

Groene groei: hoe bereiken we dat?

Frank den Butter, Viktória Kocsis en Bert Tieben

Het regeerakkoord van het kabinet Rutte II belooft veel aandacht voor economische groei en duurzaamheid. Dit artikel bespreekt op welke wijze inhoud kan worden gegeven aan de wens van het kabinet om economische groei en zorg voor het milieu met elkaar te combineren. Vanuit het perspectief van de economische welvaartsanalyse gaat het daarbij om de afweging tussen de materiële welvaart en de milieukwaliteit. Vanuit de economische groeitheorie wordt geschetst welke mogelijkheden er zijn voor een dergelijke groene groei. De verschillende manieren om de productiviteit te beïnvloeden en te bevorderen vormen daarbij het aangrijpingspunt voor het beleid. Een verhoging van de milieu efficiëntie, bijvoorbeeld door een milieubesparende technologie kan tot groei met minder milieugebruik leiden, maar dat hoeft niet altijd het geval te zijn.

1 Inleiding

Het bevorderen van economische groei staat hoog op de politieke agenda. Dat geldt zeker nu in de afgelopen jaren, vanwege de kredietcrisis en de navolgende schulden crisis, er per saldo geen sprake is geweest van economische groei en de Nederlandse economie via twee recessies een daling van de materiële welvaart te zien heeft gegeven. Aan de intentie van het kabinet om de economische groei te bevorderen is wel de randvoorwaarde opgelegd dat dit niet ten koste mag gaan van het milieu. In het regeerakkoord is dit als volgt geformuleerd: “De innovatiekracht van het bedrijfsleven, de kennisinstellingen en de overheid zal optimaal worden gericht op de transitie naar een duurzame economie en groene groei”. De vraag die in dit artikel centraal staat is hoe handen en voeten gegeven kan worden aan dit voornemen van het kabinet. Meer specifiek betreft dit de vraag hoe zo’n groene groei er uit moet zien en hoe deze bereikt kan worden.

Het betreft de beleidsafweging om aan de ene kant de inkomens- en productiegroei te bevorderen en aan de andere kant voor de lange termijn en toekomstige generaties een goede milieukwaliteit te garanderen. Dit artikel beziet deze afweging vanuit het perspectief van de economische welvaartsanalyse. Meer specifiek gaat het om de volgende vragen:

- Welke mogelijkheden heeft het beleid om groene groei te bereiken: Wat zegt de economische wetenschap over de inzet van natuurlijk kapitaal en milieu als productiefactor?
- Wat zijn de lessen van de groeitheorie over de *trade-off* tussen economische groei en de druk op milieu en natuurlijke hulpbronnen?

De welvaartsanalyse leert dat het waarborgen van de milieukwaliteit een publiek belang is. Benutting van het milieu in de productie brengt veelal externe effecten met zich mee die het beleid dient te internaliseren. Daarnaast maakt milieu deel uit van de sociale welvaartsfunctie met maatschappelijke voorkeuren die aan het beleid een handvat bieden om het op groene groei gerichte beleid vorm te geven. Uiteraard zijn er ook andere publieke belangen die een onderdeel vormen van de sociale welvaartsfunctie. Er is sprake van een wisselwerking tussen de belangen waarop de overheid zich wil richten. Door milieu te expliciteren in de sociale welvaartsfunctie wordt de wisselwerking transparant en kan het begrip groene groei beter vanuit de maatschappelijke voorkeuren en daaruit afgeleide politieke preferenties ten aanzien van de verschillende welvaartsaspecten gedefinieerd worden. Dit welvaartstheoretisch perspectief wordt in sectie 2 besproken en vormt de opmaat voor de beschouwingen over hoe groene groei te bereiken valt. Daarbij wordt vanuit dit perspectief ook een aantal mogelijke definities van groene groei gegeven.

Sectie 3 bevat een overzicht van de literatuur over het milieu in de economische groeitheorie. De analyse van natuurlijk kapitaal in relatie tot economische groei is gebaseerd op de bestaande groeimodellen en metingen. Al decennia lang is milieu gezien als een productiefactor die bijdraagt aan de productie. De effecten van elke productiefactor – dus ook van milieukapitaal – op economische groei worden beschreven aan de hand van de begrippen productiviteit en efficiëntie.

Sectie 4 vat kort de bevindingen samen en geeft de beleidsmogelijkheden en politieke keuzes aan om handen en voeten te geven aan het voornemen van het kabinet om de groene groei te bevorderen. Tevens komen de onderzoeksvragen aan de orde die voor een op groene groei gericht beleid nog beantwoording behoeven.

2 Groei en welvaart

In een brede welvaartsanalyse zijn verschillende factoren bepalend voor de maatschappelijke welvaart. Naast de materiële welvaart, met de omvang van de productie (Y) als indicator zijn dat bijvoorbeeld de mate van inkomensgelijkheid, de inflatie en andere mogelijke welvaartsindicatoren zoals deze zijn opgenomen in de *Human Development Index* van de Verenigde Naties. Vanuit het perspectief van groene groei is het relevant het milieu – de ‘milieukwaliteit’ – als onderdeel van de totale welvaart op te nemen. Welvaart is dan de optelling van de waarde van zowel goederen en diensten als het milieu voor producenten en consumenten. Dit betreft

zowel geprijsde als niet-geprijsde goederen en diensten. Bijvoorbeeld, consumenten waarderen schonere lucht en water, waarmee de kwaliteit van de leefomgeving mede het beleven van welvaart bepaalt, maar telers kunnen ook profiteren van betere waterkwaliteit of energie opgewekt door niet-uitputbare natuurlijke hulpbronnen, zoals zon of wind.

In formule kan de maatschappelijke welvaart (W) met productie en milieu als elementen als volgt weergegeven worden:

$$W = w(Y, E)$$

Hierbij geeft de specificatie van de welvaartsfunctie (W) aan welke afruil er tussen productie (Y = materiële welvaart) en milieu (E = in abstracte zin 'environment') bestaat. Deze afruil is een kwestie van maatschappelijke voorkeuren, waarbij de politiek in het beleid zo goed mogelijk invulling geeft aan de maatschappelijk gewenste afruilwaarden. Voor de economische analyse is de afruil een gegeven, zij het dat vanuit paternalistische overwegingen wel bepleit wordt om de maatschappelijke voorkeuren op dit gebied te beïnvloeden. De doelstelling van economisch beleid is daarbij om het potentieel voor welvaarts groei, gegeven de voorkeuren en afruilwaarden, maximaal te benutten.

Belemmeringen van efficiëntie. In de praktijk zijn er meerdere factoren die de maximale benutting van het potentieel van welvaarts groei belemmeren:

- Verschillende typen marktfalen, zoals milieu-externaliteiten, kennis-spillovers of schaaffecten.
- Exogene factoren, zoals de economische crisis.

Als markten niet efficiënt werken is er sprake van *marktfalen* (voor een uitgebreide lijst van milieugerelateerde typen marktfalen: zie Kocsis et al. 2013). Het kan gebeuren dat de productie van goederen en diensten gevolgen heeft buiten de desbetreffende markt (bijvoorbeeld op andere markten of op het milieu) en dat marktspelers die gevolgen niet meenemen in de kosten en baten bij het nemen van beslissingen. Dit zijn de *externe effecten* of externaliteiten. Externe effecten hebben geen markt en dus ook geen prijs.

Externe effecten kunnen negatief of positief zijn. Externaliteiten zijn negatief als de maatschappelijke kosten van een activiteit hoger zijn dan de particuliere kosten van dezelfde activiteit. *Milieu-externaliteiten*, zoals de vervuiling van de lucht door broeikasgassen, zijn een typisch voorbeeld hiervan. Milieuschade vermindert daarom de welvaart van consumenten.

Externe effecten zijn positief als de sociale baten van een activiteit hoger zijn dan de particuliere baten en de markt deze baten niet kan internaliseren. Een voorbeeld hiervan is *kennis-spillovers* in het innovatieproces. Als kennis-spillovers niet geïnternaliseerd zijn, vindt er minder innovatie plaats dan sociaal wenselijk is. Kennis-spillovers leiden tot externaliteiten als bedrijven niet alle vruchten van hun

investeringen in kennis en innovatie kunnen plukken omdat andere bedrijven die kennis gebruiken zonder daarvoor het volle pond te betalen. De stimuli om te innoveren nemen dus af. Hierdoor ontstaat een lager dan sociaal optimaal innovatieniveau en vermindert de welvaart.

Intergenerationele afweging. Niet alleen de huidige welvaart, maar ook intergenerationele overdrachten en dus de toekomstige welvaart maken deel uit van de overwegingen voor het beleid. In dat geval zijn niet alleen de voorkeuren van de huidige generatie ten aanzien van de afruil tussen materiële welvaart en milieu van belang, maar komen ook de preferenties van toekomstige generaties in beeld. Dit maakt de vraag wat groene groei is tot een *intergenerationele welvaartsafweging*: het gaat om de afweging van wat de huidige generatie voor de eigen behoeftebevrediging kan overlaten aan milieukwaliteit voor de behoeftebevrediging van de toekomstige generaties. Dit sluit aan bij het voorschrift voor een duurzame ontwikkeling dat indertijd in het Brundtland rapport van de VN uit 1987 is gegeven: “Duurzame ontwikkeling is een ontwikkeling die de behoeften van de huidige generatie vervult, zonder het vermogen van toekomstige generaties om in hun eigen behoeften te voorzien”. Behalve de preferenties van toekomstige generaties is het voor deze beleidsafweging ook van groot belang om te weten hoe de substitutie tussen de verschillende productiefactoren eruit ziet (zie de discussie in de volgende paragraaf over de productiefunctie).

De maatschappelijke voorkeuren voor milieu en de precieze vorm van substitutie tussen productiefactoren zijn echter onbekend. Dit geldt zeker voor de preferenties van de huidige versus de toekomstige generaties. Deze vormen van onzekerheid beïnvloeden de afweging van productie en milieu in de welvaartfunctie. Om de analyse hanteerbaar te houden schetst Den Butter (2011), in navolging van het WRR-rapport “Generatiebewust Beleid” (WRR, 1999), twee opties.

De eerste optie is dat het beleid de mogelijkheid openlaat van een collectieve afweging tussen milieu en productie. Zo kan intering op milieukapitaal worden toegestaan wanneer daar bijvoorbeeld een investering in andere vormen van kapitaal (i.e. in onderwijs of gezondheidszorg) tegenover staat die een even grote welvaartswaarde voor de volgende generaties vertegenwoordigt. Zulke investeringen worden uitgevoerd ten koste van de mogelijke investeringen in milieu. Het zijn met andere woorden (investeringen in) andere productiefactoren die substituten zijn van (investeringen in) milieu. Dit komt overeen met hetgeen in de milieueconomie als de *zwakke vorm van duurzaamheid* wordt genoemd. In dit geval bestaat er de mogelijkheid van substitutie tussen productie en milieu in de welvaartfunctie. Deze definitie van vergroening komt overeen met de definitie van middellangetermijngroei of relatieve ontkoppeling in andere bronnen van de

‘groene groei’ literatuur: *middellange-termijngroei betekent de groei van inkomens en productie met matig negatieve effecten op het milieu.*¹

In de tweede optie mag de milieukwaliteit niet verder afnemen en is dus aan een bepaald voorgeschreven niveau gebonden. Beneden dat niveau is geen substitutie van meer productie voor minder milieu toegestaan. Dat betekent dat de huidige generatie verantwoordelijk is voor de bescherming en het overdragen van milieukwaliteit en -kapitaal voor toekomstige generaties. Dit sluit aan op het perspectief van de *sterke vorm van duurzaamheid*. Hogere productieniveaus moeten samengaan met betere milieukwaliteit en meer milieukapitaal. In dit scenario vullen verschillende productiefactoren elkaar aan. Milieu krijgt een oneindig gewicht in de welvaartsfunctie en wordt als een randvoorwaarde gebruikt in beslissingen. Deze definitie komt overeen met de definitie van langetermijngroei of absolute ontkoppeling: *Langetermijngroei betekent de groei van inkomens en productie zonder grootschalige en vooral onomkeerbare verslechtering van het milieu.*²

Al met al dient het beleid dus een politieke keuze te maken tussen de volgende definities van groene groei:

- Groene groei betekent dat de welvaart voor toekomstige generaties minstens even groot is als voor de huidige generatie.
- Groene groei zorgt dat de milieukwaliteit ten minste gelijk blijft.
- Groene groei zorgt dat de milieukwaliteit verbetert volgens een normatief tijdpad.

3 Hoe bereiken we groene groei?

De relatie tussen economische groei en duurzaamheid staat al lang op de agenda (voor een literatuuroverzicht zie Hallegatte et al. 2012; Den Butter en Hofkes 2001; Smulders en Withagen 2012). De groeitheorie verklaart de relatie tussen de groei van de productie van producten en diensten in de economie (output) en de inzet van productiefactoren zoals arbeid en kapitaal die nodig is om deze groei te realiseren (input). Deze groeitheorie biedt een integrale aanpak voor de analyse van groene groei. Daarbij wordt het milieu gemodelleerd als een extra productiefactor met het potentieel om de productie van goederen en diensten in de economie te verhogen. Daarmee staat milieu theoretisch gezien op gelijke voet met arbeid en kapitaal als productiefactoren. Belangrijk verschil is echter dat de kwaliteit en kwantiteit van milieukapitaal sneller begrensd is dan de andere productiefactoren. De voorraad milieu raakt uitgeput als gevolg van productie. Groene groei is alleen mogelijk met flankerende investeringen om deze uitputting te beperken.

¹ UNEP (2011, p. xiii en p. 5) hanteert deze definitie van relatieve ontkoppeling als het gaat om de relatie tussen economische groei en het grondstoffengebruik.

² Voor een voorbeeld van absolute ontkoppeling in deze zin, zie de definitie van UNEP (2011, p. 5) voor de ontkoppeling tussen economische groei en de negatieve effecten op het milieu.

Exogene versus endogene groeitheorie. Grof gezegd kent de modellering van de relatie tussen input en output in de groeitheorie twee varianten. De eerdere, klassieke *exogene* groeitheorie ziet arbeid en kapitaal als de centrale productiefactoren. Volgens deze modellen neemt arbeid alleen toe door exogene veranderingen, zoals populatiegroei of verbeteringen in het participatiegedrag. Deze exogene factoren – zaken die strikt genomen buiten het productieproces staan – zijn met andere woorden de ultieme bron van de productiegroei.

De *endogene* groeitheorie voegt hieraan toe dat ook het proces van groei zelf krachten oproept die groei stimuleren. Dit maakt de toename van de productie endogeen. Als een van de vaders van de endogene groeitheorie wees Paul Romer op de positieve externe effecten van technologische ontwikkeling (Romer 1986). Technologie is een soort blauwdruk voor productie – de wijze waarop arbeid en kapitaal samenwerken in het productieproces – die tegen zeer lage kosten gereproduceerd kan worden, waardoor de toegevoegde waarde van technologie zich als een olievlek over de economie verspreidt. Een investering in technologie kent zo toenemende meeropbrengsten als endogeen effect. Technologie verwijst naar zowel *general purpose* technologieën (i.e. technologie die effecten heeft op de hele economie, zoals hernieuwbare elektriciteitsopwekkingstechnologieën) als naar de institutionele achtergrond of de organisatiecultuur.

Een variant op de endogene groeitheorie is de modellering van de *economische groei met endogene technologie* (Den Butter en Wollmer 1993). Hierbij is de technologische ontwikkeling in de hiervoor bedoelde brede zin niet, zoals in de klassieke groeitheorie een exogeen gegeven – “manna from heaven” –, maar een gevolg van investeringen in technologische ontwikkeling die de efficiëntie van de inzet van productiefactoren doen toenemen. De kwaliteit van de leefomgeving is in deze endogene groeimodellen alleen een extern effect dat de productie niet direct beïnvloedt.

De productiefunctie met milieu als input. De volgende formule beschrijft de relatie tussen de productiefactoren arbeid en kapitaal, technologie en productie:

$$Y=af(bK,cL).$$

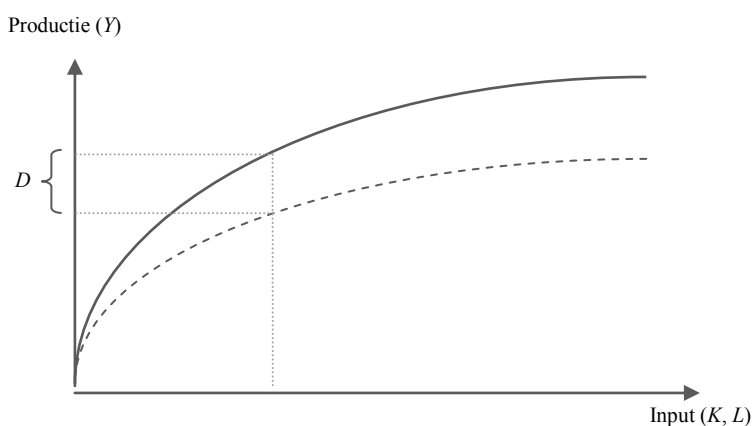
In de formule is Y de totale productie in de economie die afhankelijk is van a , de technologie in het productieproces, K , fysiek kapitaal en L , arbeid. Deze productiefunctie beschrijft hoe meer arbeid, meer fysiek kapitaal en betere technologieën tot meer productie leiden:

$$\frac{\partial Y}{\partial a} > 0, \frac{\partial Y}{\partial K} > 0, \frac{\partial Y}{\partial L} > 0.$$

Coëfficiënten b en c geven de *efficiëntie* van fysiek kapitaal en arbeid in de vorm van kapitaal besparende en arbeidsbesparende technologische vooruitgang weer (dit wordt later uitgebreid toegelicht). Een grotere coëfficiënt betekent dat per eenheid input een grotere hoeveelheid output wordt geproduceerd. Ofwel: hoe

efficiënter kapitaal en arbeid zijn, hoe meer de economie produceert met een gegeven voorraad productiefactoren. Efficiënte inzet van productiefactoren betekent dat de economie het technisch potentieel maximaal benut, de productiegrens of *production frontier* (zie de getrokken lijn in figuur 1). Om verschillende redenen zal de productie in de praktijk vaak niet op dit technologisch maximum liggen (gestreepte lijn in figuur 1). Er is dan sprake van sub-optimale productie ofwel *verspilling*. Een gerichte investering kan er voor zorgen dat de verspilling vermindert, zodat de productie dichterbij het optimum komt te liggen (verschil D in figuur 1).

Figuur 1 Het verschil tussen efficiënte en sub-optimale productie



Met de opkomst van milieueconomie in de jaren 70 heeft groeitheorie milieu als input opgenomen in de productiefunctie (zie figuur 2). Milieu verwijst in deze aanpak zowel naar milieukwaliteit (bijvoorbeeld waterkwaliteit, die cruciaal is voor de gezondheid van de grond) als milieukapitaal (natuurlijke hulpbronnen zoals de voorraden olie en gas). De productiefunctie in de bovenstaande standaard groeimodellen wordt dus uitgebreid met milieu (E) als productiefactor:

$$Y = af(bK, cL, dE)$$

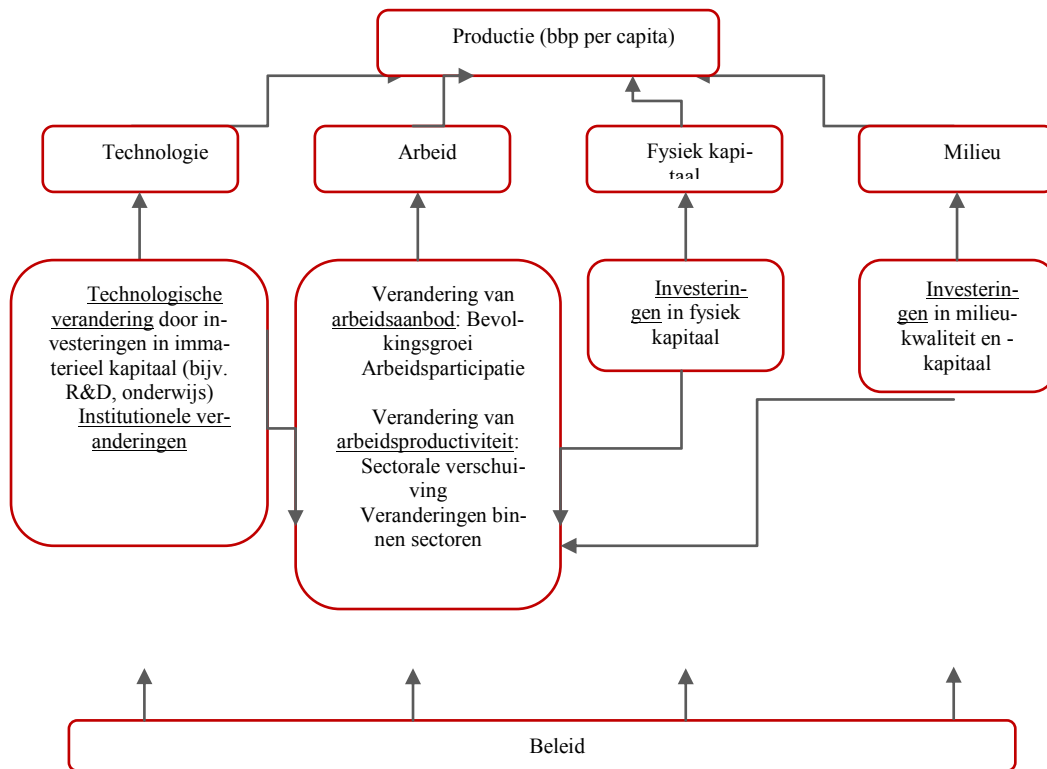
waar d de efficiëntie van milieukapitaal is in de vorm van milieubesparende technologie. Betere milieukwaliteit (bijvoorbeeld betere waterkwaliteit) of extractief gebruik van milieudiensten (bijvoorbeeld van fossiele brandstoffen) creëren extra productie:

$$\frac{\partial Y}{\partial E} > 0.$$

Naast deze directe link tussen milieu en productie draagt de kwaliteit van het milieu indirect bij aan de productie. Een voorbeeld is de invloed van een goed

leefmilieu op de productiviteit van werknemers (i.e. niet-extractief gebruik; Den Butter en Hofkes 1995).

Figuur 2 De opbouw van productie en de drijvers achter groei



Bron: Gebaseerd op Den Butter en Hofkes (2001); Van Ark et al. (2004).

Verschillen tussen productiviteit en efficiëntie. Economische groei kan in deze benadering het gevolg zijn van zowel een grotere inzet van de productiefactoren als van een hogere efficiëntie van de ingezette productiefactoren (Fried et al. 2008). *Productiviteit* per productiefactor wordt gedefinieerd als de totale productie (Y) gedeeld door het inputverbruik van de desbetreffende factor K , L , of E : dus de productie per eenheid productiefactor. In dit verband ligt het voor de hand economische groei af te meten aan de toename van de totale productie, waarbij Y het reële (voor inflatie gecorrigeerde) productieniveau voorstelt. Voor een gegeven inzet van de inputs betekent productiviteitsverbetering dus economische groei. De productiviteitsverbetering betekent:

- dezelfde productie met minder inputverbruik;
- meer productie met hetzelfde inputverbruik.

Beide vormen van productiviteitsgroei kunnen geschat worden door twee methoden: productiviteit per productiefactor en multifactorproductiviteit. Ten eerste meten economen de *productiviteit per productiefactor* als Y/K , Y/L , Y/E . Voor groene groei is vooral de milieuproductiviteit, Y/E van groot belang. Productiviteit kan veranderen door toename van het inputverbruik *zonder* investeringen in technologie of *met* investeringen in technologie.

Zonder investeringen in technologie kan het verbruik van één factor verschillende effecten hebben op de productiviteit van andere productiefactoren afhankelijk van de substitutie tussen productiefactoren.³ Als de productiefactoren sterke substituten zijn, compenseert bij gelijkblijvende productie de toename van het verbruik van één factor de afname van het verbruik van andere factoren. Bijvoorbeeld, door de extractie van milieu kan worden bespaard op de inzet van kapitaal en arbeid om hetzelfde productieniveau te realiseren. Dit betekent per definitie een stijging van de productiviteit van arbeid en fysiek kapitaal, zonder dat de efficiëntie van het gebruik van het milieu is toegenomen.

$$E \uparrow \rightarrow \frac{\bar{Y}}{\bar{K}} \text{ en } \frac{\bar{Y}}{\bar{L}} \uparrow \text{ voor een gegeven productieniveau } \bar{Y}$$

Als de productiefactoren elkaar aanvullen of zwakke substituten zijn, heeft de economie meer van alle productiefactoren nodig om tot meer productie te komen. Zonder substitutie is toename van het milieu ‘verbruik’ zelfs een noodzakelijke voorwaarde voor productiegroei. Bij afname van de extractie van milieu daalt de productie ook en neemt de productiviteit van arbeid en fysiek kapitaal per definitie af.

$$E \downarrow \rightarrow Y \downarrow \rightarrow \frac{Y}{\bar{L}} \text{ en } \frac{Y}{\bar{K}} \downarrow \text{ voor gegeven } \bar{L} \text{ en } \bar{K}$$

Bij milieu-besparende technologische vooruitgang neemt de efficiëntie van de inzet van het milieu toe ($d \uparrow$). De toename van de *milieu-efficiëntie* veroorzaakt niet alleen een hogere milieuproductiviteit, maar leidt ook tot een hogere kapitaalproductiviteit en arbeidsproductiviteit. Dit gevolg is geïllustreerd in de tweede rij van tabel 1. Milieu-efficiëntie is dus gedefinieerd als een specifieke vorm van technologische ontwikkeling, die exogeen tot stand komt. Productiviteit is in alle gevallen een gevolg van het productieproces en dus een endogene variabele.

De productie kan ook toenemen wanneer dankzij arbeidsbesparende technologische vooruitgang ($c \uparrow$) de inzet van arbeid efficiënter wordt. In dat geval is er wel sprake van een hogere milieuproductiviteit maar niet van een hogere milieuefficiëntie.

³ De mate van substitutie kan worden bepaald via de substitutie-elasticiteit. Deze elasticiteit is gedefinieerd als de relatieve verandering in de kapitaalintensiteit als gevolg van een zeer kleine relatieve wijziging in de verhouding tussen de reële loonvoet w en de winstvoet r bij een gelijkblijvende omvang van de productie. De empirie is niet eenduidig over de omvang van de substitutie-elasticiteiten tussen kapitaal, arbeid en milieu.

Tabel 1 Door investeringen in milieu en technologie neemt de productiviteit toe

	Productie	Efficiëntie		Productiviteit	
	Y	(E) d	(K,L) b,c	(E) Y/E	(K,L) $Y/K, Y/L$
Investerings in milieu (E)	↑	0	0	↑	↑
Investerings in milieu-efficiëntie (d)	↑	↑	0	↑	↑
Investerings in technologie (a)	↑	0	0	↑	↑

Investerings in technologie, de a in de productiefunctie, verbeteren de productiviteit van *alle* productiefactoren (Y/K , Y/L en Y/E).⁴ Te denken valt aan technische verbeteringen in het productieproces die het resultaat zijn van investeringen in onderzoek en ontwikkeling (O&O), maar ook aan organisatorische verbeteringen in het productieproces, bijvoorbeeld via innovatieve toepassingen van nieuwe diensten (zie bijvoorbeeld Adviesraad voor Wetenschap en Technologiebeleid 2012). Het gaat dan om een niet-geïncorporeerde technologische vooruitgang. Dat is een technologische vooruitgang die niet aan een van de productiefactoren is toe te schrijven.⁵ De derde rij in tabel 1 laat dit mechanisme zien.

De relatie tussen (milieu)productiviteit en (milieu)efficiëntie wordt ingewikkelder wanneer veranderingen in prijsverhoudingen tot substitutie bij de inzet van productiefactoren leiden. Zo kan een (extra) beprijzing van het milieu, bijvoorbeeld via regulerende heffingen om externe effecten te internaliseren, tot gevolg hebben dat in de productie minder milieu wordt gebruikt en, zeg, meer arbeid. In dat geval neemt de milieuproductiviteit toe en vermindert de arbeidsproductiviteit, terwijl de milieuefficiëntie en arbeidsefficiëntie onveranderd zijn gebleven. In tweede instantie kan deze hogere prijs van het milieu er in resulteren dat investeringen in technologische vooruitgang meer op verbetering van de milieutechnologie en minder op verbetering van de arbeidsbesparende technologie zijn gericht. Daarbij neemt in vergelijking met een situatie zonder beprijzing de milieuefficiëntie toe en daalt de arbeidsefficiëntie. Het hangt dan van de substitutie-elasticiteiten en van de uit de productiefunctie afgeleide vraagvergelijkingen naar arbeid, kapitaal en milieu af of een dergelijke verhoging van de milieuefficiëntie nog steeds tot een hogere milieuproductiviteit en een lagere arbeidsproductiviteit leidt.

Ook kan beprijzing van het milieu ervoor zorgen dat technologieën die milieugebruik vermijden, zoals windenergie, zonnepanelen of geothermische energie, voldoende rendabel worden en vervuilende energietechnologieën vervangen. In dat geval daalt de inzet van milieu bij gelijkblijvende milieuefficiëntie, en neemt de inzet van kapitaal om investeringen in de nieuwe

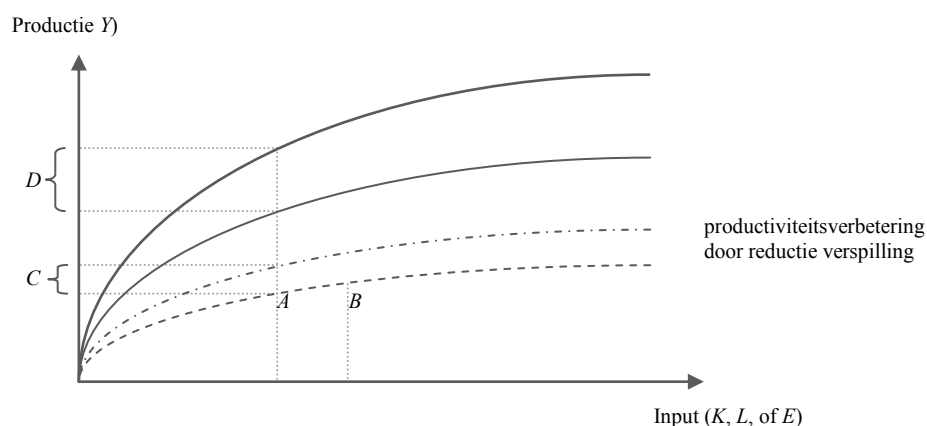
⁴ Daarom is in dit geval sprake van multifactorproductiviteit (mfp).

⁵ We zien hier af van de vraag of technologische ontwikkeling kapitaalverbruikend, arbeidsverbruikend of neutraal is. Bij neutrale technologische vooruitgang blijft de kapitaalintensiteit van de productie constant.

technologieën te bekostigen toe. In deze situatie is dus sprake van toenemende milieuproductiviteit bij gelijkblijvende milieuefficiëntie, en neemt de kapitaalproductiviteit af. Overigens zonder dat hier een directe relatie met het kapitaalrendement valt te leggen. Deze verschillende casussen laten zien dat het bij de inzet en interpretatie van het beleid om een groene groei te bewerkstelligen essentieel is *milieuproductiviteit en milieuefficiëntie van elkaar te onderscheiden*.

Optimale benutting van technologische kennis. Het bovenstaande gaat ervan dat uit de technologische mogelijkheden voor de inzet van het milieu in de productie volledig (i.e. zonder verspilling) zijn benut. Deze uitkomsten zijn dan *optimaal*. Productie die alle factoren optimaal gebruikt, bepaalt de *production frontier* van de economie (de getrokken lijnen in figuur 3). In het geval dat de productie niet op deze technologische grens ligt, is een productiviteitsverhoging mogelijk door het productieproces zodanig in te richten dat er naar de grens wordt toebevoegen (C in figuur 3 als verschil tussen de gestippelde lijnen die de feitelijke benutte productietechnologie weergeven). In dit geval wordt dus de mate van verspilling verminderd.⁶

Figuur 3 Mogelijkheden voor groei bij verschillende uitgangssituaties over productie t.o.v. de technologische grens



- A Uitgangspunt voor vergelijking
- B Productiegroei door hoger verbruik van minstens één input
- C Productiviteitsgroei door verschuiving naar *production frontier*
- D Groei van maximale productie door verschuiving van *production frontier*

Intensiever gebruik van minstens één productiefactor creëert extra productie, maar dit betekent niet automatisch welvaartsgroei. Daar zijn twee redenen voor. Ten eerste kan meer inputverbruik leiden tot de uitputting van productiefactoren, vooral

⁶ Zoals eerder toegelicht, is er sprake van verspilling of suboptimale productie als de economie niet in staat is om het technologische potentieel van de productie maximaal te benutten. Zie ook figuur 1.

van milieu. Daarnaast produceert meer en meer inputgebruik minder en minder toegevoegde output, er is sprake van afnemende meeropbrengsten. Figuur 3 laat dit mechanisme zien. De onderste streepjeslijn is de productiefunctie die het uitgangspunt is voor de vergelijking. Stel dat er niet wordt geïnvesteerd in technologische ontwikkeling. De productie groeit in dit geval langs de curve met een hogere inzet van de productiefactoren, maar de marginale productie wordt met elke stap kleiner door de afnemende meeropbrengsten. Met andere woorden: de productiviteit van de productiefactoren neem af met toename van het productieniveau, bijvoorbeeld van *A* naar *B*. In dit specifieke voorbeeld is in *B* ook sprake van een minder optimaal gebruik van de productiefactor, omdat het absolute verschil met de *production frontier* in *B* is toegenomen. In vergelijking met punt *A* kent punt *B* dus productiviteitsvermindering én een minder optimaal gebruik van de productiefactoren (zie de eerste rij in tabel 2).

Tabel 2 Alleen investeringen in milieu en technologie leiden tot productiviteitsgroei en meer optimaal gebruik van de productiefactoren

	Productie	Productiviteit	'Verspilling' productiefactor
Toename productie zonder investeringen in efficiëntie (<i>A</i> → <i>B</i>)	↑	↓ of 0	↓ of 0
Investering in milieukapitaal en -kwaliteit (<i>C</i>)	↑	↑	↑
Verschuiven van <i>production frontier</i> door investeringen in technologie (<i>D</i>)	↑↑	↑↑	0

In dit kader zijn er twee mogelijkheden om productiviteits- en efficiëntieverbetering en dus groene groei te bereiken:

- Productiviteitsgroei door investeringen in milieukapitaal en -kwaliteit waarmee de mate van verspilling daalt. Daardoor schuift de productie dichterbij naar *production frontier* toe (meer optimale uitkomsten, zie *C*);
- groei van maximale productie door investeringen in technologie. Daardoor verschuift de *production frontier* (efficiëntere productiefunctie, zie *D*).

Bedrijven kunnen hun productie verbeteren door investeringen in efficiënter verbruik en samenstelling van inputs. Zulke investeringen zijn bijvoorbeeld de opleiding van werknemers (investeringen in menselijk kapitaal) of investeringen in milieu, zoals in waterkwaliteit of energie-efficiëntie. Een voorbeeld van energie-efficiëntie is bijvoorbeeld het energetisch rendement van een elektriciteitscentrale. Verbetering van dit rendement vraagt specifieke technologische ontwikkeling. Daardoor verbetert de efficiëntie van de investeringsgerelateerde productiefactor, met name *b*, *c* of *d*. Dit zijn investeringen in factorbesparende technologische vernieuwing. In het geval van energie is bij efficiëntiewinst sprake van milieubesparende technologische vernieuwing.

Voor groene groei zijn investeringen in milieukapitaal en -kwaliteit van groot belang. Zulke investeringen verbeteren de mate waarin sprake is van optimaal ‘verbruik’ van milieu als input in het productieproces (minder ‘verspilling’). De verbetering zorgt er tevens voor dat de totale productie in de economie groeit. Dit mechanisme ziet er als volgt uit (zie figuur 3). Door investeringen in kwaliteit schuift de productiecurve dichter naar de *production frontier* toe (zie stippelstreepjeslijn). In dit geval bereikt hetzelfde inputverbruik als bij punt *A* een hoger productieniveau (zie verschil *C*).

Efficiëntieverbeteringen door investeringen in andere productiefactoren (arbeid, kapitaal) leiden er niet automatisch toe dat milieukapitaal en -kwaliteit beschermd wordt. De economie bespaart nu wellicht op de schaarse of kwetsbare groene productiefactoren, maar extra inzet van andere productiefactoren is hiervoor een noodzakelijke voorwaarde. Technologieën die de inzet van milieukapitaal optimaler kunnen maken, zijn beschikbaar, maar de inzet van deze technologieën is nog onvoldoende. De redenen ervoor zijn vooral marktfalen en het niet op milieubesparing gerichte gedrag van consumenten. Bijvoorbeeld, niet-geïnternaliseerde kennis-spillovers, asymmetrische informatie tussen consumenten en producenten, hoge overstapkosten en irrationale consumentenkeuzes zijn zulke belemmerende factoren (voor een uitgebreide analyse zie Kocsis et al. 2013). Milieubeleid kan de inzet van deze technologieën stimuleren.

Formeel betekenen zulke investeringen een verbetering van productiefactor *a* en de verschuiving van de *production frontier* naar boven. De economie kan een hogere *maximale* productie realiseren met het gebruik van dezelfde input (verschil *D* in figuur 3).

Voor de welvaartseffecten moet rekening worden gehouden met transitiekosten. Kort gezegd gaat de kost voor de baat uit. De inzet van een nieuwe *general purpose* technologie verlaagt in eerste instantie de productiviteit. Bijvoorbeeld, eerst moet de technologie op basis van fossiele brandstoffen verouderen en dan kan de nieuwe technologie ingezet en geleerd worden door de verschillende sectoren van de economie. Daardoor kan technologische vernieuwing tot lagere groei op middellange termijn leiden en tot hogere groei op de lange termijn.

Net als technologieën die milieukapitaal efficiënter kunnen maken, kunnen nieuwe *general purpose* technologieën wel beschikbaar maar niet betaalbaar zijn. De eerder genoemde padafhankelijkheid, niet-geïnternaliseerde kennis-spillovers of hoge overstapkosten belemmeren de kostendaling en de inzet van deze technologieën (Kocsis et al. 2013).

Goed ontworpen innovatiebeleid (bijvoorbeeld portfolioaanpak; geen *picking the winner*; internationale samenwerking) is nodig om de ontwikkeling en de toepassing van groene technologieën op een effectieve manier te stimuleren (Aalbers et al. 2012; Popp 2012; Zachmann 2012; Johnstone en Hascic 2012). Daarnaast is milieubeleid nodig – bijvoorbeeld in de vorm van regulering en normstelling – om de vraag naar groene technologieën te stimuleren (Popp 2012).

Al met al stelt deze beschouwing dat bij een eventuele toename van de economische groei zonder aantasting van het milieu er een onderscheid moet worden gemaakt tussen meer groene groei vanwege een hogere milieuproductiviteit en vanwege een hogere milieuefficiëntie. In het eerste geval neemt de groei toe, bij gelijkblijvende inzet van milieu als productiefactor, omdat de inzet van de overige productiefactoren toeneemt. In dat geval is sprake van een substitutie van het gebruik van het milieu naar andere productiefactoren. In het tweede geval van een hogere milieuefficiëntie is er groene groei door inzet van milieubesparende technologische vernieuwing waardoor de productiegrens verschuift. In de derde plaats kan voor een gegeven technologisch potentieel worden ingezet op een meer optimale benutting van beschikbare technologieën, in andere woorden een reductie van de mate van verspilling.

Voor een op groene groei gericht beleid verdient het aanbeveling om zowel op een betere milieuproductiviteit als op een hogere milieuefficiëntie in te zetten. De nadruk kan daarbij op verhoging van de milieuefficiëntie liggen aangezien er voldoende ruimte lijkt voor groei van het technologische potentieel. Daarnaast worden, zoals hierboven beschreven, lang niet alle mogelijkheden van efficiënt milieugebruik optimaal benut. Marktfalen is veelal een oorzaak van deze minder dan optimale benutting van de technologische mogelijkheden. Daarnaast kan marktfalen een rem vormen op de ontwikkeling van milieubesparende technologische ontwikkeling. Het is een taak van de overheid om dit marktfalen zo goed mogelijk te herstellen. Hiertoe heeft de overheid een aantal praktische mogelijkheden:

- Het stimuleren van *learning by research* en *learning by doing* voor groene technologieën.
- Het stimuleren van adaptieve (lokale) innovaties voor groene groei.
- Betere internationale samenwerking voor groene innovaties, zodat ‘*best practices*’ beter worden benut en internationale verschillen in milieuefficiëntie worden verkleind.
- Faciliteren van een betere financiering van ‘groen’ innovatiebeleid.
- Een beroep op intrinsieke motivatie van betrokken producenten en consumenten kan bijdragen aan een groene groei.

Om de vraag te beantwoorden hoe de overheid deze mogelijkheden in concreet beleid kan vertalen en welke winst dat in termen van groene groei en maatschappelijke welvaart oplevert, is verder onderzoek nodig. Alleen een uitgebreide analyse via empirische groeimodellen kan uitwijzen welke effecten de verschillende vormen van milieubesparende maatregelen op milieuproductiviteit en milieuefficiëntie hebben. Dat geeft een indruk van de effectiviteit van de maatregelen in termen van kosten en baten om groene groei te bevorderen.

4 Conclusie

Het voornemen van het kabinet Rutte II om de transitie naar een duurzame economie en groene groei te bevorderen, verdient concretisering. Daartoe is allereerst nodig scherp op het netvlies te krijgen wat met een duurzame economie en met groene groei wordt bedoeld. Dit artikel draagt hiertoe op basis van de economische welvaartstheorie enkele alternatieven aan. Met name de afweging tussen de welvaart van de huidige generatie en de toekomstige generaties is daarbij relevant. Vanuit dat afwegingskader biedt de economische groeitheorie een handvat om de verschillende mogelijkheden voor een duurzame economische ontwikkeling in beeld te brengen waarbij ook de materiële welvaart kan toenemen. Overheidsbemoeienis is hierbij gewenst voor zover, gegeven de politieke preferenties, marktfalen de groeimogelijkheden belemmert. Het literatuuroverzicht in dit artikel over de rol van het milieu in de groeitheorie laat echter zien dat nog heel wat kennis ontbreekt over welke beleidsoplossingen in de praktijk het meest effectief zijn.

De vraag blijft dan ook hoe het effect van zulke milieubesparende maatregelen in de praktijk kan worden bepaald. Vanuit dat perspectief geeft een Internationale organisatie zoals het *Green Growth Knowledge Platform (GGKP)*; een samenwerkingsorganisatie tussen OESO, UNEP, *World Bank* en GGGI, zie bijvoorbeeld UNEP 2011) een richtsnoer voor indicatoren om milieukapitaal en -kwaliteit te meten. Er zijn echter problemen met het moneteriseren van sommige delen van milieu. Een aantal componenten, zoals verhandelbare natuurlijke hulpbronnen of CO₂-uitstoot, is al langere tijd meegenomen in zulke berekeningen. Maar sommige delen van milieu, zoals luchtvervuiling door andere broeikasgassen (NO_x of SO₂), zijn externe effecten zonder prijskaartjes. Een ander probleem met de berekening is dat sommige componenten van natuurlijk kapitaal, bijvoorbeeld de positie van watervoorraden in de landbouw, al onderdeel zijn van andere vormen van kapitaal. Met een nieuwe indicator tellen deze componenten twee keer mee. Het belangrijkste probleem bij meting van de milieukwaliteit en het vinden van het antwoord op de vraag of de groei inderdaad groen en duurzaam is, betreft echter het feit dat de weging van de verschillende indicatoren voor deelaspecten van de milieukwaliteit een afweging van maatschappelijke preferenties is. Om dit te ondervangen zouden normen voor verschillende milieuthema's die als toetsbare beleidsdoelen gelden, kunnen worden opgesteld. Vervolgens zou, bijvoorbeeld via de SER, of via een klankbordgroep van milieudeskundigen, een aanvaardbare maat voor milieukwaliteit in Nederland kunnen worden opgesteld.

Auteurs

Frank den Butter (e-mail: f.a.g.den.butter@vu.nl) is hoogleraar aan de Vrije Universiteit Amsterdam. Viktória Kocsis (email: v.kocsis@seo.nl) is onderzoeker bij het cluster Mededinging en Regulering van SEO Economisch Onderzoek.

Bert Tieben (email: b.tieben@seo.nl) is hoofd van het cluster Mededinging en Regulering van SEO Economisch Onderzoek.

Literatuur

- Aalbers, R., 2009, Discounting investments in mitigation and adaptation. A dynamic stochastic general equilibrium approach of climate change. CPB Discussion Paper 126, Den Haag.
- Aalbers, R., V. Shestalova en V. Kocsis, 2012, Innovation policy for directing technical change in the power sector. CPB Discussion Paper 223, Den Haag.
- Ark, van B., E. Frankema en H. Duteweerd, 2004, Productivity and Employment Growth: An Empirical Review of Long and Medium Run Evidence, Research Memorandum GD-71, Groningen Growth and Development Centre.
- Adviesraad voor Wetenschaps- en Technologiebeleid, 2012, Diensten Waarderen, Advies 79, December 2012.
- Bergh, van den J. en Kallis, G., 2012, Growth, A-Growth or Degrowth to Stay within Planetary Boundaries? *Journal of Economic Issues*, vol. 46(4): 909-19.
- Butter, den F., (2011). Een generatiebewuste borging van milieukapitaal. In J.J. van Dijk (Ed.), *Een schrijnend Gebrek; een Begin van een Christelijk Sociale Visie op Rentmeesterschap*, 79-97. Uitgeverij Kok, Utrecht.
- Butter, F.A.G. den, en M.W. Hofkes, 1995, Sustainable development with extractive and non-extractive use of the environment in production, *Environmental and Resource Economics*, vol. 6: 341-58.
- Butter, den F. en M. Hofkes, 2001, Endogenous technology and environmental quality in economic models. *International Journal of Environmental Technology and Management*, vol. 1: 32-44.
- Butter, F.A.G. den, en F.J. Wollmer, 1993, Endogene groei en technologie, *Tijdschrift voor Politieke Economie*, vol. 16(2): 56-71.
- CBS, (2011). Green growth in the Netherlands. CBS-rapport.
- Daniëls, B., B. Tieben, J. Weda, M. Hekkenberg, K. Smekens en P. Vethman, 2012, Kosten en baten van CO2-emissiereductiemaatregelen, SEO-rapport 2012-32, Amsterdam: ECN en SEO.
- EC, 2010, EU Energy Trends to 2030 – Update 2009. European Commission, Publications Office of the European Union, Brussels.
- Fried, H., K. Lovell en S. Schmidt, 2008, Efficiency and Productivity, in: H. Fried, K. Lovell en S. Schmidt (eds), *The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Growth*, Oxford University Press, New York.
- Green Growth Knowledge Platform, 2013, Moving towards a Common Approach on Green Growth Indicators. A Green Growth Knowledge Platform Scoping Paper, april 2013.
- Hallegatte, S., G. Heal, M. Fay en D. Treguer, 2012, From growth to green growth – a framework. NBER Working Paper 17841.
- Johnstone, N. en I. Hascic, 2012, Environmental policy design for technological innovation and economic growth. Presentatie GGKP Congres, 12-13 januari 2012, Mexico.
- Kocsis, V., P. Koutstaal, B. Tieben, M. Hout, en B. Hof, 2013, Energiebeleid na 2020. Niet-klimaatgerelateerde economische argumenten voor het energiebeleid. SEO-rapport, 2013-19, Amsterdam: SEO.

- Popp, D., 2012,. The Role of Technological Change in Green Growth. World Bank Policy Research Working Paper, WPS 6239.
- Romer, P., 1986, Increasing Returns and Long-Run Growth, *Journal of Political Economy*, vol. 94: 1002-37.
- Smulders, S. en C. Withagen, 2012, Green Growth. Lessons from Growth Theory. World Bank Policy Research Working Paper, WPS6230, Washington.
- UNEP, 2011, Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth. A report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel.
- WRR (Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid), 1999, Generatiebewust beleid. *Rapporten aan de Regering*, nr. 55, Den Haag, 1999.
- WRR (Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid), 2002, Duurzame ontwikkeling; Bestuurlijke voorwaarden voor een mobiliserend beleid *Rapporten aan de Regering*, nr. 62, Den Haag, 2002.
- Zachmann, G., 2012, Green growth and green innovation, in: A. Kolev, A-D Riess, G. Zachmann en E.Calthrop (eds) *Investment and Growth in the Time of Climate Change*. EIB & Bruegel, Chapter 4, 159-225.