstuk 2 met de inzichten over de rol van externe effecten uit paragraaf 3.1 en gaan we na hoe een overheidsinterventie om de duurzame technologie te bevorderen de omvang van de economie en welvaart beïnvloedt.

Figuur 3.3 laat het effect zien van een R&D-subsidie voor een groene techniek.⁸ Door de subsidies wordt de nieuwe techniek competitief op t'_1 in plaats van op t_1 . De subsidie betekent dat op middellange termijn de economie kleiner is en de maatschappelijke welvaart lager dan zonder subsidie. Daar staat tegenover dat de groene technologie eerder wordt geïntroduceerd. De periode dat de economie en welvaart groter zijn en extra groeien, wordt naar voren gehaald ten opzichte van de casus zonder beleid. Weegt lagere welvaart nu op tegen extra welvaart later?

Er is een uitruil tussen intensievere subsidieregelingen die technologieën mogelijk sneller naar de markt brengen en minder intensieve subsidieregelingen. De kosten van intensievere subsidies zijn hoger dan die van de minder intensieve. Daar staat tegenover dat de baten bij de intensievere R&D-subsidies in het voorbeeld eerder optreden en daarmee een hogere contante waarde hebben. De externe effecten van productie nemen ook eerder in de tijd af. Met het totaal van de effecten (productie, consumptie, overheidsinkomsten en de externe milieueffecten) kunnen vervolgens afwegingen worden gemaakt tussen verschillende subsidieregelingen.

⁸ In het bovenste paneel van figuur 3.3 is de lijn met "private kosten nieuwe techniek met R&D-subsidies" weggelaten voor de overzichtelijkheid. Deze lijn is hetzelfde als in figuur 2.3.

Figuur 3.3 Optimale subsidiering van een groene techniek.



3.3 Economische groei of welvaart

Beleidsmaatregelen die tot doel hebben om negatieve (externe) milieueffecten te beteugelen en tegelijkertijd beogen de economische groei te bevorderen, gaan voorbij aan het feit dat dit mogelijk verkeerd uitpakt voor de welvaart. Het criterium van groene groei om maatregelen te beoordelen is mogelijk, maar impliceert dat effecten op de maatschappelijke welvaart worden veronachtzaamd. Groene groei geeft

bovendien als besliscriterium geen houvast voor het selecteren van een *optimale* milieubeleidsstrategie.

Het denkkader illustreert dat subsidies doorgaans leiden tot een tijdelijke verlaging van de omvang van de economie (bbp) omdat deze versturend werken op de economie. Milieu- en innovatiebeleid kunnen echter wel een periode van extra economische groei naar voren halen door de introductie van nieuwe/schone technieken, als ook de periode dat de economie in omvang groter is dan bij oude vervuilende technologie. Daarnaast vermindert het welvaartsverlies door externe milieueffecten.

Bij het beoordelen van de wenselijkheid om via milieubeleid milieuschade van economische activiteiten te verminderen (de economie te vergroenen), moet rekening worden gehouden met de effecten op de maatschappelijke welvaart. Een focus op milieubeleid die ook economische groei op korte of lange termijn bevordert, heeft mogelijk averechtse effecten op de welvaart.

4 Milieubeleidsstrategieën

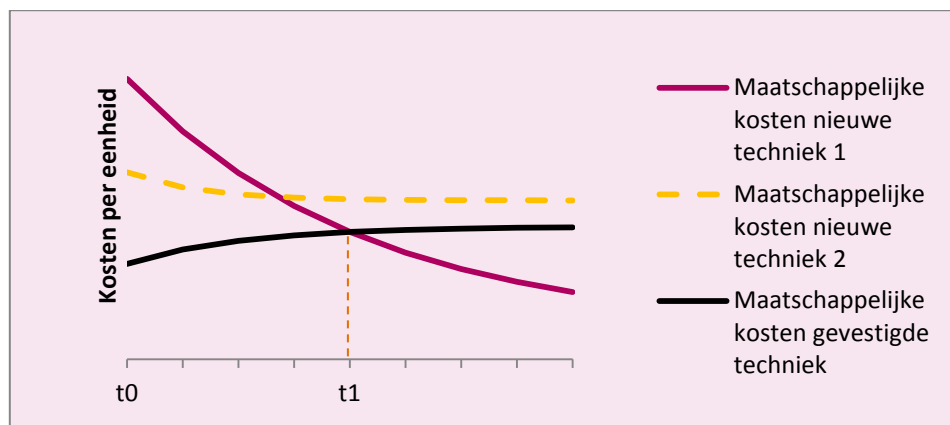
Dit hoofdstuk gebruikt het analytisch kader van de hoofdstukken 2 en 3 om te analyseren wat verschillende categorieën van milieubeleidsstrategieën betekenen voor groene groei en groene welvaart.

We gaan achtereenvolgens in op portfoliosubsidies, het belasten van vervuiling, het oplossen van barrières die duurzaam consumentengedrag kunnen verhinderen en het tegengaan van overheidsfalen.

4.1 Omgaan met onzekerheid: portfoliosubsidies

Toekomstige technologische ontwikkelingen zijn onzeker, waardoor noch de markt noch een overheid met zekerheid kan vaststellen of een productiemethode uiteindelijk rendabel zal worden. Als het zeker zou zijn dat een bepaalde techniek op termijn concurrerend wordt, zal geen marktpartij het nalaten om te investeren in de techniek. Subsidies of ander beleid om innovatie te bevorderen zijn dan niet nodig en zijn ook niet welvaartsverhogend. Het bestaan van onzekerheid is echter niet alleen een voorwaarde om nieuwe technieken te subsidiëren, maar maakt die subsidie tegelijkertijd ook minder efficiënt.

Figuur 4.1 Technologische ontwikkelingen zijn onzeker.



Gevolgen onzekerheid voor subsidiëring

Onzekerheid heeft belangrijke consequenties voor het selecteren van beleidsmaatregelen die zouden kunnen bijdragen aan de economie of welvaart. Als bekend zou zijn hoe snel productie goedkoper wordt met een nieuwe techniek en als bekend zou zijn hoe snel geleerd wordt door het doen van onderzoek en pilotprojecten, dan zou eenvoudig een economische optimale investerings- of subsidiestrategie kunnen worden bepaald. In figuur 4.1 zou het beleid zich bijvoorbeeld *alleen* richten op het creëren van voordelen voor techniek 1, welke dan op termijn zal resulteren in een productiviteitsstijging en groenere groei. Techniek 2 zal daarentegen nooit bijdragen aan groene groei en daarom zal er geen beleid op worden gemaakt. Bij onzekerheid is een dergelijke selectie van technologische winnaars echter niet goed mogelijk, omdat de kostprijsontwikkelingen van technieken en de technologische leerprocessen onbekend of ambigu⁹ zijn.

In sommige gevallen kan worden overwogen het zwaartepunt van subsidies te verleggen naar een subset van technieken die bijvoorbeeld al redelijk dicht tot het omslagpunt zijn genaderd, of waarvan bekend is dat door schaalvergroting of recente uitvindingen een behoorlijke efficiëntiesprong valt te verwachten. Succes is daarbij zeker geen gegeven. In bovenstaande figuur is productie met nieuwe techniek 2 bijvoorbeeld aanzienlijk goedkoper op t_0 dan productie met nieuwe techniek 1. Zou techniek 2 op basis daarvan of op basis van een te optimistische inschatting van de leercurve als subsidiewinnaar worden gekozen, dan zal er welvaart verloren gaan omdat deze techniek nooit maatschappelijk rendabel wordt.

Rationale voor subsidieportfolio's: Risicospreiding en kennispillovers

De economische efficiëntie van groen subsidie- en innovatiebeleid op basis van subsidie-portfolio's, bijvoorbeeld de SDE+ subsidies, is inherent lager bij onzekerheden dan in een context van volledige zekerheid, waarbij winnende

⁹ Hiermee bedoelen we dat risico's niet nauwkeurig zijn gedefinieerd, maar er wel enig idee bestaat over de waarschijnlijkheid van ontwikkelingen.

technieken zouden worden gesubsidieerd. Om de langetermijnproductiviteitsstijging te verkrijgen, is het onvermijdelijk dat ook andere technieken, zoals techniek 2 in de figuur, met publieke middelen worden ondersteund om twee redenen: risicospreiding en kennispijlovers.

Risicospreiding betekent in dit geval dat de overheid inzet op een portefeuille van verschillende groene technieken. Dit is minder risicovol dan winnaarsselectie. Door meerdere groene technieken financieel te ondersteunen, is de kans groter dat er een aantal bij zullen zitten die op termijn de maatschappelijke welvaart verhogen, zoals techniek 1 in de figuur. Ook dan zijn de uitkomsten in termen van netto welvaartwinst of -verlies echter onzeker, zij het minder risicovol. Bovendien wordt een deel van de gesubsidieerde technieken nooit rendabel zal worden, waardoor deze subsidies verloren gaan (zonder kennispijlovers).

Naast risicospreiding zijn kennispijlovers tussen technologieën een tweede argument voor publieke portfolio-investeringen in of portfolio-subsidies op groene technieken. Kennispijlovers zijn de kern van voortdurende technologische vooruitgang en economische groei. Nieuwe technologieën bouwen voort op eerdere technologische ontwikkelingen, vaak in soortgelijke sectoren. Prijs- en schaalvoordelen zijn daarbij een belangrijke reden om innovatiebeleid meer specifiek te richten op schone technologieën.

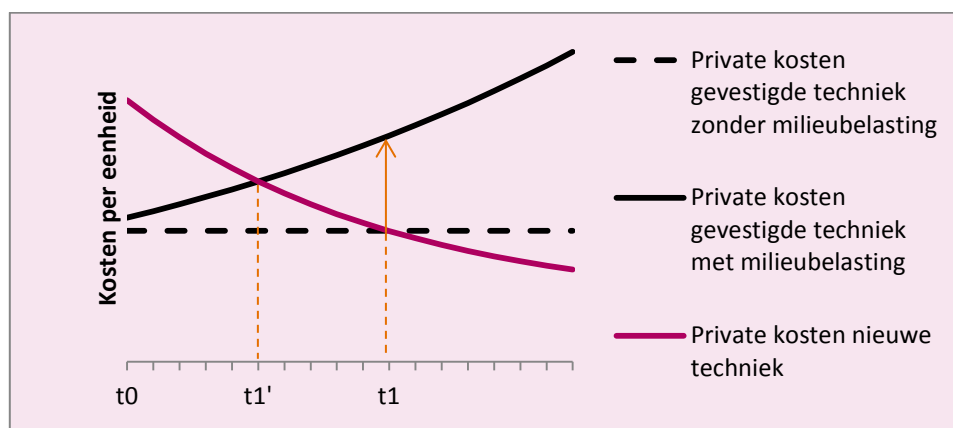
Kennispijlovers vinden echter ook plaats tussen groene technologieën onderling en in mindere mate tussen groene en niet-groene sectoren. In figuur 4.1 zou het bijvoorbeeld kunnen zijn dat de kostprijddaling rond techniek 1 niet is te realiseren zonder ook actief te leren over techniek 2. Zo is de opslag van energie bij verschillende hernieuwbare bronnen een gedeeld technisch probleem. De bijproductie van waterstof bij windenergieproductie zou bijvoorbeeld van belang kunnen zijn voor uiteenlopende industriële toepassingen of waterstofauto's. Ook kan de vermindering van de variatie in het aanbod of de waarde van windenergie het seizoenaanbodsprobleem rond zonne-energie verminderen. De decentrale dagopslag van zonne-energie heeft alles te maken met de ontwikkelingen rond batterijen in elektrische auto's enz.

In hoeverre kennispijlovers daadwerkelijk baten zullen opleveren is een open vraag. De les die uit de endogene groei-literatuur te trekken valt, is dat bij technologische ontwikkeling kennispijlovers van cruciaal belang zijn (Caballero en Jaffe, 2003). De implicatie is dat ook al zal een deel van de nu gesubsidieerde groene technieken het uiteindelijk niet halen, een deel van de ontwikkelingen desalniettemin noodzakelijk zouden kunnen blijken voor technologische ontwikkelingen rond winnende groene technieken. Dat wil zeggen: als er winnende groene technieken zijn. Het gevaar van vroegtijdige winnaarsselectie, zoals eerder geïllustreerd met figuur 4.1 op basis van huidige kostprijs of een verkeerde inschatting van de leercurve, is evident.

4.2 Externe kosten van vervuilende productie belasten

Een mogelijkheid om de externe kosten van vervuilende productie te bestrijden is door de producent te laten betalen voor de schade die door de vervuiling ontstaat. Dit kan bijvoorbeeld door het gebruik van de vervuilende technologie te belasten.¹⁰ Door de belasting wordt de externe schade die met de productie gepaard gaat bij de producent in rekening gebracht. Hierdoor wordt de vervuilende technologie minder aantrekkelijk en worden nieuwere duurzamere technieken relatief aantrekkelijker. Een milieubelasting die precies zo hoog is als de schade van het externe effect zorgt ervoor dat de private kosten gelijk worden aan de maatschappelijke kosten zodat de producent precies de externe schade internaliseert. Een dergelijke milieubelasting is optimaal vanuit het oogpunt van maatschappelijke welvaart.¹¹ Zo draagt een milieubelasting bij aan de vergroening van de economie en aan een verhoging van de maatschappelijke welvaart.

Figuur 4.2 Productie met vuile productiemethoden duurder maken kan technologische ontwikkelingen versnellen.



Figuur 4.2 laat zien dat de kosten van de nieuwe techniek nog tot t_1 boven de private productiekosten zonder milieubelasting liggen. Door de milieubelasting is de nieuwe techniek al vanaf t_1' concurrerend. Tot t_1' heeft de belasting een remmende werking op de economie waardoor deze trager groeit en op t_1 kleiner is dan zonder de belasting. Vanaf t_1' gaat de economie sneller groeien wanneer dan wordt over gestapt op de nieuwe technologie. In t_1 bereikt de economie weer de omvang die het zonder de milieubelasting zou hebben gehad. De milieubelasting leidt dus tot een tijdelijk kleinere omvang van de economie.

¹⁰ Andere mogelijkheden zijn om de uitstoot van schadelijke stoffen aan een maximum te binden in combinatie met handel in uitstootrechten. Ook zou de belasting gericht kunnen worden op de consumptie van met vervuilende technologieën geproduceerde goederen in plaats van op de productie. Mits goed vormgegeven, leiden deze verschillende maatregelen tot dezelfde verduurzamende werking.

¹¹ Een dergelijke belasting wordt wel een Pigouvianse belasting genoemd. Efficiënte implementatie is vaak complexer dan in dit voorbeeld (zie bijvoorbeeld Carlton en Loury, 1980).

Het netto welvaartseffect van het inprijzen van externe effecten is positief. De milieubelasting betekent weliswaar verlies van consumenten- en producentensurplus, maar dit wordt gecompenseerd door extra belastinginkomsten en de vermindering van de maatschappelijke schade door het externe effect.

Het vergroten van economische groei op korte termijn is geen hoofddoel van milieubeleid bij dit type marktfalen. Het voorbeeld laat wederom zien dat economische groei geen goede indicator is voor de welvaartswinst van milieubeleid. Dit komt doordat de economische groei in het benchmarkscenario, bijvoorbeeld zonder milieumaatregelen, geen of onvoldoende rekening houdt met effecten van vervuiling of de afname van natuurlijk kapitaal. Niet voor niets worden deze aangeduid als externe effecten in een maatschappelijke kosten-batenanalyse.

Het meer in lijn brengen van bestaande belastingen met de veroorzaakte externe effecten ligt voor de hand (Vollebergh, 2015; p. 9). Een concreet voorbeeld van grijze economische prikkels in de energiesector is de degressieve belasting van aardgas. Grootgebruikers betalen nagenoeg geen belasting op aardgasgebruik, terwijl deze gepaard gaat met CO₂-uitstoot.

4.3 Barrières voor duurzaam consumentengedrag

Er kunnen allerlei barrières zijn die duurzaam consumentengedrag verhinderen. Hierdoor kan bijvoorbeeld de productie met een nieuwe techniek goedkoper zijn dan met een gevestigde techniek, maar marktintroductie worden belemmerd door kosten aan de consumentenkant. In sommige gevallen kunnen deze barrières met weinig kostbare beleidsmaatregelen worden verminderd of opgelost. We noemen een aantal voorbeelden van mogelijke consumentenbarrières:

- Transactiekosten, bijvoorbeeld de kosten van informatieverzameling;
- Informatie-asymmetrie tussen consument, producent of overheid, waarbij de kennis die nodig is om te komen tot de beslissingen die het nut van individuele consumenten verhoogt, kan ontbreken;
- Externe effecten, bijvoorbeeld als niet alle baten van investeringen neerslaan bij de consument die de investering doet;
- Onzekerheid over de baten van investeringen en risico-aversie;
- De (niet-monetaire) kosten van overlast.

Mogelijke oplossingsrichtingen zijn voor dergelijke gevallen:

- Maatregelen die transactiekosten voor consumenten verlagen en informatie-asymmetrie verminderen, bijvoorbeeld door de inzet van informatie- en bewustwordingstools en het bevorderen onafhankelijk financieel- en installatieadvies;
- Maatregelen die de zichtbaarheid van de waarde van duurzame consumenteninvesteringen verhoogt, bijvoorbeeld door *labelling*. In het geval van woningwaarde is het effect van energielabels overigens niet overtuigend (Murphey et al. ,2012, tabel 1);
- In enkele gevallen wellicht ondersteunende maatregelen die risico-transfers bevorderen, hoewel de markt dit veelal zelf regelt.

In deze gevallen is sprake van een reductie van impliciete kosten die verbonden zijn aan de nieuwe technologie. De kosten van de nieuwe technologie worden erdoor verlaagd en de acceptatie vindt sneller plaats, analoog aan de situatie die in figuur 4.3 hierna wordt geschetst.

4.4 Overheidsfalen

Naast het corrigeren van marktfalen kan ook het beperken van overheidsfalen technologische vooruitgang en groenere economische groei bevorderen. Overheidsfalen is de analogie en tegenhanger van marktfalen.¹² Overheidsfalen betreft situaties waarbij overheidsbeleid een nadelig netto-effect heeft. Ondanks dat de overheid krachtige middelen heeft (verplichtstellen, verbieden, belasten, subsidiëren) is zij maar beperkt in staat is om markten of maatschappelijke ontwikkelingen een bepaalde kant op te leiden. In combinatie met kosten voor anderen kan goed bedoeld maar ineffectief beleid per saldo maatschappelijke schade aanrichten. Dat is overheidsfalen.¹³ Het is daarmee belangrijk dat de overheid zijn instrumenten goed gebruikt en goed kijkt naar de doelen, effecten en bijeffecten van (contraproductieve) subsidies en (niet-handhaafbare) ge-/verboden.

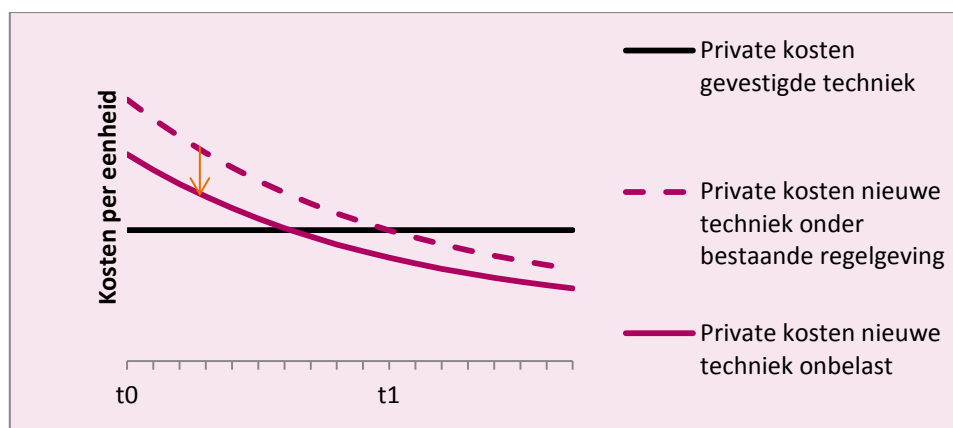
Wetgeving en standaardisatie hebben soms de neiging innovatie te belemmeren. Dit komt bijvoorbeeld omdat wetgeving achterloopt op technologische ontwikkelingen, omdat deze in oorsprong niet is ontworpen voor de mogelijkheden die nieuwe technieken bieden. Het kan bijvoorbeeld dat de wetgeving saldering toestaat als een zon-PV installatie op het eigen dak, maar niet als deze wordt geplaatst op het dak van

¹² In een invloedrijke bijdrage betogen Teulings et al. (2003; calculus van het publieke belang) dat welvaartswinst door de markt kan worden bevorderd of door een democratisch proces. Beide zouden vanuit hun eigen competitieve structuur uiteindelijk de afwegingen maken die ertoe leiden dat alle wederzijds voordelige transacties worden gerealiseerd. In een wereld zonder fricties maakt het dan theoretisch niet zoveel uit of beslissingen via het ene of via het andere kanaal worden genomen. De kunst is volgens Teulings et al. (2003) om te bepalen welk mechanisme in welke omstandigheden het beste werkt in een wereld waarin er wel fricties zijn.

¹³ De formulering laat open dat er effectiever beleid mogelijk is met minder schade. Dat is soms wel mogelijk. Maar vaak ook niet. Het echte overheidsfalen betreft dus de onmogelijkheid om een maatschappelijk probleem kosteneffectief aan te pakken.

de buren. Dergelijke mismatches kunnen introductiebarrières vormen, omdat deze kostprijsverhogend werken. Dit wordt geïllustreerd in onderstaande figuur.

Figuur 4.3 Voorbeeld van een introductiebarrière.



4.5 Brede groene welvaartstrategieën

Het conceptuele denkkader uit deze notitie benadert groene groei en groene welvaart vanuit de aanbod- of vraagkant van de markt voor een enkel, bestaand en homogeen product, waarvoor meerdere productietechnieken bestaan. Voor een kwantitatieve discussie over groene groei en groene welvaart is een macro-economische insteek nodig, zeker voor de analyse van technologie-overstijgende strategieën, het bepalen van de omvang van substitutie-effecten en rebound effecten (Sorrell, 2007). Denk hierbij ook aan groene groeionderwerpen als het strategisch voorraadbeheer van eindig natuurlijk kapitaal (Solow, 1986; Wierds en Schotten, 2008; Algemene Rekenkamer, 2014) of groen banenbeleid. Behoedzaamheid bij de betekenis van andere groene groei basisconcepten, bijvoorbeeld groene banen, is ook bij deze discussies zeker op zijn plaats. Deze onderwerpen vallen buiten het bestek van deze studie.

5 Conclusies

De belangrijkste conclusies van deze studie zijn:

- Voor beleidsanalyse is groene welvaart, dat wil zeggen vergroening van de economie door implementatie van milieubeleid met positieve netto welvaartseffecten, een beter uitgangspunt dan groene groei. Een focus op groene groei heeft als nadeel dat externe effecten op de welvaart worden veronachtzaamd. Het is daarom beter om milieubeleid te beoordelen op basis van welvaart-economische criteria en de effecten op bbp en welvaart separaat in

beeld te brengen. De welvaartseffecten van beschikbare beleidsopties kunnen worden bestudeerd in een maatschappelijke kosten-batenanalyse.

- Of groenere welvaart binnen handbereik is of ver weg, verschilt van geval tot geval. De tijdschalen van kostprijsontwikkelingen variëren per techniek en de maatschappelijke kosten van externe productie-effecten per milieuprobleem.
- Verduurzamingsmaatregelen kunnen de welvaart verhogen. Daarbij is meestal sprake van een afruil tussen welvaartsverlies op korte termijn en welvaartswinsten later. Dit komt doordat verplichtstelling of subsidiëring van groene technologieën in veel gevallen een remmende werking heeft op de groei van de economie op korte en / of middellange termijn.
- Uitzonderingen worden gevonden in situaties waarbij barrières voor duurzaam consumentengedrag bestaan en bij inefficiënt overheidsbeleid. Van consumentenbarrières kan bijvoorbeeld sprake zijn bij achterblijvende woningisolatie. De degressieve belasting van aardgas is een voorbeeld, waarbij de maatschappelijke kosten van productie niet volledig tot uitdrukking komen in de marktprijzen en dus verkeerde prijsprikkels geeft.
- Bij het vergroenen van de economie en welvaart kan gebruik worden gemaakt van verschillende beleidsopties, zoals het belasten van externe effecten, (innovatie)subsidies of verplichtstelling. Welke beleidsopties de voorkeur hebben hangt af van de mate waarin verschillende beleidsopties effectief zijn en met welke maatschappelijke kosten ze gepaard gaan.
- Als sprake is van onzekerheid over de toekomstige perspectieven van schone technologieën kan de overheid beter investeren in een portefeuille van verschillende technologieën.

Referenties

Aalbers, R., V. Shestalova en V. Kocsis, 2012, Innovation policy for directing technical change in the power sector, Den Haag, CPB.

Acs, Z.J. en D.B. Audretsch, 2003, Innovation and technological change, in: Z. Acs en D. Audretsch (eds), *Handbook of Entrepreneurship Research*, p. 55-79, Springer US.

Acemoglu, D., P. Aghion, L. Bursztyn en D. Hemous, 2012, The environment and directed technical change, *American Economic Review*, vol. 102(1): 131-166.

Algemene Rekenkamer, 2014, Besteding van aardgasbaten: feiten, cijfers en scenario's.

Ambec, S., M.A. Cohen, S. Elgie en P. Lanoie, 2013, The Porter Hypothesis at 20: Can environmental regulation enhance innovation and competitiveness? *Review of Environmental Economics and Policy*, vol. 7(1): 2-22.

Audretsch, D.B., 2007, Entrepreneurship capital and economic growth, *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 23(1): 63-78.

Blanford, G.J., R.F.T. Aalbers, J.C. Bollen en K. Folmer, 2015, Technical uncertainty in meeting Europe's decarbonisation goals, Den Haag, CPB.

Bijgaart, Inge van den, Gerlagh, Reyer, & Liski, M., 2016, A simple formula for the social cost of carbon. *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 77: 75-94.

Broek, M. van den, R. Hoefnagels, E. Rubin, W. Turkenburg en A. Faaij, 2009, Effects of technological learning on future cost and performance of power plants with CO2 capture. *Progress in Energy and Combustion Science* , vol. 35(6): 457-480.

Caballero, R.J. en A.B. Jaffe, 1993, How High are the Giants' Shoulders: An Empirical Assessment of Knowledge Spillovers and Creative Destruction in a Model of Economic Growth, *NBER Macroeconomics Annual 1993*, vol. 8: 15-86.

Carraro, C., E. De Cian, L. Nicita, E. Massetti en E. Verdolini, 2011, Environmental policy and technical change: A survey, *International Review of Environmental and Resource Economics* , vol. 4: 163-219.

Carlton, D. W., and G. C. Loury, 1980, The limitations of pigouvian taxes as a long-run remedy for externalities, *The Quarterly Journal of Economics* , vol. 95(3): 559-566.

Crafts, N., 2004, Steam as a general purpose technology: A growth accounting perspective, *The Economic Journal* , vol. 114: 338-351.

IPCC, 2014, Climate change 2014 synthesis report: Summary for policymakers, Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core writing team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds)]. IPCC, Geneva, Switzerland.

Jacobs, M., 2012, Green growth: Economic theory and political discourse, CCCEP / CCE.

Junginger, M., A. Faaij en W.C. Turkenburg, 2005, Global experience curves for wind farms, *Energy Policy*, vol. 33(2): 133-150.

Murphy, L., F. Meijer en H. Visscher, 2012, A qualitative evaluation of policy instruments used to improve energy performance of existing private dwellings in the Netherlands, *Energy Policy* , vol. 45: 459-468.

Nemet, G.F., 2006, Beyond the learning curve: factors influencing cost reductions in photovoltaics, *Energy Policy*, vol. 34(17): 3218-3232.

OESO, 2011, *Towards green growth*, Parijs, OECD Publishing,
<http://dx.doi.org/10.1787/9789264111318-en>.

OESO, 2015, *Towards green growth? Tracking progress: four years of the green growth strategy*, Parijs, OECD Publishing.

Romijn, G. en G. Renes, 2013, *Algemene leidraad voor maatschappelijke kosten-batenanalyse*, Den Haag, CPB & PBL.

Schmalensee, R., 2012, From green growth to sound policies: An overview, *Energy Economics*, vol. 34(Supplement 1): S2-S6.

Solow, R.M., 1956, A contribution to the theory of economic growth, *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 70(1): 65-94.

Solow, R.M., 1986, On the intergenerational allocation of natural resources, *The Scandinavian Journal of Economics*, vol. 88(1): 141-149.

Sorrell, S., 2007, The rebound effect: an assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency, UK Energy Research Centre.

Straathof, B., B. Overvest, T. Kiseleva en H. Kox, 2016, *Kansrijk innovatiebeleid*, CPB Boek 20, Den Haag, CPB.

Stolwijk, H., 2011, *Groene groei voorlopig utopisch: Groenere groei wel haalbaar*, Den Haag, CPB.

Teulings, C.N., L. Bovenberg en H. van Dalen, 2003, *De calculus van het publieke belang*, Rapport No. 03 ME 18, Den Haag, EZ, Kenniscentrum voor Ordeningsvraagstukken.

Toman, M., 2012, *Green growth: An exploratory review*, The World Bank.

UNEP, 2011, *Towards a green economy: Pathways to sustainable development and poverty eradication*, www.unep.org/greeneconomy.

Vollebergh, H.R.J., 2015, *Keuzes voor een beter belastingstelsel: Discussiepunten ten behoeve van Rondetafelgesprek op 25 maart 2015*, Den Haag, PBL.

Wierdsma, P. en G. Schotten, 2008, *De Nederlandse gasbaten en het begrotingsbeleid: theorie versus praktijk*, Amsterdam, De Nederlandsche Bank.

World Bank, 2012, *Inclusive green growth: The pathway to sustainable development*, Washington, The World Bank.

OESO, 2011, *Towards green growth*, Parijs, OECD Publishing,
<http://dx.doi.org/10.1787/9789264111318-en>.

OESO, 2015, *Towards green growth? Tracking progress: four years of the green growth strategy*, Parijs, OECD Publishing.

Romijn, G. en G. Renes, 2013, *Algemene leidraad voor maatschappelijke kosten-batenanalyse*, Den Haag, CPB & PBL.

Schmalensee, R., 2012, From green growth to sound policies: An overview, *Energy Economics*, vol. 34(Supplement 1): S2-S6.

Solow, R.M., 1956, A contribution to the theory of economic growth, *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 70(1): 65-94.

Solow, R.M., 1986, On the intergenerational allocation of natural resources, *The Scandinavian Journal of Economics*, vol. 88(1): 141-149.

Sorrell, S., 2007, The rebound effect: an assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency, UK Energy Research Centre.

Straathof, B., B. Overvest, T. Kiseleva en H. Kox, 2016, *Kansrijk innovatiebeleid*, CPB Boek 20, Den Haag, CPB.

Stolwijk, H., 2011, *Groene groei voorlopig utopisch: Groenere groei wel haalbaar*, Den Haag, CPB.

Teulings, C.N., L. Bovenberg en H. van Dalen, 2003, *De calculus van het publieke belang*, Rapport No. 03 ME 18, Den Haag, EZ, Kenniscentrum voor Ordeningsvraagstukken.

Toman, M., 2012, *Green growth: An exploratory review*, The World Bank.

UNEP, 2011, *Towards a green economy: Pathways to sustainable development and poverty eradication*, www.unep.org/greeneconomy.

Vollebergh, H.R.J., 2015, *Keuzes voor een beter belastingstelsel: Discussiepunten ten behoeve van Rondetafelgesprek op 25 maart 2015*, Den Haag, PBL.

Wierdsma, P. en G. Schotten, 2008, *De Nederlandse gasbaten en het begrotingsbeleid: theorie versus praktijk*, Amsterdam, De Nederlandsche Bank.

World Bank, 2012, *Inclusive green growth: The pathway to sustainable development*, Washington, The World Bank.



Dit is een uitgave van:

Centraal Planbureau
Van Stolkweg 14
Postbus 80510 | 2508 GM Den Haag
T (070) 3383 380

info@cpb.nl | www.cpb.nl

April 2016