

Aanpak voor de verduurzaming van de Nederlandse industrie

Essay

Januari 2017
ECN-O-17-001



Auteurs: Ton van Dril,
Paul Koutstaal, Marc Londo

ECN Beleidsstudies
Postbus 1
1755 ZG Petten

T: +31 224 56 4424
vandril@ecn.nl

ecn.nl

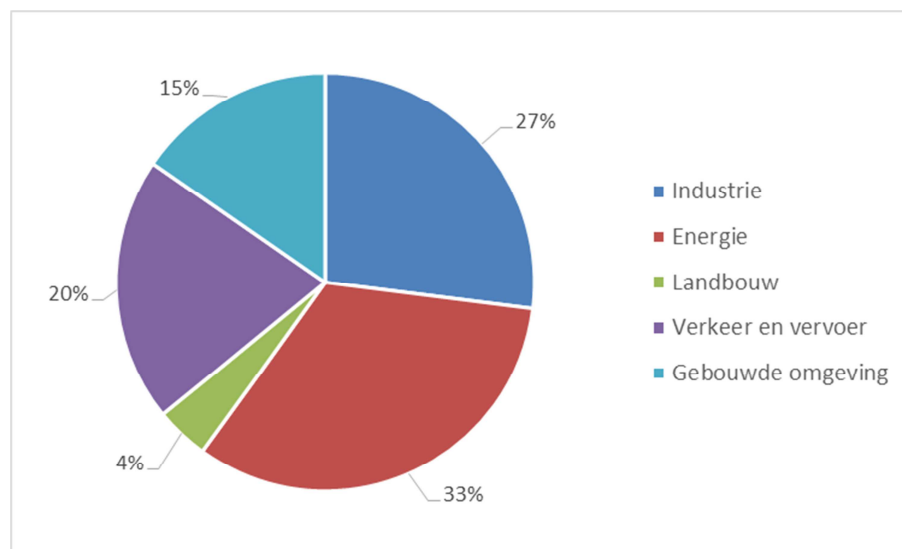
Aanleiding

Het Ministerie van Economische Zaken heeft ECN Beleidsstudies gevraagd om een essay te schrijven over de verduurzaming van de energie-intensieve industrie. In dit essay schetst ECN de rol en positie van de energie-intensieve industrie in de transitie naar een CO₂-arme samenleving. Uitgangspunt daarbij is een broeikasgas-emissiereductie van 80-95% in 2050 ten opzichte van de emissies in 1990.

Binnen de energie-intensieve industrie (waarbij het gaat om sectoren zoals de chemie, basismetaal, raffinaderijen¹, papier, bouwmaterialen en bulksegmenten in de voedingsmiddelenindustrie, verder hier kortweg aangeduid als de industrie) zal emissiereductie voor een belangrijk deel te maken hebben met de energiehuishouding. De CO₂-emissies van de industrie zijn voor een groot deel gerelateerd aan het energieverbruik. Daarnaast is er ook sprake van emissies door het gebruik van energiedragers als grondstof zoals procesemissies bij bijvoorbeeld de ammoniak- en staalproductie. Tot slot wordt koolstof vastgelegd in producten en materialen, deels langjarig (>20 jaar) zoals in toepassingen in de bouw en de infrastructuur en deels in producten met een korte levensduur zoals bijvoorbeeld oplosmiddelen.


Figuur 1 geeft een overzicht van de verdeling van de CO₂-emissies in Nederland in 2015, in totaal ruim 170 Mton CO₂. De uitstoot van de industrie, inclusief procesemissies, is ruim een kwart van de totale uitstoot, na de energiesector de grootste sector in termen van emissies.

Figuur 1 CO₂-emissies 2015 Nederland



Bron: NEV2016

¹ In de energiestatistieken en de NEV-systematiek valt aardolieraffinage niet onder industrie maar wordt apart als energiesector behandeld.



Allereerst bespreken we de rol van de industrie in de vermindering van de CO₂-uitstoot. Daarna gaan we in op de mogelijkheden die er binnen de industrie zijn voor het terugdringen van de emissies, zowel in het energiegebruik als bij de procesemissies. Tenslotte beschrijven we kwalitatief vijf verschillende beleidsroutes en geven we conclusies.

Het gaat hier om een essay, waarin we op basis van bestaande en direct beschikbare studies en literatuur een beeld schetsen. Er is geen nieuw onderzoek gedaan. We geven geen uitputtend en gedetailleerd beeld, daarvoor zijn er voldoende andere studies beschikbaar. We brengen de hoofdlijnen in beeld van de rol van de industrie in een toekomstige duurzame energievoorziening en wat dit betekent voor de beleidskeuzes.

De rol van de industrie in de vermindering van de CO₂-uitstoot


Uitgangspunt in dit essay is een broeikasgasemissiereductie in 2050 van 80-95% ten opzichte van de emissies in 1990. Een dergelijke verregaande emissiereductie zal grote gevolgen hebben voor alle sectoren. Het zal naar verwachting ook leiden tot aanzienlijke verschuivingen, zoals een afname van de vraag naar producten en diensten met een hoge CO₂-intensiteit ten gunste van producten en diensten met een lage CO₂-voetafdruk. Binnen de energiehuishouding zal het ook kunnen leiden tot een energiehuishouding die meer geïntegreerd is, met meer uitwisselbaarheid tussen warmte, gas en elektriciteit. Dit heeft ook weer implicaties voor de emissiereducties binnen de industrie.

Drie manieren om emissies te reduceren

Een emissiereductie van 80-95% in 2050 ten opzichte van de broeikasgasemissies in 1990 kan op verschillende manieren worden gerealiseerd. Allereerst door zuiniger om te gaan met energie en met grondstoffen. Energie-efficiëntie en materiaalefficiëntie zijn een relatief kosteneffectieve manier om emissies te reduceren. Dat geldt ook voor andere procesroutes, bijvoorbeeld substitutie van energie-intensieve materialen door gerecyclede stromen of minder energie-intensieve alternatieven.

Een andere optie is om energiebronnen en grondstoffen te gebruiken die geen broeikasgasemissies veroorzaken. Dat kan met verschillende vormen van hernieuwbare energie zoals bijvoorbeeld waterkracht, zon, wind en geothermie. Het kan ook met de inzet van biomassa als energiebron, of om CO₂-vrije grondstoffen mee te maken. Ook bij nucleaire energieopwekking komen geen CO₂-emissies vrij.

Een laatste optie is het opvangen en opslaan of gebruiken van CO₂-emissies die vrijkomen bij het gebruik van fossiele brandstoffen. Dat kan zowel bij de verbranding zijn als bij de omzetting, denk bijvoorbeeld binnen de industrie aan de productie van ammoniak uit aardgas waarbij zuivere CO₂ vrijkomt die zou kunnen worden opgeslagen. Dit wordt CCS (carbon capture and storage) of CCUS (carbon capture utilisation and storage) genoemd. Een variant is BECCS (bio-energy with carbon capture and storage), waarbij CO₂-emissie uit biomassagebruik wordt afgevangen en



opgeslagen. Opties zoals BECCS leiden per saldo tot onttrekking van CO₂ uit de atmosfeer (negatieve emissies). Dit wordt gezien als een mogelijkheid om ruimte te bieden aan moeilijk te reduceren emissies van andere bronnen, binnen of buiten de industrie.

In het volgende hoofdstuk worden deze opties nader toegelicht. De verschillende opties zullen allen in meer of mindere mate een rol spelen in het realiseren van de benodigde vergaande emissiereducties. Er is niet één “silver bullet” voor een CO₂-arme energiehuishouding. De mate waarin opties beschikbaar zijn en ingezet zullen worden kan echter wel sterk verschillen. Dat heeft gevolgen voor de omvang van en de wijze waarop emissiereducties in de industrie kunnen worden gerealiseerd.

Beschikbaarheid en kosten

De rol die verschillende opties kunnen spelen zal afhangen van de beschikbaarheid en van de kosten van die opties. Beschikbaarheid speelt bijvoorbeeld bij de hoeveelheid biomassa, bij de ruimte voor het opslaan van CO₂ onder de grond en bij de optie nucleaire energie. Beschikbaarheid is niet alleen een fysieke beschikbaarheid maar ook afhankelijk van de acceptatie van een bepaalde technologie. Zeker voor de lange termijn tot 2050 is de beschikbaarheid een onzekere factor, die een grote invloed kan hebben op hoe de energiehuishouding en het grondstoffenverbruik er uiteindelijk uit komt te zien. Dit geldt ook voor de ontwikkeling van de kosten van de verschillende technologieën. Zo zal bij een grote beschikbaarheid van biomassa plus de mogelijkheid om CO₂ af te vangen en op te slaan tegen relatief (ten opzichte van andere opties) beperkte kosten BECCS een grote rol kunnen spelen in het terugdringen van de broeikasgasemissies.

Hoe neemt de industrie besluiten over CO₂-reductie?

Verduurzaming gebeurt bij de industrie niet vanzelf. Evenals bij andere sectoren is beleid van doorslaggevend belang. Sinds 1992 heeft de zware industrie convenanten met de overheid gesloten om energiebesparing te bevorderen. In deze convenanten zijn ook steeds meer elementen van verduurzaming meegenomen: materiaalbesparing, hernieuwbare energie, ketenefficiency en duurzame bedrijventerreinen. Vanaf 2007 zijn door de industriesectoren ook roadmaps ontwikkeld voor verduurzaming op langere termijn, zichtjaar 2030 (RVO.NL 2012).

Investeringsbeslissingen over verduurzaming van de energievoorziening verschillen in de praktijk van de zware industrie niet van andere investeringsbeslissingen. In tegenstelling tot milieu- en veiligheidsmaatregelen is er geen verplichting om in energiemaatregelen te investeren die per saldo onrendabel zijn. Energiemaatregelen die geen financieel rendement opleveren worden door de zware industrie niet getroffen. Een heel andere positie heeft de lichte industrie, zoals industriële technologieleveranciers die wél van verduurzaming hun strategische kernactiviteit hebben gemaakt, zie b.v. (EnergieOverheid 2016). Deze industrie bepleit veel verder gaande maatregelen. De zware industrie is echter beducht op ongelijke internationale concurrentieverhoudingen, bijvoorbeeld door nationale verplichtingen of heffingen. Dit kan leiden tot desinvesteringen in Nederland, met ‘carbon leakage’ tot gevolg.



Bij investeringsbeslissingen maakt de zware industrie onderscheid tussen productverbeteringen en procesverbeteringen. De eerste categorie is vooral gericht op de afzetmarkt, deze omvat ook de grotere strategische besluiten. De tweede categorie betreft vooral efficiencyverbeteringen en kostenreductie. Verduurzamingsprojecten in de zware industrie zitten vooral in de laatste categorie. Deze categorie is meestal een restcategorie, waar allerlei voorstellen vanuit de werkvloer moeten concurreren en hoge rendementseisen worden gesteld. De uitdaging binnen bedrijven ligt in het brengen van verduurzaming naar het niveau van de meer strategische besluiten. Dat kan alleen als de markt ook waarde toekent aan duurzame basisproducten, bijvoorbeeld doordat de milieuschade wordt geïnternaliseerd in de prijzen. Wat in de consumentenmarkten hier en daar lijkt te lukken moet in de zware industrie nog doorbreken.

Opties binnen de industrie

Energie-efficiëntie


Energie-efficiëntie is een relatief kosteneffectieve optie om CO₂-emissies te reduceren, het IBO Kosteneffectiviteit CO₂-reductiemaatregelen en het achterliggende rapport van ECN en PBL geven aan dat er maatregelen zijn voor energie-efficiëntie in de industrie in de range van nul (of negatief) oplopend tot zo'n 70-80 €/ton vermeden CO₂ met een potentieel van 70-80 PJ in 2030.

De besparingsopties binnen de industrie zijn in te delen in sectorspecifieke energie-efficiëntie opties en generieke besparingsopties. Bij sectorspecifieke opties gaat het om opties in de staalproductie zoals Hlsarna en inerte anodes in de aluminiumproductie. Generieke opties zijn o.a. leidingisolatie, warmtewisselaars, stoomcompressie etc. De mate waarin deze inpasbaar zijn is veelal sectorspecifiek. Generieke opties die minder specifieke inpassing vereisen zijn warmtekrachtkoppeling (WKK) en zuiniger elektromotoren.

Een speciale plaats binnen de energiebesparing heeft het buiten het bedrijf toepassen van industriële restwarmte. Dit is een optie die niet door een afzonderlijk bedrijf kan worden gekozen. Voor deze optie is een infrastructuur en institutioneel arrangement nodig met meer partijen. In een verduurzaamd systeem op langere termijn zal een warmtenet met duurzame bronnen moeten worden gevoed.

Substitutie van brandstof door elektriciteit (elektrificatie) kan ook tot efficiencyverbetering leiden, bijvoorbeeld met elektrische warmtepompen, mechanisch ontwateren of door meer gericht te verwarmen. Indien CO₂-vrije elektriciteit overvloedig beschikbaar is kan elektrische verwarming ook een kosteneffectieve reductieoptie zijn (power-to-heat).

Er vindt uitgebreid onderzoek plaats, onder andere binnen het kader van de TKI Energie en Industrie, naar nieuwe opties voor het verbeteren van de energie-efficiëntie. Bijvoorbeeld nieuwe scheidingsprocessen zoals membraantechnologie en centrifuges, efficiëntere processen door nieuwe katalysatoren, efficiënt gebruik van restwarmte en nog vele andere opties. Deze technologieën hebben een groot



potentieel voor het verminderen van het energieverbruik in de industrie. Er is echter nog geen goed overzicht van de kosten per ton vermeden CO₂ voor de emissiereducties die hiermee zijn te realiseren.

Materiaalefficiëntie

Niet alleen kan het verbruik van energie efficiënter, ook materialen kunnen efficiënter worden toegepast. Dat geldt zowel bij de productie en toepassing als binnen de gehele economie. Minder materiaalverbruik in de hele keten betekent minder vraag naar materialen en daarmee minder emissies bij de fabricage door energieverbruik en door het gebruik van energiedragers als grondstof.

Er zijn vele verschillende mogelijkheden om materialen efficiënter te gebruiken, door de hele keten en economie heen. Onderstaande lijst geeft een niet-uitputtende opsomming van verschillende opties om minder materialen te gebruiken in de economie en daarmee CO₂-emissies te reduceren. Over de kosten van materiaal-efficiëntie als maatregel om CO₂-emissies te reduceren is niet direct actuele informatie beschikbaar.

Productverbetering- en vernieuwing

Nieuwe producten kunnen dezelfde eigenschappen hebben (zoals sterkte, hardheid, buigbaarheid) bij minder materiaalgebruik, zoals bijvoorbeeld dunner maar even sterk glas of staal. Een andere vorm van productvernieuwing is als producten van een ander materiaal gemaakt gaan worden, zoals kunststof in plaats van staal of aluminium. Dat kan eveneens emissie reduceren als het nieuwe materiaal minder emissies veroorzaakt bij de fabricage. Daarnaast kunnen de emissies afnemen tijdens de gebruiksfase van bijvoorbeeld auto's die lichter zijn doordat nieuwe materialen worden gebruikt.

Levensduurverlenging

Langer gebruik maken van producten vermindert eveneens het materiaalverbruik. Er zijn verschillende mogelijkheden voor levensduurverlenging, zoals duurzamer ontwerp van producten, modulair ontwerp waarbij onderdelen kunnen worden vervangen (de modulaire smartphone), meer reparatie en ontwerp dat reparatie eenvoudiger maakt.

Hergebruik

Producten en componenten kunnen hergebruikt worden, aangepast ontwerp kan dit vergemakkelijken. Zo zouden nog goede componenten uit producten die niet meer worden gebruikt toegepast kunnen worden in nieuwe of andere producten, waardoor er minder nieuwe componenten en dus materialen nodig zijn.

Recycling

Met recycling worden grondstoffen teruggewonnen uit afvalstromen. Dit gebeurt in Nederland al op grote schaal. Met recycling kan energie worden bespaard als er minder energie nodig is voor het terugwinnen van grondstoffen uit afvalstromen dan voor de productie uit grondstoffen. Een voorbeeld daarvan is de productie van staal uit schroot versus de productie uit ijzererts, waarvoor meer energie en uitstoot per ton geproduceerd staal nodig is.

Koolstofarme opties voor energie en grondstoffen

Een andere belangrijke optie voor verduurzaming in de industrie is om energiebronnen en energiedragers te gebruiken waarbij geen CO₂-emissies op treden. Daarbij gaat het om hernieuwbare bronnen (wind en zon, waterkracht en andere vormen van hernieuwbaar zoals geothermie), biomassa (al dan niet met CCS) en nucleair. Overschakelen van brandstoffen op elektriciteit van hernieuwbare of nucleaire bronnen (elektrificatie) kan daar onderdeel van zijn. Eventueel kan van deze elektriciteit ook een CO₂-vrij gas gemaakt worden (power-to-gas), bijvoorbeeld waterstof. Voor het gebruik van energiebronnen als grondstof gaat het om de inzet van biomassa als feedstock voor de industrie en om de productie van grondstoffen met behulp van elektriciteit en CO₂ (power-to-products).

Wind, zon en geothermie


Elektriciteitsopwekking uit wind- en zonne-energie heeft een groot potentieel. De Noordzee biedt gunstige condities voor wind op zee, gegeven de windsnelheden en beschikbaarheid van wind over het jaar heen en de beperkte zeediepte. Het potentieel voor zonne-energie wordt vooral bepaald door de beschikbare ruimte en de instraling. Wind op land heeft een beperkter potentieel, maar is qua kosten wel een aantrekkelijke optie. De kosten van zon en wind - met name wind op zee - gaan nog verder dalen. De directe kosten zullen naar verwachting geen belemmering zijn voor de rol van wind en zon in een CO₂-vrije elektriciteitsvoorziening.

Biomassa

De belangrijkste onzekerheid bij de inzet van biomassa voor energieopwekking of als grondstof is de beschikbaarheid ervan, in combinatie met voldoende garantie van duurzaamheid. Dat heeft te maken met de absolute beschikbaarheid wereldwijd, en met de systemen voor zekerstelling van duurzaamheid die ook in de komende jaren nog verder ontwikkeld moeten worden. Daarnaast speelt ook de concurrentie vanuit andere toepassingsopties, zoals in de elektriciteitsopwekking. Biomassa kan vooral ook een rol spelen in het verduurzamen van sectoren waar dit lastig op andere manieren is te realiseren, zoals bijvoorbeeld als motorbrandstof in het vrachttransport en de luchtvaart. De rol van biomassa in de industrie zal daarom mede afhangen van de alternatieve aanwendingsopties en van de technologische ontwikkeling van opties in andere sectoren.

Biomassa met CCS (BECCS) kan een belangrijke optie zijn indien er verregaande emissiereducties moeten worden gerealiseerd. Met BECCS kunnen negatieve emissies worden behaald. Bij voldoende hoge prijzen voor CO₂, gegeven verregaande emissiereducties, is dat een aantrekkelijke optie. BECCS kan zowel in de elektriciteitsproductie als bij industriële processen een rol spelen. De kosten per vermeden ton CO₂ zijn in de orde van grootte van 100-200 €/ton CO₂ voor elektriciteitsopwekking met een biomassacentrale met CCS, voor industriële processen waar biomassa kan worden gebruikt (zoals bijvoorbeeld voor warmteproductie) zullen de kosten vergelijkbaar zijn.

Meer toepassing van biomassa als grondstof voor chemie en materialen wordt nog niet binnen bestaande kaders als de SDE+ gestimuleerd. Indicaties van de te realiseren kosten per ton vermeden CO₂ zijn nog schaars; hierbij speelt ook dat informatie uit LCA's op dit gebied niet meteen bruikbaar zijn om reductie-effecten binnen Nederland



te berekenen. Eerste schattingen laten een gevarieerd beeld zien, waarbij sommige routes in de orde van enkele tientjes per ton CO₂ liggen en andere veel hoger.

Inzet van biomassa als grondstof voor chemische processen levert twee voordelen op: de koolstofinhoud van de geproduceerde producten is klimaatneutraal, en het CO₂ van vrijkomende procesemissies mag ook worden weggestreept (voor zover het niet gaat om fossiele hulpenergie). De laatste categorie valt goed te registreren, maar de eerste categorie is nog lastig: het gaat om substitutie van een fossiel product. Wanneer en waar belandt dat product in de afvalfase en hoe wordt het dan verwerkt, in een AVI, gestort of gerecycled? Hierbij maakt het bijvoorbeeld verschil of het gaat om een biobased plastic draagtas of een biobased bouw materiaal voor een woning. Bovendien worden deze vermeden emissies niet geregistreerd bij de producent, omdat de vermeden CO₂ later en ergens anders tot emissie had geleid. Bij de producent leidt de inzet van biomassa dus niet rechtstreeks tot vermeden kosten van CO₂-uitstoot.

Power-to-gas en Power-to-products

Verduurzaming van de vraag naar grondstoffen zou deels door middel van power-to-products plaats kunnen vinden. Voorbeelden daarvan zijn de productie van ammoniak en van kunstmest op basis van elektrolyse. Elektrolyse is echter nog wel een dure technologie. Verdere stappen voor bijvoorbeeld de productie van synthetisch aardgas of andere grondstoffen met gebruik van koolstof die is afgevangen, of via air capture is verkregen, brengen nog additionele kosten met zich mee.

De P2G studie van ECN (2014) laat zien dat productie van waterstof door elektrolyse en verdere verwerking tot grondstof zoals bijvoorbeeld methanisatie of ammoniakproductie alleen in scenario's met verregaande emissiereducties en CO₂-prijzen boven de 200 €/ton CO₂ een aantrekkelijke optie wordt. Bij diepe emissiereducties met voldoende hoge CO₂-prijzen zouden deze opties echter in beeld kunnen komen.


In een gevoeligheidsanalyse in de P2G studie is ook onderzocht wat het effect is op de inzet van P2G als het investeringsbedrag van elektrolyse de helft lager is dan was aangenomen in het referentiescenario. Dit leidt in een geoptimaliseerd scenario tot een iets hogere productie van waterstof, maar de toename is beperkt.

Opslag en gebruik van CO₂

CCS

Aan CCS wordt in veel studies een belangrijke rol toegekend, zo wordt bijvoorbeeld in de studie Energy Technology Perspectives van het IEA (IEA 2015) in de periode tot 2050 voor ruim 50 Gton aan CO₂ afgevangen en opgeslagen in alleen de elektriciteitsopwekking wereldwijd, 16% van de totale emissiereductie in de elektriciteitssector. In de WLO klimaat- en energie studie van het CPB en PBL wordt in Nederland in het Centraal 2-graden scenario in 2050 ruim 50 Mton CO₂ per jaar opgeslagen. De kosteneffectiviteit (volgens de nationale kostenmethodiek) van CCS bij fossiele centrales ligt tussen de 40 en 110 €/ton CO₂, afhankelijk van onder andere brandstofprijzen (Daniëls en Tieben 2012). Zo vallen de kosten lager uit naarmate brandstofprijzen hoger zijn.

In de industrie zijn opties voor CO₂-afvang en opslag beschikbaar bij onder andere staalproductie, in de chemie en bij cementproductie (IPCC 5th assessment report)



tegen vergelijkbare kosten. Ook afvang tegen lagere kosten is mogelijk door hogere concentraties CO₂ in de emissies van specifieke processen. Daniëls en Tieben (2012) geven een kostenrange van voor CCS in de industrie van € 20-120 per ton CO₂ voor procesemissies en van € 50-70 €/ton CO₂ voor CCS van feedstockemissies.

CCS vereist een CO₂-infrastructuur, met de bijbehorende investeringen en institutionele arrangementen. De mogelijkheden voor CCS in Nederland kunnen worden beperkt vanwege politieke haalbaarheid van met name de opslag op land.

Carbon Capture and Use (CCU)

CO₂ uit emissies of afgevangen uit de lucht kan worden gebruikt om samen met waterstof uit elektrolyse grondstoffen te produceren, zoals synthetisch aardgas. Het kan ook door reactie met calcium- en magnesiumsilicaten worden omgezet in materialen die in de bouw worden gebruikt. Een andere optie is afvang van CO₂ met (micro)algen waaruit bio-olie, chemische producten, kunstmest en brandstoffen kunnen worden gemaakt.

Totaalbeeld

Voor de benodigde verduurzaming van de industrie zullen een groot deel van de opties nodig zijn, er is geen “silver bullet” waarmee de benodigde reductie van CO₂-emissies kan worden gerealiseerd. Energie-efficiëntie en materiaalefficiëntie in de industrie zijn opties die deels tegen bescheiden kosten kunnen worden gerealiseerd en daarmee ongeacht de precieze invulling van de emissiereducties in de industrie een grote rol spelen. Wind en zon kunnen een belangrijke rol spelen met een groot potentieel via elektrificatie van de warmtevraag in de industrie. Power-to-heat zal dan een belangrijke optie zijn. CCS kan een bijdrage leveren aan het reduceren van procesemissies. CCU en P2G zijn alternatieven voor de opslag van CO₂, waarbij elektriciteit wordt omgezet naar gas en andere producten voor de industrie. Dit zal vooral van belang zijn als andere opties voor verduurzaming duur zijn of slechts beperkt of niet beschikbaar (zoals CCS en biomassa).

Onder welke voorwaarden zullen de verschillende opties een rol gaan spelen? Een eerste daarbij is de prijs van CO₂ binnen het ETS. Bij het huidige beleid in Nederland en de rest van de EU zal deze prijs oplopen naar €40 per ton CO₂ in 2035 (NEV2016). Bij een dergelijke prijs zullen veel van de geschetste opties nog buiten beeld blijven, met uitzondering van energie-efficiëntie en materiaalefficiëntie. Er is dan aanvullend beleid nodig om deze opties aantrekkelijk te maken voor de industrie (zie ook de paragraaf over de beleidsroutes). De onzekerheidsmarge is echter groot voor de toekomstige CO₂-prijs, bovendien ligt de prijs in scenario's waarmee de 2-graden doelstelling wordt gehaald aanmerkelijk hoger, in de orde van 100-500 €/ton CO₂ (WLO 2015).



De industrie en de rol van de elektriciteitssector

Emissiereductie hoeft niet noodzakelijkerwijs evenredig over alle sectoren te worden verdeeld. Dat zal niet efficiënt zijn, in sommige sectoren zijn er meer en goedkopere opties beschikbaar dan in andere sectoren. Bovendien kan het gebruik van hernieuwbare bronnen zoals wind en zon een verdergaande integratie vragen van energiesystemen in verschillende sectoren. De rol voor emissiereducties in de industrie zal daarom mede afhangen van wat er in andere sectoren aan mogelijkheden zijn en van de integratie van energiesystemen. De elektriciteitssector zal daarbij naar verwachting een centrale rol spelen als belangrijke bron van CO₂-vrije of -arme energie. Overigens kan ook de industrie bijdragen aan emissiereductie elders door compensatie met BECCS of door verdergaande emissiereductie met behulp van CCS of CCU.

Compenseren en faciliteren

De elektriciteitssector kan op twee manieren bijdragen aan de emissiereducties in de industrie. De eerste optie is dat de elektriciteitssector emissies in de industrie en andere sectoren compenseert. De mogelijkheden om de emissies in de elektriciteitsopwekking zelf fors om laag te brengen zijn relatief groot ten opzichte van andere sectoren, en met BECCS zijn zelfs negatieve emissies mogelijk. De elektriciteitssector kan daardoor compenseren voor sectoren zoals de industrie waarin maatregelen mogelijk duurder zijn of meer tijd vergen. Daarmee is er meer ruimte voor emissies in de industrie dan als ze alle emissiereductie zelf zou moeten realiseren, of er is meer tijd beschikbaar voor het terugbrengen van de emissies.

Anderzijds kan de elektriciteitssector de reductie in andere sectoren ook faciliteren. Het potentieel voor CO₂-arme of -vrije elektriciteitsproductie is veel groter dan de vraag naar elektriciteit voor de momenteel gebruikelijke toepassingen. Met dit potentiële overschot aan CO₂-arme of -vrije energie kan de elektriciteitssector ook emissiereducties in andere sectoren faciliteren door het overschot aan energie in die sectoren in te zetten. Dit kan grote implicaties hebben voor het energieverbruik en de emissiereductie in de industrie. De overschotten aan duurzaam opgewekte elektriciteit kunnen gebruikt worden voor de elektrificatie van traditionele brandstoftoepassingen zoals power-to-heat of door omzetting van elektriciteit in waterstof (power-to-gas). Deze waterstof kan bij worden gemengd in het gasnet en zo de uitstoot van de inzet van gas in de industrie helpen verminderen. Het kan ook worden omgezet in methaan of in andere tussenproducten die in de industrie worden gebruikt zoals ammoniak (power-to-fuel en power-to-products, samengevat als power-to-x).

Het gaat hierbij veelal om een gedeeltelijke elektrificatie, zoals bijvoorbeeld door een voorziening voor weerstandsverwarming in industriële ketels aan te brengen. In dat geval kan warmte worden opgewekt door gebruik te maken van CO₂-vrije elektriciteit op momenten dat er een groot aanbod is terwijl gas wordt ingezet als het aanbod laag is. Daarmee kan de industrie dan ook een bijdrage leveren aan de inpassing van zon en wind in het energiesysteem.



Mogelijke eindbeelden industrie en elektriciteitsvoorziening

Hier schetsen we een aantal kwalitatief uitgewerkte beelden, die verschillend uitwerken voor de verduurzaming van de industrie. De beelden vertegenwoordigen de hoeken van het speelveld. Het is dan ook waarschijnlijk dat het werkelijke energieverbruik in de industrie in 2050 tussen deze beelden in komt te liggen.

Weinig intermitterend vermogen, grote rol CCS en BECCS.

In dit beeld spelen CCS en BECCS een grote rol. Door de extra diepe emissiereducties met wellicht negatieve emissies in de elektriciteitssector zijn in de industrie minder vergaande reducties nodig en is er langer en meer ruimte voor de inzet van fossiele brandstoffen. In hoeverre de industrie daar van profiteert hangt ook af van de kosten van emissiereductie in de industrie versus andere sectoren zoals verkeer en vervoer. Opties in de industrie die relatief goedkoop zijn zullen in ieder geval worden toegepast, zoals energie-efficiëntie. Voor duurdere opties zoals power-to-X is in dit eindbeeld geen plaats. Dit beeld vereist wel dat biomassa en CCS-potentiëlen voldoende ruim beschikbaar en maatschappelijk acceptabel zijn. Het beeld is op de hele lange termijn niet houdbaar vanwege het beslag op eindige CO₂-opslagcapaciteit en op fossiele brandstoffen.

Veel zon en wind, beperkt CCS en BECCS, elektrificatie energievraag dominant.

Een groot aanbod van wind en zon zorgt voor een sterke toename van de elektrificatie van de energievraag in de industrie. Dit is in dit eindbeeld een goedkope optie om de energievraag te verduurzamen, bovendien is de industrie een belangrijke bron van flexibiliteit, nodig om zon en wind in te kunnen passen in de energiehuishouding. Hybride warmtevoorziening (gas én elektrisch) speelt een grote rol in de warmtevoorziening in de industrie.

Veel zon en wind, beperkt CCS en BECCS, grote rol voor power-to-X.

Dit beeld lijkt in een aantal opzichten op het voorgaande beeld, met veel zon en wind, er is alleen een beduidend grotere rol voor power-to-X. Carbon capture (niet storage) is een wezenlijk onderdeel van dit beeld: het levert de koolstof die nodig is om van waterstof uit elektrolyse synthetische brandstoffen en producten te maken. Een belangrijke eigenschap van dit eindbeeld is dat power-to-X noodzakelijk is voor de verduurzaming van de industrie, onder andere vanwege beperkte beschikbaarheid van CCS en van biomassa. De omzetting van elektriciteit naar waterstof en vervolgens naar synthetisch gas en andere producten is in onderdelen van de keten veel minder efficiënt dan elektrificatie. De kosten van dit beeld zullen daarom naar verwachting hoog zijn vergeleken met de andere beelden.

Beleidsroutes voor verduurzaming

Hiervoor hebben we geschetst welke opties er zijn voor het terugdringen van de CO₂-emissies in de industrie en wat de rol van de elektriciteitssector zou kunnen zijn. Daarmee is echter allesbehalve gegarandeerd dat die emissiereductie ook wordt gerealiseerd. Daarvoor is beleid nodig. Daarom bespreken we in deze paragraaf verschillende samenhangende beleidspakketten voor emissiereductie in de industrie.

Beleid dient minimaal een aantal elementen te bevatten: een visie op het doel met maatschappelijke inbedding, bewustwording en communicatie gericht op de doelgroep, een kennis- en innovatieaanpak, incentives en verplichtingen, een kostenallocatie, monitoring en borging. Deze elementen zijn grotendeels aanwezig in Nederland maar kunnen als het over afzonderlijke doelgroepen gaat nog versterkt worden. De keuzes voor Nederland hebben betrekking op de elementen die bij uitstek versterkt moeten worden om het klimaatdoel in Europees verband voor 2050 te bereiken.

Externe factoren

Veelal internationale externe factoren zijn bepalend voor de mogelijke beleidsroutes binnen Nederland. We onderscheiden drie belangrijke externe factoren voor de zware industrie:

Komt er nieuwe technologie beschikbaar?

Dit is sectorspecifiek, hiervoor is een sectorspecifieke techniekverkenning nodig. Fundamenteel andere procesroutes, zoals bv de vervanging van fossiele centrales door wind- of kernenergie bij elektriciteitsproductie zijn schaars. Het betreft b.v. elektrificatie bij productie van NH₃ of H₂ en nieuwe vormen van recycling bij kunststoffen, inzet van biomassa voor transportbrandstoffen. In de voedingsmiddelenindustrie en fijn- chemie zijn er bijvoorbeeld veel biobased alternatieven.

Zijn er structurele veranderingen in de productmarkt?

Dit betreft eventueel structurele vermindering van de basisproductvraag. Zoals bijvoorbeeld een veranderende vraag naar motorbrandstoffen, papier en karton en naar metaal. Er kan ook minder vraag komen naar bijvoorbeeld verpakkingsplastic en naar suiker. De ontwikkelingen op deze productmarkten zullen naar verwachting niet zodanig zijn dat het product gaat verdwijnen. Aangenomen wordt dat de betreffende Nederlandse productie niet verdwijnt maar mogelijk wel krimpt.

Hoe veranderen energie-en CO₂-prijs, ook ten opzichte van de concurrent?

Voor de internationale CO₂-prijs zijn in deze analyse aannames ontleend aan de NEV en WLO (ECN/PBL/CBS 2016), (CPB/PBL 2015). De WLO onderscheidt een 'hoog' en 'laag' scenario waarbij in beide beelden de prijs exponentieel groeit. Het 'hoog' scenario lijkt vooral analytisch ingegeven, waarbij de prijs van 160 euro per ton gebaseerd is op de marginale kosten. Een wereldwijd geborgde, door beleid gecreëerde handelsprijs is geopolitiek echter vooralsnog niet goed voorstelbaar. Het

'hoog' scenario van de WLO leidt niet tot een beperking van de opwarming van de aarde tot maximaal 2 graden in 2050. Er is in de WLO wel onderzocht bij welke CO₂-prijzen de twee graden mogelijk haalbaar zou kunnen zijn. Dergelijke schattingen zijn echter wel met een grote onzekerheid omgeven. Daarom worden hiervoor in de WLO bandbreedtes gegeven. Onderstaande tabel geeft de CO₂-prijzen voor het 'laag', 'hoog' en 2-graden scenario in de WLO.

Tabel 1: CO₂-prijzen voor verschillende scenario's WLO

	2013	2030	2050
Laag	4	15 ^a	40 ^a
Hoog	4	40 ^a	160
2-graden	4	100-500	200-1000

Prijspeil 2013

^a EU-ETS prijzen


Beleidskeuzes in Nederland

We maken onderscheid tussen een vijftal beleidspakketten voor de zware industrie. De pakketten zijn niet extreem gedefinieerd, maar vertegenwoordigen consistente plausibele beleidsontwikkelingen vanuit het heden. De gebruikte beleidspakketten leggen wel het accent op verschillende uitgangspunten, zodat verschillen zichtbaar worden. Een in de praktijk ontwikkeld beleidspakket zal natuurlijk elementen van meer varianten kunnen bevatten.

Europees beleid is bepalend (EB)

De Nederlandse overheid gaat door met als uitgangspunt de hoop op het wereldwijd aantrekken van de CO₂-prijs. Het huidige innovatiebeleid met topsectoren wordt versterkt, gericht op prioriteiten waar Nederland in Europees verband kan groeien. Eventuele subsidies zitten vooral aan de innovatiekant en beperkt uitrol (EIA).

Onder dit 'Brussel bepaalt'-pakket blijft Nederland zich voor beleidsprykkels afhankelijk opstellen van de Europese besluitvorming. Natuurlijk kan Nederland invloed uitoefenen op de Europese besluitvorming maar per saldo wordt deze er in dit pakket niet ambitieuzer van. Belangrijke elementen van de Europese besluitvorming zijn het ETS en de verplichtingen voor voertuigen en apparaten. Europees beleid voor hernieuwbare energie wordt nog wel voortgezet, maar raakt meer ondergeschikt aan het beleid gericht op broeikasgassen. Het beleid voor stationaire bronnen die niet onder ETS vallen, zoals de energie-extensieve industrie, wordt aan de lidstaten overgelaten. De ETS-prijs blijft nog lang laag en gaat pas in 2030 aantrekken. De industrie in de diverse lidstaten is deels succesvol in het bedingen van uitzonderingen. Sommige andere regio's in de wereld gaan harder lopen met hun handelssysteem en zijn daarom terughoudend met koppeling aan het EU-ETS. De ETS-prijs blijft op termijn steken op 30-40 euro per ton (conform WLO-hoog). Daarna komt geleidelijk een mondiale koppeling tot stand, maar WLO-hoog wordt niet verder gevolgd, een mondiaal prijsniveau van 160 euro per ton lijkt niet realistisch. Hier wordt dan geen



structurele stijging meer verwacht, landen willen uiteindelijk niet teveel autonomie prijsgeven. Voor de langere termijn komen we dan uit op WLO-laag.

Hernieuwbare elektriciteitsopwekking met wind en zon wordt sterk uitgebouwd en inpassing op grote schaal verloopt succesvol onder regie van Brussel. In Nederland wordt ook nog op aanzienlijke schaal biomassa in industriële ketels gestookt, op momenten dat de prijzen op de biomassamarkt dat toelaten. De zware industrie zit meer in de luwte van het ETS. Voortbouwend op het energieakkoord en topsectoren beleid zijn rond 2025 in Europees verband een aantal demoprojecten gerealiseerd in de zware industrie. Daarna stagneert opschaling naar de eerste productie-installaties, omdat de CO₂-prijs op dat moment nog onder de 20 euro per ton zit. Het steunkader laat geen verdere uitrolsubsidie toe. Alleen in de papier- en voedingsmiddelenindustrie worden rond 2035 een aantal klimaat neutrale productie-installaties gerealiseerd. Verder wordt in alle sectoren energie-efficiëntie geïntensiveerd, inclusief recyclingprojecten.

Dit Europese beeld vormt de basis voor de hierna omschreven pakketten, waarin extra nationaal beleid wordt toegevoegd. Bij dat nationaal beleid zitten verschillen in onderliggende factoren:

- De mate waarin de zware industrie een prikkel ervaart om te investeren,
- Of het beleid technologie-neutraal is of voor bepaalde technologie kiest,
- Waar in eerste instantie de lasten terecht komen.


Versterking prikkels via de markt (MB)

Op basis van de vanuit de Energiedialoog gevoelde noodzaak om te versnellen wordt een tenderregeling neergezet voor CO₂-reductie in de zware industrie. Het budget is daarbij niet beperkend, maar de technische mogelijkheden. De markt bepaalt keuzes, broeikasgasreductie is leidend. Daarmee wordt lange termijn investeringszekerheid geboden. Innovatiebeleid wordt voortgezet en versterkt vanuit de bestaande topsectorenopzet. De Nederlandse overheid kiest voor een hoge ambitie omdat het EU-ETS tekort schiet. Er worden tenders uitgezet voor langlopende verduurzamingsprojecten, waarbij ook uitrol gedurende 15 jaar is gefinancierd. De stimulering is opgezet per eenheid CO₂-arm eindproduct. Er kunnen ook beperkt keteneffecten op Nederlands grondgebied worden meegeteld.

Onder dit beleid concurreren reductieopties met elkaar voor de uitrolsubsidie. De verantwoordelijkheid voor de financiering ligt wat meer bij de bedrijven, hetgeen wat minder zekerheid biedt dan bij industriebeleid. Energie-efficiëntie projecten nemen een hoge vlucht, evenals warmteproductie uit biomassa, toepassing van hernieuwbare elektriciteit voor warmte en CCS. Minder sterk komen integraal ketenbeheer van materiaalstromen, grootschalige en hoogwaardige biomassa als feedstock en nieuwe elektrificatietoepassingen uit de verf.

Industriebeleid (IB)

De energiedialoog wordt voortgezet en mondt uit in resultaatsafspraken over verduurzaming naar klimaatneutraal met de verschillende bedrijven. Een innovatie- en uitroltraject op lange termijn wordt gezamenlijk ontwikkeld, inclusief stabiele publieke



financiering voor zover nodig (zie ook tekstbox 1 over Financiering). Daartegenover staan voor de industrie resultaatsverplichtingen en transparantie. Op basis hiervan wordt financiering op maat aangeboden met een substantiële subsidiecomponent. Dit leidt rond 2025 tot een aantal succesvolle demoprojecten en rond 2035 tot projecten die verder opgeschaald zijn naar ongeveer 10% van de productiecapaciteit van 2015.

Tekstbox 1 Financiering: huidige praktijk en beperkingen


Voor de vereiste transitie van de industrie volstaan incrementele efficiëncystappen niet meer. Dit wordt door de industrie onderkend (VEMW 2016); (VNO-NCW 2016). De industrie ziet voor zichzelf beperkt mogelijkheden om incrementele efficiëncystappen te zetten die verder gaan dan de bedrijfsinterne financiële criteria. Voor verduurzaming gelden geen afwijkende financieringscriteria, tenzij het wettelijk wordt voorgeschreven. Energie-efficiencyprojecten moeten concurreren met andere winstgevende projecten (Drost 2014).

De financiering van grotere verduurzamingsstappen is niet aan de orde binnen de zware industrie. De technische risico's zijn al groot en er is onder de huidige omstandigheden onmogelijk een goede business case te maken van elektrificatie, CCS en substitutie van olieproducten door biomassa.

In (Drost, 2014) wordt een aantal aanvullende financieringsmogelijkheden geanalyseerd en getoetst bij de industrie. Het gaat daarbij om constructies die binnen de huidige marktcondities van energieprijzen (groothandel) en internationale concurrentie mogelijk zijn. Dit betreft uitbreiding fiscale mogelijkheden, off-balance financiering, verbetering van bestaande regelingen als de EIA, verruiming van innovatieregelingen voor demo's en de WBSO.

Een uitzondering is de SDE. Dit is wel een substantiële uitrolsubsidie die de financiële risico's beperkt. Voor de industrie is overschakeling van aardgas naar biomassa in industriële stoomketels mogelijk onder de SDE. Ook vergisting van reststromen biomassa in de voedingsmiddelenindustrie en toepassing van groen gas uit mestvergisting worden gefaciliteerd door de SDE. Verder kan met SDE geothermie beperkt toegepast worden in de industrie. Een instrument als de SDE kan nog veel meer worden toegesneden op verduurzaming van de industrie. Verruiming van de SDE naar biomassa of reststromen als grondstof, elektrificatie en CCS is denkbaar op termijn. Maar de instrumentering is dan niet slechts gericht op hernieuwbare energieproductie maar op reductie van broeikasgassen en bevordering van circulariteit.

Dergelijke instrumenten dienen getoetst te worden aan het Europese stimuleringskader. Dit biedt hier zeker wel mogelijkheden voor. Maar er moet nog wel een brug geslagen worden tussen de condities van dat stimuleringskader en de financiële condities die bedrijfsintern gelden.



Het betreft een cluster van bioraffinaderijen gericht op optimalisatie van biomassaströmen, belangrijke groei van biobased eindproducten in de chemie, een aantal volledig op biomassa en geothermie werkende bedrijven in de papier- en voedingsmiddelenindustrie en power-to-products capaciteit in diverse onderdelen van de basischemie. Energie-efficiëntie wordt vooral gericht op meer substitutie van aardgas door elektriciteit in veel processen. Daarnaast wordt ook onder andere CCS in de chemie en staalindustrie gestimuleerd. De uitrolosubsidie voor biomassaketels wordt meer verlegd naar hoge temperatuurtoepassing van biomassa in industriële ovens. Veel van deze projecten zijn echter in 2035 onder het ETS nog niet rendabel, maar verdere opschaling wordt gesteund met uitrolosubsidie en productnormering.

Indirect via productbeleid en circulariteit (PB)

Via de afzetmarkten van de zware industrie kunnen kaders en prikkels worden geïnstrumenteerd om CO₂ aanvullend te beprijzen en daarmee materiaalgebruik te sturen in een duurzamere richting. De beprijzing zou gebaseerd moeten zijn op de kosten van het CO₂-neutraal maken van de productieketen. Dit heeft uiteindelijk ook effect op de productie van de zware industrie, maar niet alleen in Nederland. Instrumentering kan bijvoorbeeld via verplichtingen rond specifieke productgroepen, gecombineerd met een belasting op de materialen. De verplichtingen hebben betrekking op actieve inzameling van afgedankte producten, recycling naar dezelfde toepassing als het oorspronkelijke product of toepassing van biomassagrondstof voor grote groepen eindproducten.

Innovatieprogramma's voor circulariteit worden versterkt, gericht op verdere technologische- en institutionele ontwikkeling. Er worden inzamel- en verwerkingssystemen opgezet onder toezicht van de overheid. Om werkelijk CO₂-neutrale ketens te realiseren moeten uit de beprijzing ook middelen beschikbaar blijven voor het CO₂-neutraal maken van recyclingprocessen, biomassagrondstof of alternatieve duurzame processen. Producten van aantoonbaar CO₂-neutrale processen krijgen een overeenkomstig lagere belasting. Er wordt een intermediaire organisatie opgezet die toezicht houdt en middelen alloceert. Het beleid heeft dus niet rechtstreeks invloed op de processen in de Nederlandse zware industrie. Maar de industrie kan geëncouraged worden om de recycling op te zetten, reststromen te gebruiken en daarbij aanspraak maken op verduurzamingsmiddelen uit de beprijzing. De energie-intensieve processen in de basisindustrie kunnen door dit beleid ook in omvang gaan afnemen en groei van de recyclingbranche wordt gestimuleerd.

Aan dit beleidspakket zitten meer internationale haken en ogen dan aan de andere pakketten. Veel producten worden geïmporteerd en krijgen in Nederland een toeslag die ze in het buitenland niet krijgen. Buitenlandse bedrijven maken mogelijk aanspraak op de prijstoeslag als ze materialen weer innemen of processen CO₂-neutraal maken. De stroom gerecycled materiaal gaat primaire productie en dus hogere uitstoot

verdringen, maar dat hoeft niet in Nederland te zijn. Voor deze Nederlandse reductieprestatie moet daarom internationale erkenning komen in het kader van internationale verdragen.

Vervuiler betaalt (VB)

Tenslotte wordt een variant beschouwd waarin een prijsprikkel in de vorm van een CO₂-heffing wordt verondersteld. Met de opbrengst daarvan kan een programma worden gefinancierd voor vergaande verduurzaming, zoals bijvoorbeeld beschreven onder MB of IB. Dit pakket bouwt voort op een budgetneutrale prijsprikkel uit het IBO-rapport (ECN/PBL 2016). Een nationale heffing richting zware industrie zal langzaam moeten worden opgevoerd, zodat bedrijven productie en investeringen kunnen aanpassen. Het pakket kan leiden tot toepassing van relatief eenvoudige verduurzamingsopties zoals beschreven onder MB. Bedrijven die relatief ver zijn met het onderzoeken van verduurzamingsopties gaan aanspraak maken op de heffingsopbrengsten. Bij bedrijven die daarvoor meer tijd nodig hebben en internationaal sterk verweven zijn, gaat het pakket investeerders afschrikken en zal het leiden tot desinvesteringen in Nederland. Uitstootreductie door krimp van activiteiten krijgt in dit pakket dus een grotere rol. Dit is dus het pakket met de grootste kans op 'carbon leakage'.

Waardering beleidspakketten

Bij de beleidspakketten is het onderscheid in de onderliggende accenten samengevat in Tabel 2. De eerste kolom geeft de omvang van de prijsprikkel aan voor de zware industrie op basis van het pakket. In zowel MB, IB als VB wordt een veel grotere inzet van financiële drijfveren op de zware industrie verondersteld dan bij EB en PB. EB heeft hier vooral de rol van referentie. De prijsprikkels in MB en IB komen van subsidie, in VB ook van de heffing. De heffing op producten in PB kan ook hoog zijn, maar treft de zware industrie alleen indirect. MB en IB hebben een vergelijkbare subsidieprikkel, maar die gaat in specifieke gevallen nog wat verder bij industriebeleid. De technische focus is bij IB en PB specifiek, bij MB en VB is er een generieke prikkel. Bij de pakketten waar subsidies de grootste rol spelen liggen de lasten vooral collectief, bij verplichtingen en heffingen vooral bij de industrie. Bij VB is dat de zware industrie, bij PB moeten vooral de materiaalafnemers betalen.

Tabel 2: Beoordeling beleidspakketten

	prijsprikkel industrie	techische focus	lasten-verdeling
Europees Beleid (EB)	2	als bestaand	als bestaand
Marktbeleid (MB)	3	generiek	collectief
Industriebeleid (IB)	4	specifiek	collectief
Productbeleid (PB)	1	specifiek	afnemer
Vervuiler betaalt (VB)	5	generiek	industrie

In Tabel 3 wordt een indicatie gegeven welke fysieke opties onder de verschillende beleidspakketten meer of minder succesvol zijn. Een donkere invulling representeert een hoge penetratie van de verduurzamingsoptie. Het is niet gebaseerd op

kwantitatieve modellen, maar dient om verschillen tussen pakketten duidelijk te maken.

Tabel 3: Overzicht relatie tussen de beleidspakketten op fysieke opties

	volume reductie	verhoogde recycling	besparing proces	biomassa feedstock	biomassa warmte	elektrificatie	CCS
Europees Beleid (EB)	0	0	1	0	2	1	1
Marktbeleid (MB)	1	1	3	3	4	3	4
Industriebeleid (IB)	2	3	3	4	3	4	3
Productbeleid (PB)	1	4	1	3	1	1	1
Vervuiler betaalt (VB)	4	0	1	0	1	1	1

Een voorlopige beoordeling van de pakketten is weergegeven in Tabel 4. De eerste kolom geeft de effectiviteit aan, in dit geval de mate van CO₂-reductie in Nederland. Er wordt hier dus geen kwalificatie gegeven van de grenseffecten van PB en VB. De effectiviteit heeft een sterk verband met de hoogte van de prijsprikkel. Bij PB werkt de beperkte prijsprikkel ook via de afnemers. De kosteneffectiviteit geeft voor het bereikte effect de efficiency aan, gerelateerd aan het nationale kostenbegrip. De pakketten met meer generieke instrumenten worden geacht hier beter te scoren. De kolom innovatief zet de meer toegesneden maatwerkpakketten af tegen de pakketten met generieke prikkels. Dit is gebaseerd op het inzicht dat de verduurzamingsoperatie voor de zware industrie dermate complex is dat specifieke beleidsondersteuning vereist is om specifieke technologische kansen te verzilveren. Bij de meer toegesneden beleidspakketten krijgt de industrie meer kansen om zich als duurzaam te herpositioneren in de markt. De beoordeling van de eenvoudigheid van beleid is daar min of meer een tegenhanger van. Hier spelen ook de internationale en mededingingsaspecten een rol. Tenslotte kijkt de beoordeling naar de evenwichtigheid, dit geeft een waardering van het te verwachten draagvlak en de evenredige verdeling van inspanningen. Industriebeleid scoort daar het beste onder de aanname dat dit pakket het meest stakeholders betreft en hier de minste kans is op koude sanering. Europees beleid wordt op dit punt positiever gewaardeerd omdat het vooral als gematigd is aangehouden. De instrumentenpakketten met meer stevige generieke prikkels worden geacht allerlei onbedoeld strategisch gedrag op te roepen.

Tabel 4: Beoordeling beleidspakketten

	effectief	kosten-effectief	innovatief	eenvoudig	evenwichtig
Europees Beleid (EB)	1	3	0	3	3
Marktbeleid (MB)	3	3	1	3	3
Industriebeleid (IB)	4	2	4	1	4
Productbeleid (PB)	2	0	3	0	3
Vervuiler betaalt (VB)	3	3	0	2	0



Conclusies

Dit essay is bedoeld om het denken over vergaand beleid voor verduurzaming van de zware industrie te bevorderen. Deze grote opgave vereist een samenhangend pakket van instrumenten. Bij de keuze van een pakket zijn voor de rol van de overheid twee fundamentele overwegingen van belang:

- Wordt meegewerkt aan een proces dat toch vooral internationaal gestuurd wordt of is een nationale sturing zinvol of zelfs noodzakelijk?
- Maakt de overheid keuzes voor maatregelen op basis van een dialoog met de doelgroepen, of worden keuzes aan de markt overgelaten?

Op basis van de analyse wordt de conclusie getrokken dat nationale sturing noodzakelijk lijkt om substantiële verduurzaming te bereiken. Een afwachtende overheid leidt tot te weinig broeikasgasreductie. Het is wel economisch aantrekkelijk op korte termijn omdat de nationale kosten lager zijn en geprofiteerd kan worden van ervaringen in het buitenland.

Het dynamisch effect van technologieontwikkeling en de samenhang met het materialensysteem maakt dat marktinstrumenten niet vanzelf tot optimale maatschappelijke resultaten leiden. Ook de mogelijk positieve economische effecten voor Nederlandse bedrijfstakken kunnen reden zijn voor maatwerk in beleid. Indien marktinstrumenten worden ontworpen voor verduurzaming van de zware industrie dient dit uiterst zorgvuldig, niettemin aanpasbaar en in overleg met de doelgroepen plaats te vinden. Momenteel ontbreekt hier voor nog de kennis en het begrip over de complexe rol van de zware industrie in de samenleving.

Referenties

CPB/PBL (2015): *Toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving. Cahier Klimaat en Energie*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving/Centraal Planbureau 2015.

Drost, J.P. (2014): *Pilot Raamwerk Bedrijfsspecifieke Afspraken*, Wassenaar, december 2014, in opdracht van Ministerie EZ en VNO-NCW.

ECN/PBL (2016): Bert Daniëls (ECN); Robert Koelemeijer (PBL) *Kostenefficiëntie van beleidsmaatregelen ter vermindering van broeikasgasemissies*, Bijlage bij het IBO kostenefficiëntie CO₂-reductiemaatregelen, ECN-E--15-060, feb. 2016 .

ECN/PBL/CBS (2016): K. Schoots, M. Hekkenberg en P. Hammingh, *Nationale Energieverkenning 2016*. ECN-O--16-035. Petten: Energieonderzoek Centrum Nederland.

EnergieOverheid (2016): *Bedrijfsleven verenigd in Transitiecoalitie wil klimaatwet*. <http://www.energieoverheid.nl/2016/10/25/bedrijfsleven-verenigd-in-transitiecoalitie-wil-klimaatwet/>.

RVO.NL (2012): *Routekaarten Industriële sectoren*, <http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/meerjarenaafspraken-energie-effici%C3%ABntie/publicaties/routekaarten-en-voorstudies/industri%C3%ABLE-sectoren>.

VEMW (2016): *Samen op weg naar minder*, Woerden 2016 <http://www.vemw.nl/~media/VEMW/Downloads/Public/Homepage%20homeslide r/Samen%20op%20weg%20naar%20minder.ashx>.

VNO-NCW (2016): *NL Next level, Investeren in de transformatie van Nederland* http://www.nl-nextlevel.nl/wp-content/uploads/2016/08/brochure_nl_next_level.pdf.



Energy research Centre of the Netherlands

Postbus 1
1755 ZG PETTEN

Contact
088 515 4949
info@ecn.nl

www.ecn.nl

