

RIVM rapport 778001002

Ontkoppeling Milieu en Economie

de noodzaak van een toename van de eco-
efficiëntie?

M.W. Hofkes*

A.M. Idenburg**

H. Verbruggen*

september 1998

* Instituut voor Milieuvraagstukken (IVM),
Vrije Universiteit en
Onderzoekschool Milieuwetenschappen SENSE
De Boelelaan 1115
1081 HV Amsterdam

** Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Postbus 1
3720 BA Bilthoven

Rapportnummer RIVM: 778001002

Rapportnummer IVM: E98/06

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van de directie van het RIVM in het kader van project 778001, Milieu en economie.

Abstract

In the analysis of the *factor 4* and *eco-efficiency* concepts in this paper, an attempt has been made to answer the following three questions of relevance for scientific, policy-supporting research:

1. What is factor 4?
2. Is factor 4 attainable?
3. What does factor 4 mean for policy?

Factor 4 can be defined along the lines of doubling the welfare and simultaneously halving environmental pressure. Eco-efficiency is a measure of welfare per unit environmental pressure. Making the concept eco-efficiency operational gives rise to several problems, both of a scientific and political nature.

While there seems to be a huge optimism about technological possibilities, technological solutions give rise to a range of problems which are often underexposed. They relate both to the effects of technological change on the production system and to institutional, socio-cultural and psychological factors. Finally, attention should also be given to the rebound effect. Current environmental policy focuses strongly on eco-efficiency. However, the concept of eco-efficiency does not lead to one's understanding the ultimate attainment of environmental quality objectives. This is why the last question to be discussed deals with what the lack of a relationship between eco-efficiency and the ultimate environmental quality goals will mean for the role of factor 4 in policy making.

Inhoud

Samenvatting	4
1. Inleiding	5
2. Factor 4	6
<i>2.1 De definitie van eco-efficiëntie</i>	<i>6</i>
<i>2.2 Eco-efficiëntie van wat?</i>	<i>9</i>
3. Haalbaarheid van factor 4	11
4. Factor 4 en het beleid	18
Literatuur	20

Samenvatting

In dit paper worden de begrippen factor 4 en eco-efficiëntie geanalyseerd aan de hand van drie vragen die er op gericht zijn de beleidsrelevantie van deze begrippen te verhelderen en aanknopingspunten te geven voor wetenschappelijk, beleidondersteunend onderzoek. Deze drie vragen zijn:

1. wat is factor 4?
2. is een factor 4 haalbaar?
3. wat betekent factor 4 voor het beleid?

Met factor 4 wordt iets bedoeld als een verdubbeling van de welvaart bij een gelijktijdige halvering van de milieudruk. In plaats van een afname van de milieudruk per eenheid product of per eenheid welvaart wordt ook wel gesproken van een toename van de eco-efficiëntie. Bij het operationaliseren van het begrip eco-efficiëntie doen zich verschillende problemen voor. Deze problemen zijn zowel van natuurwetenschappelijke als van maatschappelijke c.q. politieke aard.

Met betrekking tot de haalbaarheid van een factor 4 blijkt er sprake te zijn van een groot optimisme met betrekking tot de technologische mogelijkheden. Bij het (maatschappelijk) toepassen van technologische oplossingen dreigen echter verschillende problemen, die vaak onderbelicht worden. Deze problemen hebben betrekking op de structurele doorwerking van technologieën op het hele productiesysteem, alsmede op institutionele, sociaal-culturele en psychologische factoren. Ten slotte is er nog het probleem van het zogenaamde rebound-effect.

Het huidige beleid is sterk op het eco-efficiëntie spoor gericht. Probleem daarbij is dat het begrip eco-efficiëntie geen inzicht geeft in het bereiken van de uiteindelijke milieukwaliteitsdoelstellingen. Eén van de vragen die derhalve ter discussie staan is wat het ontbreken van een verband tussen milieukwaliteitsdoelen en het begrip eco-efficiëntie voor de rol van factor 4 in het beleid betekent. Uit het antwoord op deze en andere vragen moet blijken of het zinvol is om het begrip eco-efficiëntie verder te operationaliseren.

1. Inleiding

In 1997 is de Nota Milieu en Economie (NME) uitgekomen. In de NME verkent het kabinet hoe onze samenleving een duurzame economische ontwikkeling kan bereiken waarbij economische groei hand in hand gaat met een beter beheer van ruimte, natuur en biodiversiteit en een absolute daling van milieubelastende emissies. De openingszin van de NME luidt: 'Economische groei en vermindering van de milieudruk kunnen heel goed samengaan'. In de nota is een groot aantal acties geformuleerd waarmee kansen voor economische activiteiten gecombineerd kunnen worden met het verminderen van milieudruk. Deze acties moeten het optimisme met betrekking tot de mogelijkheden van het integreren van economie en milieu in het begrip duurzame ontwikkeling ondersteunen. Naast specifieke aandacht voor bepaalde sectoren wordt de nadruk gelegd op een generiek overheidsbeleid, dat aansluit bij bestaande economische dynamiek en bij autonome maatschappelijke processen. De bedoeling is de prikkels voor maatschappelijke actoren in het besluitvormingsproces zo vorm te geven dat (relatief) milieuvriendelijke oplossingen resulteren.

De kerndoelstelling van het kabinet, zoals uitgewerkt in de NME, is een ontkoppeling tussen economische groei en milieubelasting. Het kabinet wil deze doelstelling realiseren door het stimuleren van de eco-efficiëntie van de Nederlandse productie. De redenering die hieraan ten grondslag ligt, stoelt op de 'factor 4' discussie. Deze factor 4 discussie is tot op heden echter nogal verwarrend en in beleidsmatige zin weinig constructief gebleken. Er worden zeer verschillende begrippen gehanteerd en uiteenlopende wegen geïdentificeerd om tot een bepaalde factor X, ofwel ontkoppeling tussen economische groei en milieudruk te komen. De beleidsadviezen zijn zo mogelijk nog uiteenlopend.

In dit paper worden de begrippen factor 4 en eco-efficiëntie nader geanalyseerd aan de hand van drie vragen die er op gericht zijn de beleidsrelevantie van deze begrippen te verhelderen en aanknopingspunten te geven voor wetenschappelijk, beleidondersteunend onderzoek. Deze drie vragen zijn:

1. wat is factor 4?
2. is een factor 4 haalbaar?
3. wat betekent factor 4 voor het beleid?

In de volgende hoofdstukken zullen deze drie vragen achtereenvolgens aan de orde komen. In hoofdstuk 1 zal getracht worden een definitie van het begrip factor 4 te geven. In hoofdstuk 2 wordt aan de hand van een aantal concrete studies ingegaan op de haalbaarheidsvraag. In hoofdstuk 3, ten slotte, wordt geanalyseerd wat factor 4 als concept voor het beleid betekent of kan betekenen wanneer we het denkkader van ontkoppeling/ eco-efficiëntie als uitgangspunt hanteren.

2. Factor 4

2.1 De definitie van eco-efficiëntie

Een nuttig kader om naar de relatie tussen economische groei en milieubelasting te kijken wordt gevormd door de volgende identiteit, die de milieukundige Commoner introduceerde in 1972 (zie ook Weterings en Opschoor, 1992):

$$M = B \times \frac{W}{B} \times \frac{M}{W} = B \times w \times m$$

waarbij:

- M: de totale Milieubelasting;
- B: de Bevolkingsomvang;
- W: de Welvaart of het Binnenlands Product;
- w: de Welvaart per persoon (W/B);
- m: de milieubelasting per eenheid welvaart (M/W);

Bovenstaande identiteit geeft direct zicht op de kern van het factordenken. Als, mondiaal, de bevolkingsomvang (B) de komende vijftig jaar verdubbelt, en de welvaart per persoon (w) vervijfvoudigt in die periode dan zal de milieubelasting per eenheid welvaart met een **factor 20** moeten afnemen om de totale milieubelasting te kunnen halveren (uitgangspunten van DTO, het Interdepartementale Onderzoeksprogramma Duurzame Technologische Ontwikkelingen). Of voor Nederland uitgedrukt in termen van de NME en de ICES missiebrief: als de economie in de periode 1998-2020 jaarlijks met 3% groeit betekent dit bijna een verdubbeling van de economische productie (W). Dit betekent dat de milieubelasting per eenheid welvaart met een **factor 2** zal moeten afnemen voor een gelijk blijvende milieudruk en met een **factor 4** om de milieudruk te halveren. In plaats van een afname van de milieudruk per eenheid product of per eenheid welvaart wordt ook wel gesproken van een toename van de **eco-efficiëntie**. Eco-efficiëntie is dan gedefinieerd als de inverse van m, ofwel de welvaart per eenheid milieubelasting (W/M). Als de eco-efficiëntie in het laatste voorbeeld met minder dan een factor 2 toeneemt (maar wel met meer dan een factor 1), dan zal er slechts sprake zijn van relatieve ontkoppeling. Pas als de eco-efficiëntie met meer dan een factor 2 toeneemt kunnen we van absolute ontkoppeling spreken. In het algemeen zal de eco-efficiëntie met een grotere factor moeten toenemen dan de productie wil er sprake kunnen zijn van absolute ontkoppeling. Dit laatste illustreert hoe ambitieus het is om absolute ontkoppeling na te streven.

Bovenstaande exercitie maakt duidelijk dat als aanknopingspunt voor beleid de factor X, ofwel een toename van de eco-efficiëntie (W/M), ofwel een afname van de milieubelasting per eenheid product (M/W), een centrale rol speelt. De precieze inhoud van deze begrippen is echter vaak niet duidelijk afgebakend. Een vergelijkbare invalshoek, namelijk het zoeken naar een relatie tussen economische ontwikkeling en milieudruk, wordt gehanteerd bij de studies naar de zogenaamde groene Kuznets-curve. Ook het ruimere concept van “Industrial Transformation” wordt vaak bij deze discussie betrokken.

De Kuznets-curve

De Kuznets-curve geeft de relatie tussen milieudruk en economische productie en heeft de vorm van een omgekeerde U; in eerste instantie stijgt de milieudruk bij economische groei, maar na een bepaalde productieomvang neemt de milieudruk weer af bij verder gaande groei. Terwijl studies uit het eind van de jaren tachtig en begin jaren negentig het geloof in deze curve empirisch leken te onderbouwen trekt een recentere studie het bestaan er van weer in twijfel (de Bruyn en Opschoor, 1997). Deze laatste studie laat zien dat de onderzochte relatie eerder beschreven kan worden met een N-vormige curve dan een omgekeerde U vorm; in welvarende West-Europese landen zijn in de jaren 1980-1990 milieudruk en economische groei herkoppeeld. Sommigen spreken dan ook over de Kuznets-mythe (RMNO, 1998).

Industrial Transformation

'Industrial Transformation' (IT) is een nieuw perspectief op milieu-onderzoek. IT-onderzoek heeft als doel het begrijpen van de maatschappelijke mechanismen en de menselijke drijfveren die een transformatie van het maatschappelijke systeem in de richting van duurzaamheid, en, in fysieke termen, een ontkoppeling van consumptie en productie van de daarmee gepaard gaande druk op het milieu, mogelijk moeten maken. IT-onderzoek bestudeert de interacties tussen fysieke, technische, sociale, economische en culturele aspecten van productie en consumptie activiteiten in relatie tot het natuurlijk milieu.

De factor 4 discussie is niet nieuw. Een groot deel van de hernieuwde aandacht vloeit voort uit de publikatie van het boek "Faktor Vier, Doppelter Wohlstand-halbierter Naturverbrauch (Von Weizsäcker e.a., 1995). Zoals de titel van dit boek aangeeft, wordt met een factor 4 dan bedoeld een verdubbeling van de economische welvaart bij een gelijktijdige halvering van de milieudruk. Er wordt daarom ook wel gesproken van een teller en een noemer effect. Het teller effect is dan het economische begrip welvaart en het noemer effect het natuurwetenschappelijke begrip milieudruk. Bij een poging de teller en de noemer precies te definiëren treden echter verschillende problemen op.

De teller: welvaart

Met betrekking tot de teller is de vraag wat precies met welvaart bedoeld wordt. Beperken we het welvaartsbegrip tot de materiële productie of hanteren we een breder welvaartsbegrip waarin onder andere ook de zogenaamde 'amenity value' van het milieu een plaats krijgt. Het Bruto Binnenlands Product (BBP) als maatstaf voor de materiële productie is relatief eenvoudig en ondubbelzinnig meetbaar, maar is een onvolledige maatstaf voor welvaart. Een breder welvaartsbegrip, waarin tot uitdrukking komt dat ook niet-materiële zaken, zoals de kwantiteit en kwaliteit van het milieu op zich, aan het welbevinden kunnen bijdragen, is relevanter. Echter een dergelijk breed welvaartsbegrip is moeilijker te bepalen en minder ondubbelzinnig. Daarom wordt welvaart vaak ingevuld met het BBP.

De noemer: milieudruk

Ook met betrekking tot de noemer is de vraag wat precies onder milieudruk wordt begrepen: kijken we naar emissies, afvalstromen, gebruik van ruimte, gebruik van natuur en grondstoffen, of wellicht een combinatie van dit alles? Anders dan voor welvaart bestaat er geen overeenstemming over een algemene indicator (hoe gebrekkig dan ook) voor de totale milieudruk. Er is hier sprake van een fundamenteel aggregatieprobleem, dat uit twee elementen bestaat. Ten eerste het dimensieloos maken van een bepaalde vorm van milieudruk met behulp van een waarderingsfunctie. En ten tweede, de aggregatie van alle verschillende soorten milieudruk met behulp van een wegingsschema. Ondanks de beschikbare natuurwetenschappelijke kennis zijn in beide stappen persoonlijke waarderungen, en op maatschappelijk niveau, politieke keuzes, onvermijdelijk. Inherent aan het aggregeren is er

daarenboven nog het probleem van de uitruilmogelijkheden die men expliciet tussen verschillende vormen van milieudruk wil toelaten. Ook deze uitruilmogelijkheden zijn ten dele politiek bepaald (zie ook CPB, 1996). Kan extra geluidshinder en ruimte-gebruik gecompenseerd worden met een reductie van NO_x - of CO_2 - emissies? Hetzelfde geldt voor uitruilmogelijkheden tussen regio's; is hinder in de Randstad te compenseren met stiltegebieden in Drenthe?

Bovenstaande maakt dat iedere suggestie voor het aggregeren van elementen van de milieudruk tot een indicator op een hoger abstractieniveau kan rekenen op natuurwetenschappelijke en beleidsmatige weerstand. Voor het concretiseren van de factor 4 discussie is zo'n aggregatie echter van groot belang. Nu wordt vaak als indicator voor de totale milieudruk de emissie van één enkele stof (CO_2) gebruikt, of een aggregaat van stoffen waarvoor wel overeenstemming bestaat (broeikasgassen, verzurende stoffen), het gebruik van fossiele brandstoffen of het gebruik van één of meerdere materialen.

Het quotiënt: eco-efficiëntie

Hierboven zijn al verschillende problemen genoemd die zich voordoen bij het operationaliseren van het begrip eco-efficiëntie. Het grootste probleem van het begrip eco-efficiëntie is echter dat teller en noemer in verschillende dimensies gemeten worden. De teller is een (monetair) aggregaat van welvaart, gewogen met prijzen, waarin relatieve schaarste tot uitdrukking komt. De teller is hiermee gerelateerd aan de uitkomst van het economisch proces. De noemer daarentegen is gedefinieerd in fysieke termen en is niet de uitkomst van een economisch proces, maar het onderwerp van beleid. Het lijkt dan ook op voorhand weinig zinvol om deze twee grootheden aan elkaar te relateren. Hiermee is het quotiënt van beide grootheden, de eco-efficiëntie, een grootheid met weinig betekenis.

Ten slotte is het nog van belang op te merken dat het uiteindelijke doel van een duurzaamheidsbeleid het handhaven of bereiken van een bepaalde hoeveelheid milieukapitaal is (of zou moeten zijn). Hiervoor is het gebruik van een effect indicator eigenlijk relevanter. Nu is, zoals hierboven aangegeven, de aggregatie van milieu-emissies tot één milieudruk indicator al niet eenvoudig. De ontwikkeling van een aggregatie methodiek voor de gevolgen van verschillende vormen van milieudruk tot één effect indicator staat helemaal nog in de kinderschoenen.

Effectindicatoren en de kapitaalbenadering

Effect indicatoren leggen een relatie tussen milieudruk (emissies), milieukwaliteit (concentraties) en effecten. Een voorbeeld van een effect indicator is de DALY (disability adjusted life years) De DALY is ontwikkeld door de Wereldbank en de WHO en geeft het aantal verloren gezonde levensjaren weer. Deze methodiek is voor de Milieubalans 1997 uitgewerkt voor een aantal milieuproblemen (RIVM, 1997a; voor uitleg van de DALY-methodiek zie Van der Maas e.a. 1997). Voor effecten op de natuur wordt gewerkt aan de ontwikkeling van de PAF-indicator (potentieel aangetaste fractie) (Klepper en Van der Meent, 1997). Deze indicator geeft aan welke fractie van een aantal doelsoorten bij gelijkblijvende milieukwaliteit kan overleven. Dergelijke effectindicatoren passen in initiatieven voor het ontwikkelen van een kapitaalbenadering van economie en milieu. Bij factor 4 en eco-efficiëntie gaat het om de verhouding tussen twee stroomgrootheden. In de kapitaalbenadering wordt juist gekeken naar (de gevlogen van die stromen voor) voorraadgrootheden. De Wereldbank geeft naast een financiële waardering van economische kapitaal ook financiële waarderingen voor natuur en menselijk kapitaal (Serageldin, 1995). Het RIVM ontwikkelde een Leefomgevingsbalans waarin de fysieke leefomgeving gewaardeerd wordt vanuit een ecologisch, economisch en sociaal-psychologisch perspectief (RIVM, 1998a).

In het bovenstaande zijn enkele beperkingen en problemen van het factor 4 denken aangegeven. Het beleid gebruikt het begrip eco-efficiëntie echter vooral als een richtinggevend instrument. Om het voor dat doel geschikter te maken is verdere concretisering noodzakelijk. Van belang is dan, onder andere, om te concretiseren op welk niveau naar eco-efficiëntie gekeken wordt c.q. naar de eco-efficiëntie van wat gekeken wordt.

2.2 Eco-efficiëntie van wat?

Op welk niveau de ontkoppelingsdiscussie het beste gevoerd kan worden, hangt af van de doelstelling van de discussie. In een meer theoretische discussie zal het begrip factor 4 op een vrij hoog abstractieniveau ingevuld worden. Het gaat dan over welvaart en milieudruk. In de vorige paragraaf is duidelijk geworden dat ook op een dergelijk hoog abstractieniveau een ondubbelzinnige definitie niet eenvoudig is. Als de doelstelling van de discussie tevens is het milieubeleid te ondersteunen (via beleidsevaluatie of beleidsvoorbereiding), zullen de begrippen factor 4 en eco-efficiëntie verder geconcretiseerd moeten worden. De vraag moet dan beantwoord worden naar de eco-efficiëntie van wat gekeken wordt, ofwel op welk (schaal)niveau moet een factor x gerealiseerd worden. Hierbij kunnen verschillende niveaus onderscheiden worden:

- Gaat het om de eco-efficiëntie van een product (tomaat, auto of vliegvakantie) of van de functie die het product vervult (voeding, vervoer, ontspanning)?
- Kijken we naar de eco-efficiëntie van een product (verf) of van de keten waar het product onderdeel van is (pigment, oplosmiddel, verf, verfresten)?
- Geldt de factordoelelstelling voor een individueel product (één liter verf) of voor de totale productie in een jaar (zoveel ton verf)?
- Moet de factordoelelstelling lokaal (buurt, regio), nationaal (Nederland) of internationaal (Europa, de Wereld) gerealiseerd worden?

De keuze voor het niveau waarop de factor doelstelling gerealiseerd moet worden zal afhankelijk zijn van wetenschappelijke, beleidsmatige en praktische overwegingen. De uiteindelijke concretisering van de eco-efficiëntie op een bepaald niveau zal afhankelijk van het belang dat aan deze verschillende overwegingen gehecht wordt.

wetenschappelijke afwegingen

Natuurwetenschappelijk heeft een eco-efficiëntie begrip op het niveau waarop het milieu-probleem speelt de voorkeur. Voor klimaatproblemen is dat op wereldschaal, voor geluidsoverlast is dat juist op lokaal niveau. CO₂ emissies beïnvloeden ook het klimaat buiten de landsgrenzen, maar de geluidemissies van Schiphol zijn in het Ruhrgebied te verwaarlozen. Op sociaal-wetenschappelijke gronden kan er een voorkeur zijn om de eco-efficiëntie van een functie te beschouwen in plaats van die van het product. Het voordeel van de functiebenadering is dat er rekening gehouden kan worden met substitutie tussen verschillende producten/diensten die de achterliggende behoefte bevredigen.

beleidsmatige overwegingen

Bij de beleidsmatige overwegingen moet een onderscheid gemaakt worden tussen beleids-evaluatie en beleidsvoorbereiding. Bij beleidsevaluatie is het belangrijk dat de concretisering van eco-efficiëntie aansluit bij de aangrijpingspunten en doelstellingen van het te evalueren beleid. Een moeilijkheid hierbij is echter dat deze vaak niet op het zelfde niveau liggen. Het beleid stelt normen voor individuele auto's (het aangrijpingspunt) maar de doelstelling is om de emissies van het verkeer terug te brengen. Of het klimaatbeleid op nationaal niveau of internationaal niveau geëvalueerd moet worden hangt onder andere af van het wel of niet

toelaten van Joint Implementation om nationale doelstellingen te realiseren. Bij beleidsvoorbereiding is het minder van belang om aan te sluiten bij de huidige aangrijpingspunten van het beleid.

praktische overwegingen

Ook praktische overwegingen zijn van belang bij de concretisering van het eco-efficiëntie begrip. Ondanks een voorkeur op wetenschappelijke gronden voor een invulling met bijvoorbeeld functies kunnen praktische overwegingen de doorslag geven voor een eco-efficiëntie benadering met producten; vliegvakanties zijn nu eenmaal makkelijker te meten en te beschrijven dan 'ontspanning'.

Op dit moment is het niet echt mogelijk om een algemene uitspraak te doen over de geschiktheid van de concretisering van het begrip eco-efficiëntie op het ene niveau ten op zichte van die op een ander niveau. Zoals ook in het volgende hoofdstuk zal blijken worden er in verschillende studies verschillende uitwerkingen aan gegeven. Veelal ontbreekt daarbij een expliciete verantwoording voor de betreffende uitwerking. Voor- en nadelen van de verschillende uitwerkingen zullen in discussies tussen wetenschappers en beleidsmakers verder verhelderd moeten worden.

3. Haalbaarheid van factor 4

Technologie krijgt een belangrijke rol toebedacht in het bereiken van het vergroten van de eco-efficiëntie van economische activiteiten. Ook studies naar de haalbaarheid van een significante ontkoppeling van economie en milieu zijn veelal gefocust op technologie. Er is hierbij sprake van een groot optimisme ten aanzien van de technologische mogelijkheden. Vaak wordt vergeten dat niet alle milieuproblemen technologisch oplosbaar zijn. Bovendien worden de vaak zeer hoge kosten en de problemen met de inpasbaarheid van nieuwe technologieën genegeerd.

Ontkoppeling en Technologie

Er zijn twee extreme standpunten over de rol van technologie in de ontkoppeling van economische groei en milieudruk. Het ene standpunt wijst op het grote vermogen van ons technologisch kunnen en het marktmechanisme; als een grondstof of een bepaalde milieufunctie echt schaars wordt zal het marktmechanisme er voor zorgen dat er een technologie ontwikkeld wordt die de grondstof of milieufunctie spaart dan wel substitueert voor een grondstof die volop aanwezig is. Dit is de zo genaamde back-stop technologie (Dasgupta en Heal, 1979). Het andere uiterste standpunt wijst er op dat de technologische mogelijkheden begrensd zijn door de wetten van de thermodynamica en dat een groot deel van de milieuvervuiling leidt tot onomkeerbare ecologische processen (eenmaal uitgestorven komt een soort nooit meer terug). Alleen binnen deze natuurkundige wetten zal economische productie ook op de lange duur mogelijk zijn (Ayres, 1998). De hedendaagse discussie over de relatie tussen technologie en ontkoppeling wordt echter niet in deze uiterste standpunten gevoerd, maar er ergens tussen in. Aan de ene kant een geloof dat door goede sturing technologische toepassingen voor ontkoppeling zullen zorgen (Nota Milieu en Economie), en aan de andere kant de vraag of technologische ontwikkelingen snel genoeg gaan om de negatieve effecten van de voortschrijdende groei voldoende te compenseren (El Serafy, 1991). Daarnaast wordt ook steeds meer aandacht besteed aan de vraag hoe de toepassing van beschikbare technologieën gestimuleerd kan worden.

Met betrekking tot het (maatschappelijk) toepassen van technologische oplossingen zijn drie soorten problemen te onderscheiden. Ten eerste is er het technisch/structurele aspect. In de praktijk is de technologie namelijk niet los te zien zijn van de structuur waarin die technologie moet worden toegepast. Veranderingen in het productieproces veranderen in veel gevallen tevens de vraag naar grondstoffen en leveringen uit andere processen. Bovendien veranderen in veel gevallen de karakteristieken van het geproduceerde product, waardoor toepassing en gebruik ook weer moeten veranderen. De toepassing van filters voor het afvangen van vervuiling betekent een groei van de vraag naar filters en creëert bovendien een nieuwe vraag naar het verwerken van de vervuiling die door die filters gebonden zijn. Dit heeft dus effecten op de productiestructuur van een economie. De veranderingen die gepaard gaan met de productie van watergedragen in plaats van oplosmiddelgedragen inkt en verven zijn nog veel ingrijpender. Van een verminderde vraag naar oplosmiddelen door de industrie maar ook door de consument die z'n kwasten niet meer met terpentijn hoeft schoon te maken, tot verminderde vraag naar oud papier, omdat papier met watergedragen inkt minder geschikt is voor recycling¹. Ten tweede spelen sociaal culturele, institutionele en psychologische factoren een rol. In bijvoorbeeld het geval van de productie van

¹ Watergedragen inkt is niet gemakkelijk van het papier te spoelen, waardoor het nieuwe papier te grauw blijft.

watergedragen in plaats van oplosmiddelgedragen inkten en verven zal de omschakeling naar watergedragen inkten en verven pas plaatsvinden als de consument er van overtuigd is dat deze verven kwalitatief minstens zo goed zijn als de 'oude' verven. Ten derde is er nog het probleem van het zogenaamde 'rebound-effect'. In plaats dat nieuwe producten substituten zijn voor oude producten is er vaak sprake van een sterke mate van complementariteit (spaarlampen zijn zuiniger dus kunnen we de tuin de hele nacht verlichten).

Zoals gezegd worden bovengenoemde problemen bij de implementatie van nieuwe technologieën meestal niet expliciet meegenomen in de haalbaarheidstudies. Wel worden ze vaak als kanttekening geplaatst bij de resultaten. Studies als het MATTER-project, Duurzame Technologische Ontwikkeling (DTO) en het boek "Faktor 4, Doppelter Wohlstand, halbierte Naturverbrauch" (Von Weiszäcker e.a., 1995) geven aan dat veelal met beschikbare technologieën een enorme reductie in materiaal en energiegebruik te behalen is.

MATTER

De MATTER (MATERials Technologies for GHG Emission Reduction)-studie², bekijkt opties voor de reductie van broeikasgassen (in CO₂ equivalenten) van de totale productie van een aantal sectoren in Europa. De keuze voor de emissies van broeikasgassen is gemaakt vanwege de doelstellingen die hierover vastgelegd zijn in het Kyoto protocol door het United Nations Framework Convention on Climate Change. De keuze voor de betreffende sectoren is gemaakt vanuit de veronderstelling dat in de productie en het gebruik van materialen door deze sectoren nog veel opties zijn voor emissie reducties. Dit zijn beide sterk beleidsmatige overwegingen. De keuze voor Europa is meer praktisch; vanwege internationale verwevenheid van de betreffende sectoren is het niet echt mogelijk om afzonderlijke landen in Europa te onderscheiden in de analyse (Gielen, 1998).

In deelstudies naar materiaalproductie, de verpakkingsindustrie, personenvervoer en het gebruik van bouwmaterialen laat het MATTER-project zien dat een reductie in de hieraan gerelateerde broeikasgas emissies met een factor 2 voor het jaar 2020 tot de mogelijkheden behoort. Voor een reductie met een factor 10, die soms technologische gezien wel haalbaar is, bestaan te veel institutionele barrières (ECN-Policy studies, 1998). Overigens is bij deze berekeningen nog geen rekening gehouden met structurele verschuivingen in de economie. In het vervolg van de studies zullen de uitkomsten van de deelstudies gekoppeld worden in het MARKAL model waardoor onderlingen relaties en relaties met algemene economische ontwikkelingen in de berekeningen mee genomen kunnen worden.

DTO

De Duurzame Technologische Ontwikkeling (DTO) -studie kijkt een stuk verder dan MATTER. De doelstelling van het programma was te laten zien dat: "een duurzaam scenario mogelijk [is] waarbij groei niet als bedreiging wordt gezien maar als drijfveer voor innovatie". Uitgangspunt van de DTO-studie is dat de totale milieudruk binnen vijftig jaar tijd gehalveerd moet worden, bij een verdubbeling van de bevolking en een vervijfvoudiging van de welvaart per persoon. Dit komt neer op een reductie in de milieudruk per eenheid welvaart met een factor 20. Factor 20 is dus het uitgangspunt van de studie en niet de uitkomst (DTO, 1997); het doel van demonstratie staat voorop. Hierdoor is de keuze voor concretisering van het eco-efficiëntie begrip vooral praktisch bepaald. Dit is uitgewerkt voor een aantal functies (thema's in DTO terminologie): voedselvoorziening, vervoer, waterketens, zon en biomassa

² het MATTER-project valt onder het Nationale Onderzoeksprogramma Mondiale Luchtverontreiniging en Klimaatverandering (NOP-MLK). De afdeling Beleidstudies van ECN is de trekker van het project. Verder werken onderzoekers van RUG/IVEM, VU Amsterdam, UU/NW&S en het Bureau B&G aan het project.

als alternatief voor fossiele brandstoffen (voor energieopwekking en als basisgrondstof voor de chemie) en woonwijken. DTO laat zien dat er in principe aanzienlijke reducties van de voor deze functies relevante milieuproblemen mogelijk zijn op basis van nu reeds bestaande of in ontwikkeling zijnde technologieën.

In een algemeen scenario is gekeken naar het wereld energiegebruik. Dit is afgezet tegen het wereld BBP en de omvang van de wereldbevolking. Geen rekening is gehouden met de institutionele en psycho-sociale/culturele veranderingen die nodig zijn om de toepassing van deze technologieën ook te realiseren. Zo laat de studie over voeding zien dat op basis van 'novel proteïns' smakelijke, voedzame en energiezuinige maaltijden bereid kunnen worden. De vraag of mensen ook bereid zijn om deze te nuttigen in plaats van een maaltijd met vlees wordt in de studie niet behandeld. Ook blijft onbeantwoord wat de gevolgen van zo'n eventuele omschakeling naar 'novel proteïns' weer voor gevolgen heeft voor landgebruik en biodiversiteit, terwijl aan dergelijke variabelen toch de uiteindelijke doelstellingen van het beleid gerelateerd (zouden moeten) zijn.

'Factor 4, Doppelter Wohstand, halbierter Naturverbrauch'

Ook bij Von Weizsäcker, Lovins en Lovins (1995) staat het doel van demonstratie voorop. Zij laten zien dat op basis van huidige technologieën enorme reducties in energie- en materiaalgebruik te behalen zijn. Dat wil zeggen dat de welvaarts kant van het eco-efficiëntie begrip is ingevuld met individuele producten, en de milieudruk met het gebruik van energie, materiaal of fysiek transport. Het boek geeft vijftig voorbeelden van mogelijke verbeteringen met betrekking tot onder andere kantoorgebouwen, computers, tomaten, auto's, industrieel watergebruik, video-vergaderen en autodelen. De besproken technologieën zijn in de meeste gevallen op kleine schaal al toegepast. De auteurs geven aan hoe deze technologieën algemener toegepast zouden kunnen worden. Daarbij gaan ze overigens niet in op de maatschappelijke haalbaarheid of mogelijke bij-effecten. Er wordt vanuit gegaan dat de oude producten gesubstitueerd worden door de nieuwe. Er wordt geen rekening gehouden met groei of met additionele/complementaire vraag.

RMNO

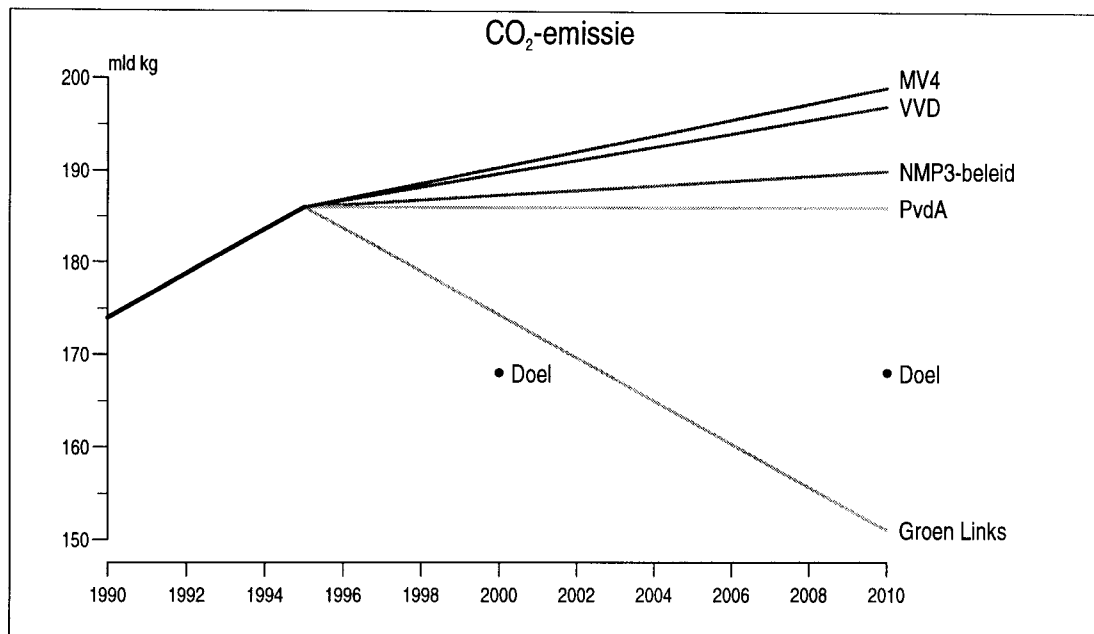
Uit bovenstaande studies blijkt dat, in ieder geval voor een deel van de milieuproblemen, de beschikbaarheid van technologie niet het probleem is bij de ontkoppeling van economische groei en milieudruk. Dit was ook conclusie van een conferentie die de RMNO rond het thema "Factor 4" in juni 1997 hield (RMNO, 1998). Na een algemene inleiding werd in parallel sessies gesproken over de mogelijkheden factor 4 verbeteringen te halen in de procesindustrie en energiesector, in het verkeer en vervoer en in de maakindustrie. Ondanks het beschikbaar zijn van technologische oplossingen voor milieuverbeteringen was men over het algemeen niet optimistisch over de haalbaarheid van de factor 4. Dit omdat er veel barrières zijn voor de implementatie van nieuwe technologie. De barrières liggen veelal op het institutionele vlak, preferenties van consumenten en de afwachtende houding van ondernemers ten opzichte van nog niet bewezen technologieën. Het niveau waarop factor 4 bekeken werd was hier niet expliciet aangegeven. Echter uit de vraagstelling is af te leiden dat het in feite ging om de milieudruk per bedrijf of sector.

RIVM

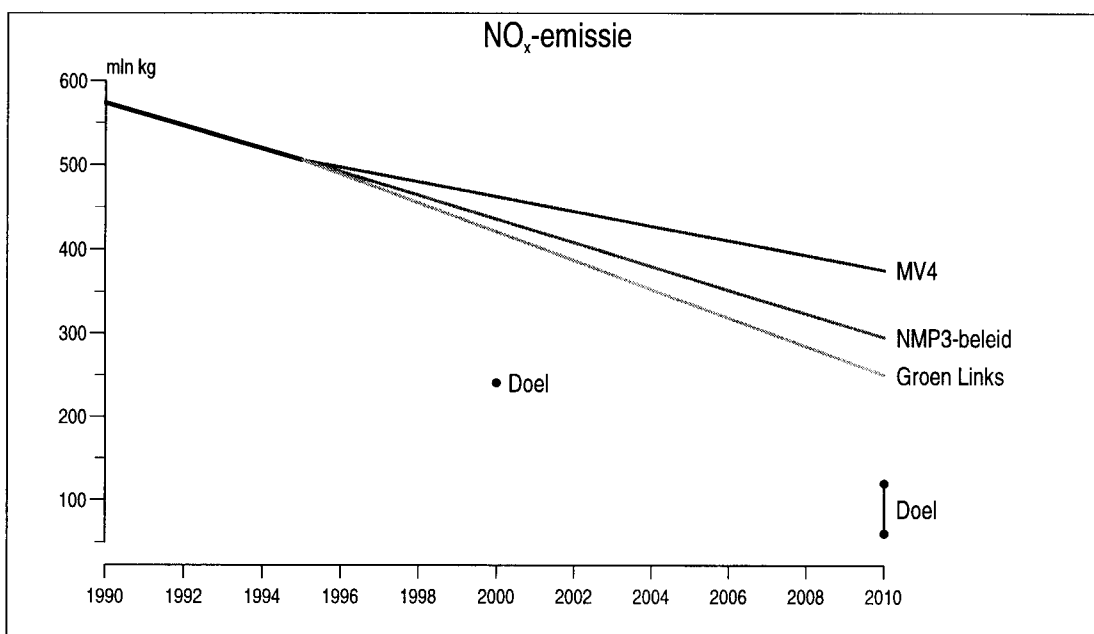
Ook het RIVM is voorzichtig als het gaat om veronderstellingen ten aanzien van de implementatie van nieuwe technologieën. De studies van het RIVM (1997b, 1998b, 1998c) hebben als doel (voorgenomen) Nederlands milieubeleid te evalueren met betrekking tot de effecten op het milieu. Hierdoor is de analyse sterk gericht op de aangrijpingspunten en de

doelstellingen van het beleid. Veel van deze doelstellingen zijn geformuleerd in termen van emissies van individuele stoffen of NMP-thema's, voor Nederland totaal of voor specifieke groepen actoren. De milieudrukkant van de factor discussie is dus ingevuld door de emissies van individuele stoffen of een aggregatie voor een bepaald milieu-thema. Waar mogelijk zijn ook de effecten op eco-systemen en humane gezondheidseffecten doorgerekend. In deze gevallen is geen landelijk beeld gegeven maar zijn de resultaten gepresenteerd op een regionaal niveau. De analyses zijn uitgevoerd tegen de achtergrond van de economische scenario's van het Centraal Planbureau. Dit betekent dat de welvaarts kant van de factor discussie is ingevuld met het BBP, of de productie per sector. Overigens is het quotiënt (de eco-efficiëntie) en de verandering daarin (de factor) in geen van de studies berekend. De 'Vierde Nationale Milieuverkenning 1997-2020' concludeert dat het huidige en voorgenomen milieubeleid onvoldoende is om een aantal belangrijke milieudoelstellingen te halen. Weliswaar neemt de milieudruk ten opzichte van de economische groei af, maar onvoldoende om de absolute ontkoppeling, waar het kabinet naar streeft, te bewerkstelligen (RIVM, 1997b). Een vergelijking van de uitkomsten van de Milieu Verkenningen, en de berekeningen voor het NMP-3 (RIVM, 1998b) en de verkiezingsprogramma's (1998c) laat de afhankelijkheid zien van het beleid. Figuren 1 en 2 geven de verwachte emissies van CO₂ respectievelijk NO_x tegen de achtergrond van het European Coördination scenario van het CPB. Het voorgenomen NMP-3 beleid gaat verder dan het beleid dat voor de Milieuverkenningen was doorgerekend. Van de Verkiezingsprogramma's tonen de figuren de verwachte resultaten van het milieubeleid dat voorgesteld is door de PvdA, de VVD en GroenLinks³. De economische effecten van het milieubeleid van het NMP-3, de PvdA en de VVD zijn ten opzichte van de MilieuVerkenningen te verwaarlozen. Alleen het milieubeleid van GroenLinks heeft duidelijk negatieve economische effecten. Het CPB plaatst bij dit negatieve resultaat echter direct de kanttekening dat de onzekerheden over de economische effecten groter zijn naarmate de voorgestelde ingrepen forser zijn en sterk afwijken van uit het verleden bekende maatregelen. Dit geldt voor grote delen uit het GroenLinks programma (CPB, 1998).

³ Voor de overzichtelijkheid zijn de resultaten voor het CDA en D66 niet opgenomen in de grafiek voor CO₂. Deze liggen voor CO₂ in de nabijheid van de resultaten van de VVD respectievelijk de PvdA. In de grafiek voor NO_x zijn ook de resultaten voor de PvdA en de VVD niet opgenomen; deze zijn vrijwel gelijk aan het NMP3-beleid.



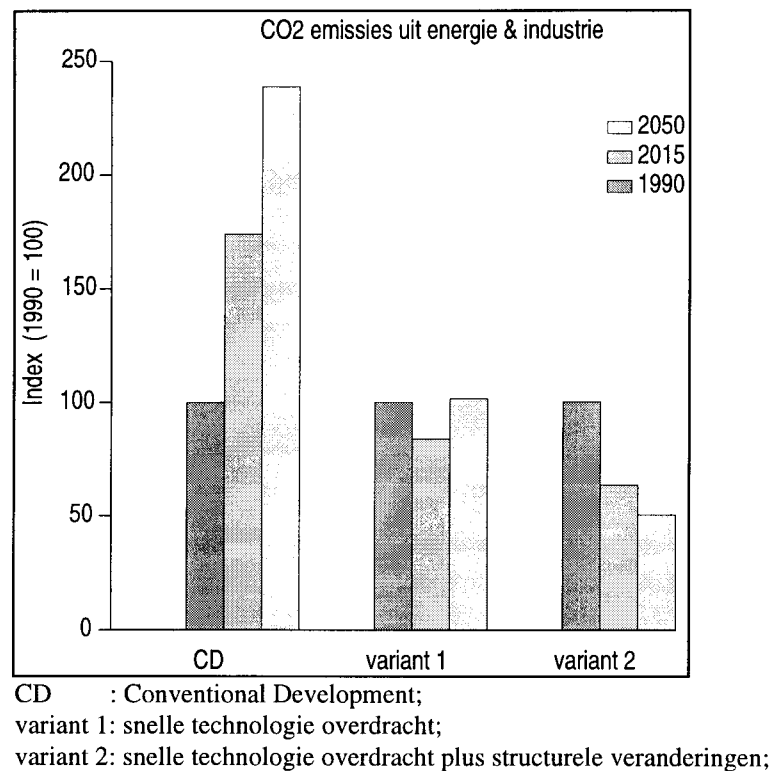
Figuur 1. CO₂-emissies bij milieubeleid volgens MilieuVerkenningen, NMP-3 en Verkiezingsprogramma van PvdA, VVD en GroenLinks (excl. Joint Implementation)
 Bron: RIVM, 1997b, 1998b en 1998c;



Figuur 2. NO_x-emissies bij milieubeleid volgens MilieuVerkenningen, NMP-3 en Verkiezingsprogramma van GroenLinks
 Bron: RIVM, 1997b, 1998b en 1998c;

Voor UNEP heeft het RIVM een wereldmilieuverkenning uitgevoerd (RIVM/UNEP, 1997). Figuur 3 laat resultaten uit deze studie voor CO₂ emissies door energiegebruik en de industrie zien. In het basisscenario (Conventional Development) zullen CO₂ emissies aanzienlijk stijgen. Veronderstellingen ten aanzien van efficiëntieverbeteringen zijn in dit scenario gedaan op basis van statistisch vastgestelde efficiëntieverbeteringen, gerelateerd aan economische opwikkeling (Kuznets-curve). In het variant 1 scenario is verondersteld dat ontwikkelingslanden versneld zullen groeien naar de efficiëntie van ontwikkelde landen. Dit betekent dat in 2050 alle regio's dezelfde efficiëntie kennen die in het Conventional Development scenario alleen bij de ontwikkelde landen aangetroffen werd. In variant 2 zijn er

naast deze snelle technologie overdracht ook veronderstellingen gedaan ten aanzien meer structurele veranderingen. In ontwikkelde landen zal de vleesconsumptie per hoofd van de bevolking in 2010 gehalveerd zijn, in ontwikkelingslanden is dat op het niveau van 1990 gestabiliseerd. Bovendien is er een enorme groei in duurzame energie verondersteld. Vergelijkingen tussen figuur 1 en figuur 3 zijn moeilijk te maken. Figuur 3 laat echter wel goed zien dat een efficiëntiestudie op internationaal niveau beleidsalternatieven biedt die op een nationaal niveau niet mogelijk zijn. Door een snelle technologie overdracht is een enorme reductie in CO₂ emissies op wereldschaal mogelijk. In variant 1 is echter alleen tussen 1990 en 2010 sprake van een absolute ontkoppeling, daarna stijgen de CO₂-emissies weer, hoewel minder hard dan in het Conventional Development scenario. Anders dan in de nationale RIVM verkenningen is het milieubeleid in deze wereldmilieuverkenningen niet als uitgangspunt genomen. Er is dan ook niet gekeken hoe de varianten 1 en 2 door milieubeleid tot stand gebracht zouden kunnen worden.



Figuur 3. Wereld CO₂ emissies in 2010 en 2050 ten opzichte van 1990

Bron: RIVM/UNEP, 1997

Conclusies haalbaarheid

Uit het bovenstaande blijkt hoe lastig het is om een economiebreed beeld te geven van de te behalen ontkoppeling. Enerzijds zijn er studies die op basis van gedetailleerde beschrijvingen van technologische opties de mogelijke eco-efficiëntie winst voor een beperkt aantal sectoren, functies of producten aangeven. Studies als die van het RIVM geven een meer economiebreed beeld van de milieudruk. Deze studies zijn echter minder goed in staat om de haalbaarheid van opties die sterk afwijken van de ontwikkeling in het verleden (zowel wat betreft technologie, beleidsmaatregelen en gedrag) te berekenen.

Toch kunnen de volgende conclusies uit beide typen studies getrokken worden. Ten eerste lijkt de beschikbaarheid van technologie geen bottleneck voor het streven naar een absolute ontkoppeling van economie en milieu, ook al kan niet alles met technologie opgelost worden of brengt het aanzienlijke kosten met zich mee. Ten tweede lijkt niet de ontwikkeling van

technologie maar de toepassing ervan van cruciaal belang bij het halen van de doelstellingen: die toepassing vindt niet vanzelf plaats bij het beschikbaar komen van de technologie. Ten derde bestaat het gevaar, ook al vindt diffusie van schone technologie plaats, dat er geen sprake is van substitutie maar van uitbreiding van de vraag naar goederen en diensten. Ten vierde moet rekening gehouden worden met de structurele doorwerking van de toepassing van een nieuwe technologie op het hele productie systeem.

4. Factor 4 en het beleid

Uit de voorgaande hoofdstukken blijkt dat het milieudenken op dit moment in alle geledingen van de maatschappij beheerst wordt door het eco-efficiëntie denken. In eerste instantie werd het begrip met name omarmd door het bedrijfsleven, maar de laatste jaren is in het overheidsbeleid het accent ook steeds meer verschoven naar verhoging van eco-efficiëntie. Ook in de milieubeweging vindt het begrip tegenwoordig brede steun. De discussie wordt onder vele verschillende noemers gevoerd: 'groene Kuznetscurve', ontkoppeling, dematerialisatie, natural resource productivity, industrial ecology, ecologische modernisering, Industrial Transformation (IT), Factor 4, Factor 10, Factor 20, etcetera. Al deze invalshoeken worden gekenmerkt door optimisme met betrekking tot de ontwikkeling van schone technologie en door een zeker geloof in het bestaan van zogenaamde 'win-win' opties. Het stimuleren van eco-efficiëntie kan een middel zijn om economische groei te kunnen combineren met het handhaven van een zekere kwaliteit van het milieu. In de beleidsdiscussies is het begrip eco-efficiëntie echter steeds meer van middel tot doel van beleid geworden. Eco-efficiëntie is als begrip een eigen leven gaan leiden, waarbij het zicht op de ontwikkeling van de onderliggende grootheden en met name het zicht op de onderlinge afhankelijkheid tussen economische groei en milieubelasting verloren is gegaan. Voor het begrip economische groei is het eigenlijk al veel langer het geval dat deze als een doel van beleid wordt gezien in plaats van als een uitkomst of eventueel een middel van beleid om de doelstelling van welvaartsmaximalisering te realiseren. Gegeven zo'n 'opgelegde' groeidoelstelling vormt het begrip eco-efficiëntie een logische en bijna onvermijdelijke uitweg uit een ongewenste krimp-discussie en uit een ongewenste discussie over veranderingen in de sectorstructuur.

De vraag is of met het centraal stellen van het begrip eco-efficiëntie wel de juiste discussie gevoerd wordt. Kan de eco-efficiëntie de race tegen de economische groei überhaupt wel winnen of wordt de verkeerde race gelopen? Het uiteindelijke doel van een duurzaam economisch beleid is het handhaven van een zekere omvang van het milieukapitaal. Economische groei en eco-efficiëntie zijn twee variabelen in het economisch proces die niet los van elkaar te beschouwen zijn. Teneinde zinvolle uitspraken over de mogelijkheden voor lange termijn duurzame ontwikkeling te kunnen doen, moet met de onderlinge afhankelijkheden en wisselwerking tussen deze twee grootheden rekening gehouden worden. Beide zijn dan uitkomsten van een economisch proces die bijdragen aan een bepaalde doelstelling en geen van te voren vastgelegde instrumenten.

Er zijn grofweg drie aanknopingspunten voor een op duurzaamheid gericht beleid te onderscheiden:

1. het macro-systeem: sturing via instituties, prijzen en regels
2. het productiesysteem: een stijging van de eco-efficiëntie
3. het consumptiesysteem: veranderingen in preferenties van consumenten

Het huidige beleid richt zich met name op het eco-efficiëntie spoor. Het voorgenomen beleid, zoals beschreven in de NME en het NMP3, zet enerzijds in op een intensivering van het eco-efficiëntie spoor, terwijl anderzijds het milieu meer in de prijzen tot uitdrukking moet komen. Behalve ecologisering van het belastingstelsel bestaan er echter nog geen concrete beleidsvoornemens. Het beleidsinstrumentarium, bestaande uit o.a. wet- en regelgeving, convenanten, technologieprogramma's, is gericht op regulering van de bronnen van vervuiling en milieugebruik. Een directe relatie met de lange termijn milieudoelstellingen ontbreekt. Het milieu zit nog nauwelijks in de prijzen, terwijl in de institutionele sfeer en met betrekking tot infrastructurele veranderingen het met name een onderhandelingsproces tussen

gevestigde belangen is. Het spoor van het consumptiesysteem is nog zo goed als onontgonnen. Wel is het zo dat, als er een milieuvriendelijker alternatief voor handen is, de consument wel gestimuleerd wordt, via keurmerken, subsidies en voorlichting, om een milieuvriendelijk product aan te schaffen. Voorbeelden zijn de spaarlampen, eco-groenten, en watergedragen verven. Significante aanpassingen van het consumptiepatroon zijn echter geen onderdeel van het beleid.

In het bovenstaande staat het begrip eco-efficiëntie voor het vertrouwen in technologische oplossingen voor de ontkoppeling van milieu en economie. Het begrip kan vooral gezien worden als richtinggevend instrument voor het beleid. Het begrip suggereert echter tevens dat ontkoppeling ook in kwantitatieve termen gemeten kan worden: factor 2, 4, 10, 20. Absolute ontkoppeling van economische groei en milieudruk is als kabinetsdoelstelling geformuleerd, maar is niet verder geconcretiseerd. Echter de doelstelling ten aanzien van economische groei is wel in kwantitatieve termen gegeven (3% tot 2020). Hieruit is af te leiden dat de milieudruk per eenheid economische productie minimaal met een factor 2 zal moeten afnemen. Hoe het voorgenomen milieubeleid in relatie tot deze doelstelling staat, is door het beleid zelf niet expliciet aangegeven. De impliciete kwantitatieve invulling (minimaal factor 2) betekent wel dat vastgesteld kan worden of die doelstelling gehaald wordt. Echter, zoals uit het voorgaande blijkt, geeft het begrip eco-efficiëntie geen inzicht in het bereiken van de uiteindelijke milieukwaliteitsdoelstellingen.

De volgende vragen staan derhalve ter discussie:

- Wat betekent het ontbreken van een verband tussen milieukwaliteitsdoelen en het begrip eco-efficiëntie voor de rol van factor 4 in het beleid?
- Leiden het factordenken en het begrip eco-efficiëntie tot een beleid van regulering van de bronnen van vervuiling waarbij onvoldoende rekening wordt gehouden met de technisch structurele problemen, de sociaal culturele, psychologische en institutionele barrières, alsmede met de rebound-effecten?
- Zou de overheid het beheer van voorraden en het stellen van milieukwaliteitsdoelen als uitgangspunt moeten hanteren om het zicht op de werkelijke ontkoppelingsdiscussie, namelijk het samengaan van (brede) welvaart en het behoud van een zekere milieukwaliteit, niet uit het oog te verliezen?
- Of bieden het factordenken en het begrip eco-efficiëntie juist een goed houvast voor het beleid om niet te verzanden in theoretische discussies over begrippen als welvaart en milieukwaliteit die praktisch niet bruikbaar zijn?
- Moet de overheid het initiatief nemen bij een eco-efficiëntie spoor of moet dit aan de marktpartijen overgelaten worden?

Uit de antwoorden op bovenstaande vragen moet blijken of het zinvol is om het begrip eco-efficiëntie verder te operationaliseren.

Literatuur

- Ayres, R.U., 1998, Industrial Metabolism: work in progress, in J.C.J.M. van den Bergh and M.W. Hofkes (eds.), *Theory and Implementation of Economic Modelling for Sustainable Development*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Bruyn, S.M. de, J.B. Opschoor, 1997, Developments in the throughput-income relationship: theoretical and empirical observations, *Ecological Economics* Vol 20 pg. 255-268.
- Centraal PlanBureau (CPB), 1996, *Economie en Milieu; op zoek naar duurzaamheid*. Sdu Uitgevers Den Haag.
- Centraal PlanBureau (CPB), 1998, *Persbericht 26 maart 1998*, Den Haag.
- Commoner, 1972, *The Closing Circle*, Alfred A. Knopf, New York.
- Dasgupta P.S. en G.M. Heal, 1979, *Economic Theory and Exhaustible Resources*, Cambridge University Press.
- DTO (Interdepartementaal Onderzoeksprogramma Duurzame Technologische Ontwikkeling, 1997, *DTO-Visie 2040-1998; Technologie sleutel tot een duurzame welvaart*, Uitgeverij ten Hagen & Stam, Den Haag.
- ECN-Policy studies, 1998, *Factor 2/Factor 10, teksten bij de workshop 2 april 1998, Utrecht*.
- El Serafy, S, 1991, The Environment as Capital, in: *Ecological Economics, the science and management of sustainability*, edited door R. Constanza, Columbia University Press, pg.168-175.
- Gielen, D.J., 1998, The Impact of GHG Emission Reduction of the Western European Materials System, in: *Factor 2/Factor 10, teksten bij de workshop 2 april 1998, Utrecht*, ECN-Policy studies.
- Klepper, O. en D. van de Meent, 1997, *Mapping the Potentially Affected Fraction (PAF) of species as an indicator of generic toxic stress*, RIVM rapportnr. 607504001, RIVM, Bilthoven
- Maas, P.J. van der en P.G.N. Kramers (red.) 1997, *Volksgezondheid Toekomst Verkenning 1997; III Gezondheid en Levensverwachting gewogen* RIVM rapportnr. 431501021, Samson, Den Haag.
- RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en het Milieu, 1997a, *Milieubalans 97, Het Nederlandse milieu verklaard* RIVM, Bilthoven
- RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en het Milieu, 1997b, *De vierde nationale Milieuverkenning 1997-2020*, RIVM, Bilthoven.
- RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en het Milieu, 1998a, *LeefOmgevingsBalans, voorzet voor vorm en inhoud*, RIVM, Bilthoven
- RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en het Milieu, 1998b, *Milieurendement van het NMP-3, Aanvulling op de Nationale Milieuverkenning 4*, RIVM, Bilthoven.
- RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en het Milieu, 1988c, *Verkiezingen 98 & Milieu, Milieugevolgen van de partijprogramma's van PvdA, CDA, VVD, D66 en Groenlinks*, RIVM, Bilthoven.
- RIVM/UNEP, 1997, Bakkes, J.A. en J.W. van Woerden (eds.) *The Future of the Global Environment: A model-based Analysis Supporting UNEP's First Global Environment Outlook* RIVM 40200 1007 en UNEP/DEIA/TR.97-1
- RMNO (Raad voor het Milieu- en Natuuronderzoek), 1998, *Factor 4, meer doen met minder, Essays en verslag van de conferentie*.
- Serageldin, I., 1995, *Sustainability and the wealth of the nations: first steps in an ongoing journey. Draft*. Environmentally Sustainable Development, The World Bank, Washington D.C.

- Weizsäcker E.U. von, A.B. Lovins and L.H. Lovins, 1995, *Faktor Vier, Doppelter Wohlstand - halbierter Naturverbrauch*, Droemer Knauer.
- Weterings, R.A. P.M. en J.B. Opschoor, 1992, *De milieugebruiksruimte als uitdaging voor technologie-ontwikkeling*, Raad voor het Milieu- en Natuuronderzoek (RMNO), Rijswijk.