

Klimaatprobleem Oplossing in zicht



Werkgroep Klimaatbeleid

De leden van de Werkgroep Klimaatbeleid van de Bezinningsgroep Energiebeleid hebben op persoonlijke titel zitting genomen in de werkgroep. De samenstelling van de werkgroep is als volgt:

Arie Bleijenberg (voorzitter Werkgroep Klimaatbeleid)
Jan Willem Bode
Piet Boonekamp
Ferd Crone
Kees Daey Ouwens
Daan Dijk
Peer van Gemert
Jip Lenstra
Dian Phylipsen
Sible Schöne
Jeroen van der Sluijs
Pier Vellinga (voorzitter Bezinningsgroep Energiebeleid)
Bert de Vries
Tiny van der Werff (secretaris Bezinningsgroep Energiebeleid)

Adres: Bezinningsgroep Energiebeleid
p/a Oude Delft 180
2611 HH Delft
tel: 015 2150120

Colofon

Redactie: Tiny van der Werff
Eindredactie: Jan Paul van Soest
Foto's: Fas Keuzenkamp (Pijnacker)
Wereld Natuur Fonds (Zeist)
Wim van Hoorn (Delft)
Hanneke Dullaart (Den Hoorn ZH)
Vormgeving: Marius Geervliet (Kunst & vliegwerk, Den Hoorn ZH)

Klimaatprobleem

Oplossing in zicht

BG-00-P2

5 april 2000

Verantwoording

Dit boekje wordt uitgebracht door de Bezinningsgroep Energiebeleid (BG). De Bezinningsgroep denkt dat de klimaatproblematiek sterk bepalend zal zijn voor onze energievoorziening. Immers, het gebruik van fossiele brandstoffen is nu een van de belangrijkste oorzaken van het klimaatprobleem. De Bezinningsgroep heeft daarom besloten een actieve rol te vervullen in het maatschappelijk debat over de strategieën om het klimaatprobleem onder controle te krijgen. Hiertoe is een visie op het lange-termijnklimaatbeleid ontwikkeld. De nadruk ligt hierbij op het Nederlandse lange-termijnklimaatbeleid in een internationale context. Die visie is in deze publicatie neergelegd. Het doel van deze publicatie is om het draagvlak te vergroten voor een vergaande Nederlandse inzet in de internationale klimaatonderhandelingen. Tot 2012 zijn inmiddels internationale afspraken gemaakt, voor de periode daarna nog niet.

Met deze publicatie wil de Bezinningsgroep laten zien dat het klimaatprobleem dringend een verdergaande aanpak behoeft, dat dit technisch en beleidsmatig ook kan, en dat de oplossing betaalbaar is.

De Bezinningsgroep Energiebeleid dankt alle sponsors die deze publicatie mogelijk hebben gemaakt: het Wereld Natuur Fonds, het Ministerie van VROM en het energiebedrijf NUON. Het werk van de Bezinningsgroep wordt in zijn algemeenheid financieel ondersteund door ECN, EnergieNed, EPON, Essent, Gasunie, Rabobank, Sep, TNO-MEP en het Wereld Natuur Fonds. Ook mede door hun bijdragen is dit boekje mogelijk gemaakt. De eindverantwoordelijkheid voor de tekst ligt echter geheel bij de werkgroep en redacteurs die deze publicatie hebben opgesteld.

De Bezinningsgroep Energiebeleid is een samenwerkingsverband van personen die werkzaam zijn binnen de wetenschap, de industrie, de zakelijke dienstverlening, de overheid, de adviesorganen en de politiek. De Bezinningsgroep is in 1974 opgericht uit zorg over de besluitvorming over energie en milieu in Nederland en is hierover sindsdien regelmatig naar buiten getreden.

Standpunten van de Bezinningsgroep Energiebeleid worden niet noodzakelijkerwijs op alle onderdelen door alle leden onderschreven.

Inhoud

Samenvatting	7
Is intensiever klimaatbeleid noodzakelijk?	7
Is intensiever klimaatbeleid mogelijk?	8
Is intensiever klimaatbeleid betaalbaar?	9
De balans opmaken: hoe verder?	10
1 Een weerbaarstig probleem	11
2 Het klimaat en de mens	13
Het klimaat verandert	13
Menselijk handelen beïnvloedt het klimaat	15
Het klimaatprobleem dreigt onbeheersbaar te worden	19
Drastische emissiereducties zijn nodig	25
3 Mondiaal beleid voor de 21^e eeuw	29
Huidig klimaatbeleid is slechts een eerste stap	29
Verder na Kyoto	33
Alternatieven voor de Kyoto-aanpak	41
4 Maatregelen en kosten	43
Energiegerelateerde emissies	43
Aangrijpingspunten voor beleid	44
Energie-intensiteit: besparing en structureffecten	46
Schone energie	58
Efficiency en schone energie: wat is mogelijk?	52
Een koolstofarme energievoorziening voor Nederland	57
5 Nederlands klimaatbeleid	65
Nederlands klimaatbeleid in internationale context	65
Nederland als voorvechter voor internationale afspraken	66
Publieke acceptatie	67
Nationaal CO ₂ -reductiebeleid: sturen op schone energie	67
Het gelijk van Arrhenius – een nawoord	73
Literatuurlijst	77

Samenvatting

Klimaatbeleid voeren is moeilijk: de klimaatproblematiek plaatst de samenleving voor een aantal lastige technische, economische en bestuurlijke kwesties. Er is sprake van wetenschappelijke onzekerheid over de gevolgen van het versterkte broeikaseffect op klimaat, economie en natuur. De maatschappelijke aandacht voor de problematiek is nog betrekkelijk gering, zeker gelet op de mogelijke ingrijpendheid van de gevolgen. Het gaat om een mondiaal probleem, terwijl de mondiale besluitvormingsmechanismen nog amper zijn ontwikkeld; en een eenvoudige en goedkope oplossing lijkt niet direct beschikbaar. Bovendien lopen de meningen over mogelijkheden en kosten uiteen, tussen “oplossingen kosten nagenoeg niets” en het “klimaatprobleem tegengaan brengt ons terug naar de middeleeuwen”. In dit boekje worden de achtergronden, het huidige beleid en de mogelijkheden om er meer aan te doen op een rijtje gezet. Is een intensiever klimaatbeleid nodig? Is het ook mogelijk? En is het betaalbaar? De antwoorden op deze drie vragen vormen de rode draad van het boekje. We vatten ze hieronder samen.

Is intensiever klimaatbeleid noodzakelijk?

Hoofdstuk 2 beschrijft de invloed van de mens op het klimaat, volgens de meest recente wetenschappelijke inzichten. Het bewijs van de invloed van menselijke activiteiten op het klimaat blijkt de afgelopen paar jaar harder geworden. Gebruik van fossiele energie leidt tot CO₂ in de atmosfeer en dit verstoort de energiehuishouding van de aarde, met allerlei gevolgen. Er zijn meer gassen (broeikasgassen) die dit doen, maar dit boekje concentreert zich op energiegerelateerde gassen. Die zijn het moeilijkste aan te pakken.

De gemiddelde temperatuur op aarde is sinds 1880 toegenomen. Vooral in recente jaren is de stijging opvallend. Ook de schade door weegerelateerde natuurrampen is in de periode sinds 1960 sterk toegenomen: er zijn steeds vaker ‘extreme’ weersomstandigheden. Dit alleen bewijst echter nog niet dat deze veranderingen komen door het verbranden van fossiele brandstoffen. Er zijn complexe computermodellen gemaakt, waarin onder meer de concentratie aan broeikasgassen is verwerkt, alsmede de invloed van aërosolen (minuscule deeltjes in de lucht die een afkoelend effect hebben) en van de veranderingen in zoninstraling (t.g.v. zonnevlekken). Deze modellen beschrijven de dynamiek van het klimaat steeds beter. De conclusie, zowel uit metingen als uit modelberekeningen luidt dan ook: naar alle waarschijnlijkheid draagt menselijk handelen nu al significant bij aan klimaatverandering.

De gevolgen zijn niet goed te overzien, maar kunnen dramatisch zijn. Zonder tegenmaatregelen wordt het klimaatprobleem onbeheersbaar. De temperatuur dreigt verder te stijgen, waardoor onder meer de zeespiegel stijgt, gletsjers en ijskappen smelten en ‘extreme’ weersomstandigheden steeds vaker voorkomen. In veel gebieden op aarde zal het klimaat veranderen, met negatieve effecten op de natuur, de

economie en de volksgezondheid. Ontwikkelingslanden zullen zwaar worden getroffen maar ook Europa is kwetsbaar, voor bijvoorbeeld stagnatie van de warme golfstroom.

Voorkomen is beter en goedkoper dan genezen, maar helemaal voorkomen kan inmiddels niet meer; hooguit kan de schade beperkt worden gehouden en kan escalatie van het klimaatprobleem worden voorkomen. Daarvoor is het echter wel nodig de emissies van broeikasgassen als CO₂ drastisch te verminderen. Uiteindelijk moet de concentratie van broeikasgassen in de atmosfeer op een nieuw evenwichtsniveau terechtkomen. Hiervoor is het in ieder geval nodig dat de mondiale uitstoot van CO₂ ooit afneemt tot ongeveer de helft van het huidige niveau. In dat geval komt de uitstoot overeen met de natuurlijke opnamecapaciteit voor CO₂. Gezien de te verwachten groei in de ontwikkelingslanden zal voor een eerlijke verdeling de uitstoot in de geïndustrialiseerde landen uiteindelijk met 80% moeten verminderen ten opzichte van het huidige niveau. De Nederlandse overheid en de EU vinden dat de temperatuurstijging maximaal 2 graden Celsius mag bedragen. Op grond daarvan is een maximumconcentratie CO₂ te berekenen. Dat is niet van de ene dag op de andere te bereiken, maar een tempo van emissiereductie met 2-4% per jaar is hiervoor nodig.

De risico's van klimaatverandering zijn groot. Met het huidige beleid zal het hoogstwaarschijnlijk niet lukken de gevolgen voldoende binnen de perken te houden. Nieuw beleid is dus nodig.

Is intensiever klimaatbeleid mogelijk?

Er gebeurt al het een en ander aan klimaatbeleid, zowel in Nederland als wereldwijd. Er is in VN-verband een klimaatverdrag gemaakt, waarna in Kyoto in 1997 concrete emissiedoelstellingen werden afgesproken voor westerse en Oost-Europese landen en voor de voormalige Sovjet-Unie. Hoofdstuk 3 vat de stand van zaken samen. De belangrijkste 'gaten' in de verdragen zijn dat noch voor ontwikkelingslanden ('Zuid'), noch voor internationale sectoren als de lucht- en scheepvaart doelstellingen zijn afgesproken.

Om zuidelijke landen mee te krijgen moet de beschikbare 'emissieruimte' voor CO₂ eerlijk worden verdeeld. Gelijke rechten op CO₂-uitstoot per hoofd van de bevolking lijkt op termijn het enige verdedigbare principe. Als dat zou worden gehanteerd ontstaan wel substantiële geldstromen van Noord naar Zuid: de westerse wereld zal van Zuid emissieruimte moeten kopen.

De vraag is dan nog wel hoe de benodigde emissiereducties praktisch en beleidsmatig tot stand kunnen komen. Daarop gaat vooral hoofdstuk 4 in.

Het beleid in de meeste landen, waaronder Nederland, heeft zich met name gericht op energie-efficiency: minder energie gebruiken voor een zelfde of zelfs groeiend inkomen. Uit deze publicatie blijkt duidelijk dat verdere verbetering van de energie-efficiency onvoldoende soelaas biedt voor oplossing van de klimaatproblematiek.

De belangrijkste nieuwe beleidslijn is het versneld toepassen van schone energie. Het gaat hierbij om soorten energie waarbij minder of zelfs geen CO₂ de lucht in wordt geblazen. Zorg er nu maar voor, zo luidt de redenering, dat maximaal gebruik wordt gemaakt van deze schone energie. Hierbij gaat het om hernieuwbare bronnen, zoals zonne- en windenergie en biomassa, en om fossiele energie waarvan de CO₂ bij gebruik wordt verwijderd. Deze CO₂ kan in oude gasvelden en watervoerende lagen (aquifers) worden opgeslagen en zo uit de atmosfeer worden gehouden. Bij de huidige stand der techniek lijkt deze laatste route momenteel de goedkoopste, maar het perspectief kan natuurlijk in de loop van de tijd veranderen door technische verbeteringen. Daarbij komt dat de kosten per bestreden ton CO₂ niet het enige afwegingscriterium hoeven te zijn.

Er staan vele opties ter beschikking voor de bestrijding van het klimaatprobleem. Die maken duidelijk dat de problematiek oplosbaar is. Ook beleidsmatig zijn er goede aangrijpingspunten te vinden, met name door krachtig het gebruik van schone energie te bevorderen.

Is intensiever klimaatbeleid betaalbaar?

Technisch en beleidsmatig is intensiever klimaatbeleid dus mogelijk, maar de vraag is dan wel hoeveel dat kost.

Schone energie is in de komende decennia hoe dan ook duurder dan energie waarbij wel CO₂ vrijkomt. Voor het klimaatbeleid is dat evenwel eerder een voordeel dan een nadeel. Immers, wanneer we 'geforceerd' gebruik gaan maken van schone energie, stijgen de energiekosten, en daardoor ontstaat een stimulans om efficiënter met energie om te springen. Schone energie stimuleert dus ook besparingstechnieken en gedragsverandering. Ook zal een lichte herstructurering van de economie het gevolg kunnen zijn, met een bescheiden groeivermindering van het BBP als mogelijke resultante.

De kosten van klimaatbeleid zijn echter beperkt, zeker in het licht van een verwachte inkomensgroei van zo'n 3% per jaar. Zo beschouwd valt de prijs van een klimaatbeleid dat de risico's sterk beperkt wel mee, hoewel de kosten in absolute bedragen wel hoog lijken: anno 2050 geven we in Nederland zo'n 50 miljard gulden per jaar meer uit aan onze energievoorziening dan wanneer we het probleem het probleem laten. Dit lijkt veel maar valt mee wanneer we het als volgt bekijken. Uitgedrukt als percentage van het BBP wordt de energievoorziening steeds goedkoper door het toenemende inkomen. Met aanvullend klimaatbeleid wordt de energievoorziening echter iets minder snel goedkoper dan zonder aanvullend klimaatbeleid. Ter illustratie: nu kost de energievoorziening in Nederland, inclusief heffingen, accijnzen, BTW, etc., ruwweg 12% van ons inkomen. Dit bedrag zakt in 2050 tot ca. 8% zonder aanvullend klimaatbeleid, terwijl met aanvullend klimaatbeleid we zo'n 10% van ons BBP aan de energievoorziening kwijt zullen zijn. Dat wil zeggen dat we in 2050 een kleiner deel van ons inkomen aan energie zullen besteden dan nu, maar meer dan wanneer we niets aan het klimaatprobleem doen. Wij verdienen

dit echter terug omdat ook de klimaatschade en bijbehorende risico's veel minder worden.

De balans opmaken: hoe verder?

Tijd om de balans op te maken. De klimaatproblematiek is reëel en bedreigt economie, natuur en volksgezondheid. De schade kan groot zijn. Technisch gezien echter is het klimaatprobleem oplosbaar en de kosten van aanpak zijn goed te dragen. De keuze is daarmee helder, maar samenleving en politiek zullen uiteindelijk de afweging moeten maken. Om dat goed te kunnen doen is een intensieve maatschappelijke dialoog noodzakelijk. Dit boekje geeft – vanuit een bewust gekozen overwegend technisch-economische invalshoek – een aftrap voor de inhoud van zo'n dialoog. De wijze waarop deze gestalte moet krijgen ligt evenwel nog open.

De lijn die wij voorstaan is: via een doelgericht beleid mikken op een versnelde introductie van schone energie en tegelijkertijd ook andere landen warm krijgen voor zo'n beleid, waarbij een maximale inzet gericht moet zijn op het ontwikkelen van een verdergaand internationaal klimaatbeleid. Een bijdrage aan de emissiereducties door Nederland alléén helpt niet: alleen als een groot deel van de wereld meedoet wordt klimaatbeleid effectief.

In eigen land tenslotte moet het beleid worden gericht op acceptatie van verdergaand internationaal klimaatbeleid: op de risico's, de maatregelen, de kosten en de afweging. Aangescherpt klimaatbeleid: het is nodig, het kan en het is betaalbaar. Het gaat niet meer om of we het doen, maar hoe we het doen.

1 Een weerbarstig probleem

Toen de Zweedse natuur- en scheikundige Svante Arrhenius in 1896 als eerste het risico van klimaatverandering door gebruik van fossiele brandstoffen naar voren bracht, kon hij niet voorzien dat het nog bijna een eeuw zou duren tot zijn inzicht op de politieke agenda's terecht zou komen. Terugkijkend is het wel logisch dat het lang duurde eer zijn ideeën opgeld begonnen te doen. De klimaatproblematiek is wetenschappelijk complex en plaatst de samenleving voor een aantal lastige bestuurlijke, economische en technologische kwesties.

Om te beginnen spelen wetenschappelijke onzekerheden een belangrijke rol. Over het bestaan van het broeikas effect is geen misverstand mogelijk: als dat niet bestond zou er geen leven op aarde zijn. Verschillende gassen, waaronder waterdamp en CO₂ – dat onder meer vrijkomt bij de verbranding van fossiele energie – beperken de warmte-uitstraling van de aarde, waardoor een leefbaar klimaat ontstaat. Maar de reactie van het mondiale klimaatsysteem op een sterk verhoogde uitstoot van broeikasgassen is minder eenduidig, al kunnen we met allerlei computermodellen de aardatmosfeer steeds beter beschrijven. De wereldtemperatuur stijgt en weerspatronen zullen veranderen, maar wat dat precies betekent voor de verschillende plaatsen op aarde is minder duidelijk. Potentieel zijn de gevolgen zeer groot voor natuur, economie en voor de maatschappij als geheel.

Ten tweede is de maatschappelijke aandacht betrekkelijk gering. Dat is niet zo vreemd voor wie zich realiseert dat klimaatverandering vooral invloed heeft op de leefbaarheid van de volgende generaties. De gevolgen zijn pas later merkbaar, en veelal ook elders, met name in ontwikkelingslanden. 'Elders' en 'later' hebben amper een stem in het maatschappelijk debat, in tegenstelling tot onderwerpen als geluidhinder rond Schiphol of de aanleg van een snelweg. Hoe verder weg in plaats en tijd een milieuprobleem optreedt, hoe sterker de mechanismen van afwenteling en hoe zwakker de maatschappelijke tegenkrachten.

Ten derde geldt dat het klimaatprobleem een mondiaal probleem is. Dit betekent dat voor oplossing ervan de inzet van alle landen is vereist. Als een land alléén maatregelen treft heeft dat weinig zin. De inzet van de verschillende landen varieert echter sterk. De redenen daarvoor zijn uiteenlopend: de historische bijdrage aan het probleem verschilt, de gevolgen van klimaatverandering pakken voor de een zwaarder uit dan voor de ander, andere problemen hebben een hogere prioriteit, of de middelen om het probleem aan te pakken ontbreken. Internationale organen, zoals de Verenigde Naties, maar dat geldt ook voor regionale instituties als de Europese Unie, zijn vooralsnog te zwak om een effectief klimaatbeleid te realiseren.

Ten vierde lijkt geen eenvoudige, snelle en goedkope oplossing voorhanden, zoals in het geval van de aantasting van de ozonlaag. Integendeel, om het klimaatprobleem aan te pakken, zijn ingrepen in de structuur van onze energievoorziening vereist, en misschien zelfs wel in de structuur van onze economie. Dit gaat gepaard met extra weerstanden. Er zijn verschillende zienswijzen op oplossingen in omloop, en dat is op zichzelf al een complicerende factor. Waar de één meent dat de techno-

logie vrijwel geheel het probleem kan oplossen, is een ander van oordeel dat alleen wijzigingen in consumptie- en productiepatronen of een algehele versobering soelaas kunnen bieden. Binnen de technologische zienswijze zijn er bovendien ook weer verschillende 'scholen': kernenergie vindt de een, een ander bepleit fossiele bronnen met CO₂-verwijdering, een derde mikt op de inzet van hernieuwbare bronnen als zonne-energie of biomassa. En de laatste bron kan daarbij ook nog eens op de nodige controverses rekenen.

De discussie over klimaatproblemen en –oplossingen is dus complex. Daardoor kan gemakkelijk een patstelling ontstaan. Het internationale klimaatbeleid is dan ook een van de beleidsterreinen waarop maar moeizaam vooruitgang wordt geboekt.

Dit boekje beoogt helderheid in de discussie te brengen. Zowel de problematiek, alsook de internationale arena en mogelijke oplossingen komen hierbij aan bod. In hoofdstuk 2 wordt de problematiek beschreven. Wat weten we, wat niet? Oorzaken van het klimaatprobleem, gevolgen ervan – wat zijn de verwachtingen en hoe zeker of onzeker is onze kennis nu? In hoofdstuk 3 schetsen we de internationale discussie: wat zijn de huidige afspraken zoals die in het Japanse Kyoto zijn gemaakt, welke elementen ontbreken daarin en hoe zou een klimaatbeleid eruit moeten zien met een tijdhorizon voorbij 2012? Vervolgens wordt in hoofdstuk 4 een beeld gegeven van maatregelen om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen en van de kosten die deze met zich meebrengen. Dit wordt uitgewerkt voor Nederland. Daaraan gekoppeld is de vraag: hoe kan worden gestuurd naar een emissie-arme energievoorziening? We waarschuwen de lezer nu vast: dit hoofdstuk kan gemakkelijk worden misverstaan. Het is niet de bedoeling een blauwdruk te geven van een oplossing – er zijn ook andere oplossingen denkbaar dan die in hoofdstuk 4 worden beschreven. Het is een schets van een mogelijke route, aan de hand waarvan een beeld van de te verwachten kosten ontstaat. En zo'n beeld van de kosten is nodig om de keuze waar de samenleving voor staat helder te krijgen: gelet op de risico's en gelet op de kosten, willen we het klimaatprobleem tegengaan of niet?

Aansluitend schetsen we in hoofdstuk 5 de stappen die Nederland zou moeten zetten, met in het achterhoofd de problematiek, de internationale context, de mogelijke maatregelen en de kosten die in de eerdere hoofdstukken aan bod zijn gekomen.

Het boekje sluit af met een nawoord van de hand van Jan Paul van Soest, die enkele kanttekeningen plaatst en de vraag formuleert waarvoor de (Nederlandse) samenleving zich geplaatst ziet.

Zo hopen we dat het boekje wordt gebruikt: als aanjager voor de noodzakelijke maatschappelijke discussie over klimaatproblemen, de energievoorziening en de mogelijkheden en wensen om de problemen het hoofd te bieden. Dit boekje laat zien dat dat kan, als we ervoor kiezen: zonder ingrijpende gevolgen voor de economie kunnen dramatische gevolgen voor natuur, economie en samenleving worden voorkomen.

2 Het klimaat en de mens

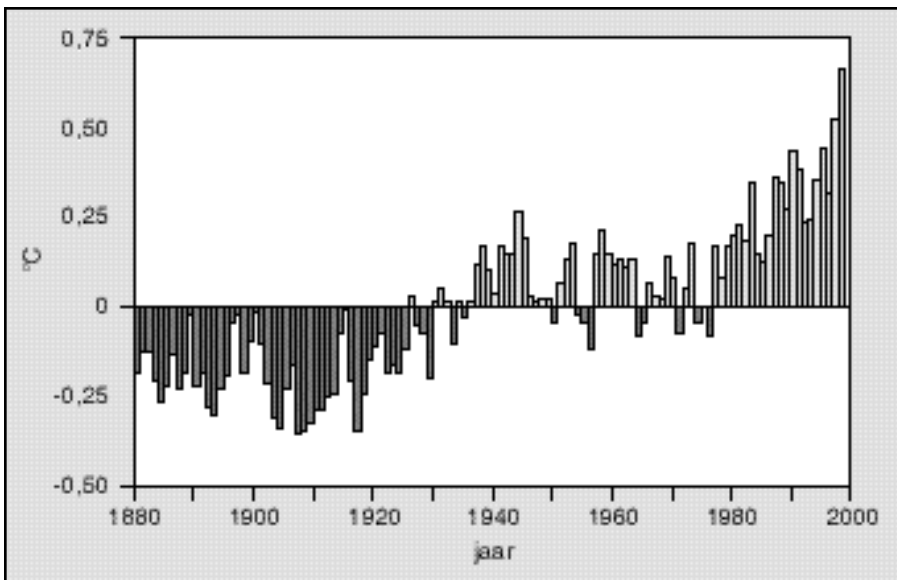
Het klimaat verandert

Waar een paar jaar geleden nog veelvuldig over 'broeikas-effect' werd gesproken, is recent de term 'klimaatverandering' meer in zwang gekomen. Die term sluit beter aan bij de effecten zoals die nu door de wetenschappelijke wereld worden verwacht: het gaat niet alleen om opwarming van de atmosfeer, maar om een veelheid van klimaatverschijnselen zoals regen, stormen, verandering van depressiepatronen en dergelijke. Op sommige plekken kan zelfs sprake zijn van afkoeling in plaats van opwarming.

De achtergrond zal bekend zijn: een aantal stoffen in de atmosfeer zorgt voor een verandering van de in- en uitstraling van energie, en dat beïnvloedt een groot aantal processen die direct van invloed zijn op het klimaat. De menselijke verstoring van deze processen wordt onder de noemer 'klimaatverandering' samengevat.

Maar hoe verandert het klimaat dan? Hoe erg is dat? Wat weten we en wat is nog onzeker?

Sinds het einde van de 19^e eeuw is de gemiddelde temperatuur op aarde met ca. 0,8°C is gestegen waarvan het grootste deel in de afgelopen 30 jaar. Figuur 1 brengt deze tendens in beeld. Ter vergelijking: temperatuurveranderingen van 4 tot 5°C hebben in het verleden de IJstijden in- of uitgeluid.

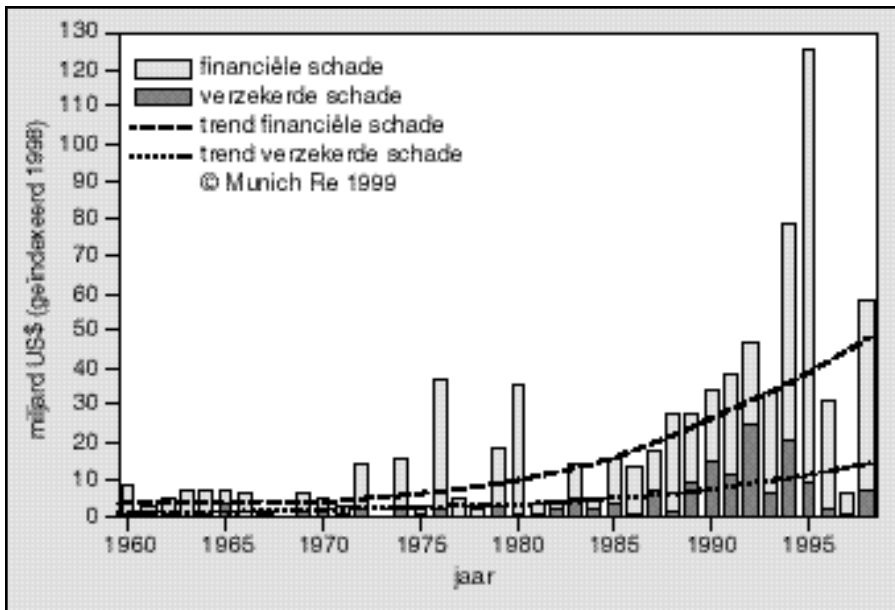


Figuur 1 De jaargemiddelde temperatuur op aarde, ten opzichte van het gemiddelde over de periode 1880 tot 1998, is sinds 1880 toegenomen; vooral in recente jaren is de stijging opvallend (Bron: NOAA).

De gemiddelde luchttemperatuur op aarde bereikte in 1998 een recordhoogte en ook 1999 was veel warmer dan normaal. De tien warmste jaren in de afgelopen 120 jaar vielen allemaal na 1981. Een gemiddelde temperatuur geeft echter nog maar een beperkt beeld. De temperatuurveranderingen variëren over de aardbol. De opwarming is het grootst tussen 40° en 70° noorderbreedte. In andere gebieden daarentegen is in de afgelopen tientallen jaren juist een temperatuurdaling geconstateerd (Houghton et al., 1996). De aarde als geheel wordt warmer, en dit heeft invloed op de circulatiepatronen die het weer bepalen.

Het klimaat, oftewel het gemiddelde van het weer, hangt nauw samen met de gemiddelde temperatuur op aarde. Mondiale opwarming leidt tot meer verdamping en daarmee samenhangend tot meer neerslag. Waarnemingen laten zien dat op het zuidelijke halfrond en in de hogere noordelijke breedtegraden een stijging van de gemiddelde neerslag heeft plaatsgevonden. In het gebied tussen 0° en 30° noorderbreedte is gemiddeld sprake van een afname van de neerslaghoeveelheden. Fysisch is te verklaren dat bij een stijgende temperatuur voornamelijk de neerslagintensiteit zal toenemen en niet zozeer de neerslagfrequentie. Verschillende analyses en neerslagwaarnemingen bevestigen dit (Karl et al., 1997).

De aard en frequentie van extreme weersomstandigheden, zoals stormen, droogtes en overstromingen, veranderen in sommige delen van de wereld (Francis en Hengeveld, 1998). Ook de wereldwijde economische schade door natuurrampen is de laatste tientallen jaren sterk toegenomen. De percentuele toename van deze schade is groter dan de toename van het bruto mondiale product. Figuur 2 laat de becijferde schade vanaf 1960 tot 1998 zien.



Figuur 2 De mondiale economische schade ten gevolge van weegerelateerde natuurrampen is in de periode 1960-1998 sterk toegenomen (Bron: Munich Re, 1999).

Volgens Munich Re (1999) is de toename van de schade niet volledig toe te schrijven aan extra blootstelling van mensen, kapitaal en andere hulpbronnen. Een deel van de toegenomen schade lijkt veroorzaakt te zijn door veranderingen in de frequentie en de omvang van extreme weersomstandigheden.

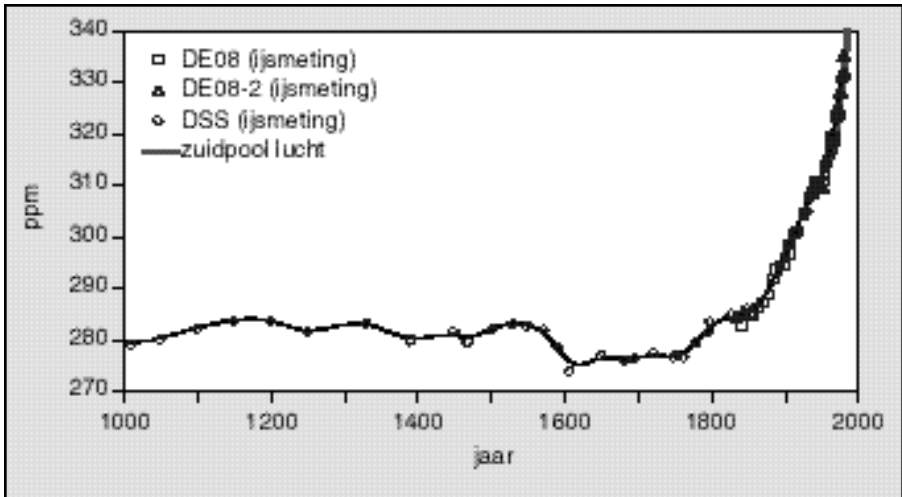
Menselijk handelen beïnvloedt het klimaat

Door een verhoogde uitstoot van broeikasgassen en aërosolen is de samenstelling van de atmosfeer veranderd. Aërosolen zijn microscopisch kleine deeltjes, zoals zwaveloxiden, roet en vulkaanstof, die in de atmosfeer zweven. De atmosfeer speelt een belangrijke rol in de stralingsbalans van de aarde, de balans tussen inkomende zonne-energie en de uitgaande energie in de vorm van warmtestraling. De broeikasgassen in de atmosfeer remmen de uitstraling van warmte door de aarde. Dit effect wordt, naar analogie van de werking van een glazen broeikas, het broeikaseffect genoemd. Zonder broeikasgassen zou de gemiddelde temperatuur op aarde 33°C lager zijn. De aanwezigheid van natuurlijke broeikasgassen zoals waterdamp, kool-dioxide (CO₂), methaan (CH₄), lachgas (N₂O) en ozon (O₃) is daarom essentieel voor het leven op aarde.

Sinds de industriële revolutie, en vooral sinds de afgelopen 50 jaar, is de concentra-tie van natuurlijke broeikasgassen in de atmosfeer fors toegenomen. Daarnaast heeft

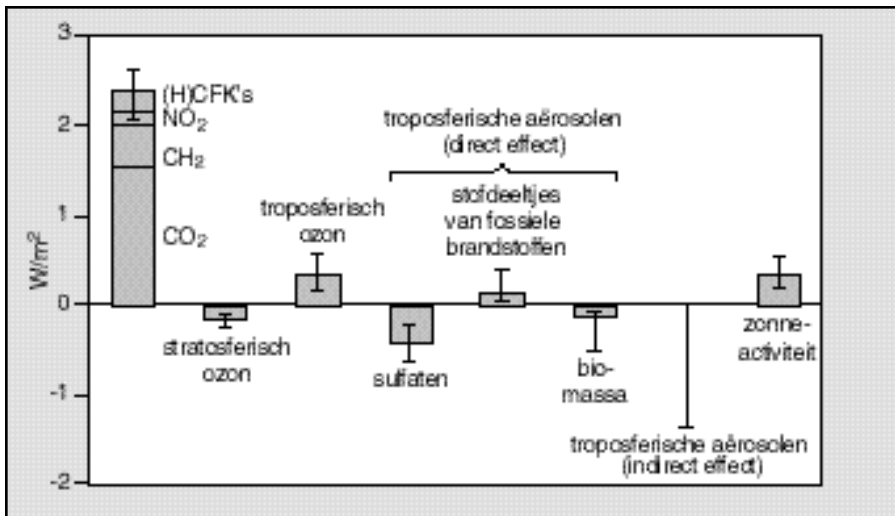
de mens een aantal nieuwe gassen ontwikkeld, zoals HFK's, PFK's en SF₆, die eveneens als broeikasgassen werken. Vanwege de verhoogde concentratie broeikasgassen spreekt men van het versterkte broeikaseffect. Koolzuurgas, oftewel CO₂, levert de belangrijkste bijdrage aan dit effect. Sinds 1850 is de CO₂-concentratie met ruim een kwart toegenomen.

Hieraan hebben twee ontwikkelingen vooral bijgedragen. Ten eerste de groot-schalige verbranding van fossiele brandstoffen, die verreweg de grootste oorzaak is van de verhoogde CO₂-concentratie en ten tweede de veranderingen in het landgebruik, waaronder ontbossing.



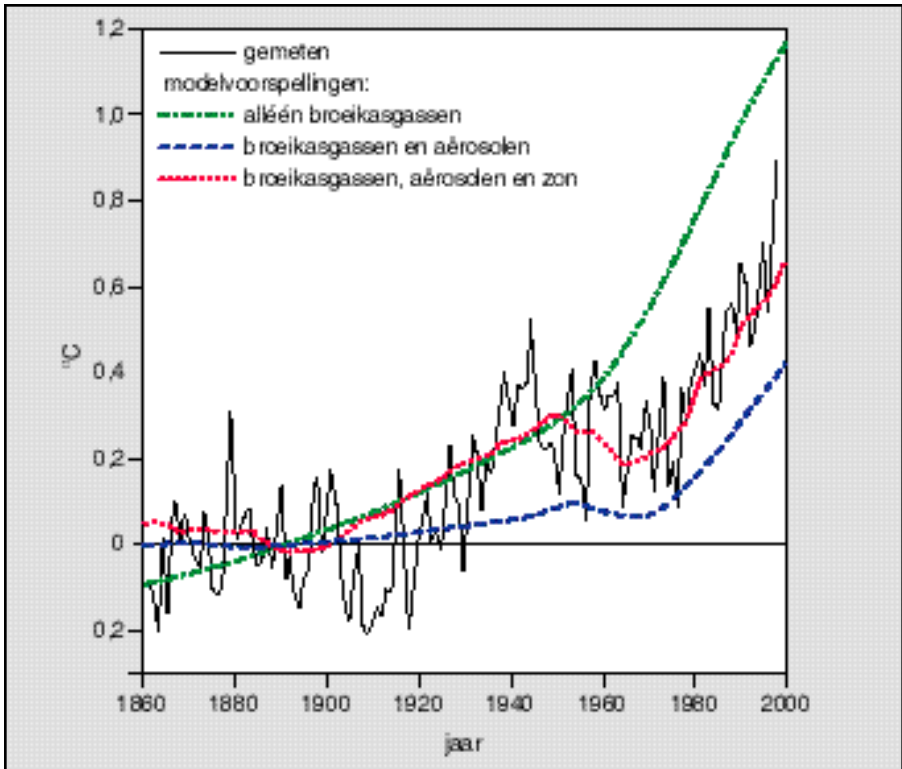
Figuur 3 In het afgelopen millennium is de concentratie van CO₂ sterk toegenomen (Bron: Etheridge, 1999).

De broeikasgassen hebben een opwarmend effect, sommige aërosolen daarentegen hebben juist een afkoelend effect. Dat geldt vooral voor sulfaataërosolen die ontstaan bij de verbranding van fossiele brandstoffen. In figuur 4 is te zien welke effecten de verschillende broeikasgassen en aërosolen hebben op de stralingsbalans.



Figuur 4 Broeikasgassen en aerosolen hebben in verschillende mate bijgedragen aan de verstoring van de stralingsbalans tussen 1850 en 1990 (Bron: Houghton et al., 1996). Per saldo is het opwarmend effect sterker dan het afkoelend effect.

Hoe belangrijk aerosolen zijn weten we nog maar een aantal jaren. Hun invloed op de stralingsbalans is inmiddels ook in klimaatmodellen ingebouwd, en deze zijn sindsdien aanzienlijk verbeterd. Er is echter nog een factor van invloed op de gemiddelde temperatuur op aarde: de veranderingen van de zonneactiviteit (zonnevlekken). Figuur 5 laat het verband zien tussen de gemeten gemiddelde temperatuur op aarde en de temperatuur zoals die uit modelberekeningen naar voren komt. In die berekeningen is rekening gehouden met de waargenomen natuurlijke variaties in de hoeveelheid inkomende zonne-energie, de veranderingen in de concentraties van broeikasgassen en de veranderingen in de concentraties van aerosolen.



Figuur 5 De temperatuursveranderingen zoals die uit modelberekeningen blijkt, komt steeds beter overeen met de gemeten gemiddelde temperatuur als alle relevante factoren in de berekeningen worden betrokken: het effect van zonnevlekken, het effect van broeikasgassen, en het effect van aërosolen (Bron: Wigley, 1999).

Het blijkt goed mogelijk met de huidige klimaatmodellen de bijdrage van menselijke activiteiten aan de temperatuurverandering te verklaren, afgezien van resterende kleine natuurlijke temperatuurvariëaties. Tot 1960 hadden variaties in inkomende zonne-energie dominante invloed op de variaties van de gemiddelde temperatuur, zo blijkt uit figuur 5, maar vanaf 1960 is menselijk handelen in toenemende mate de dominante factor geworden in de verstoring van de stralingsbalans (Wigley, 1999).

Het gezaghebbende IPCC (zie kader Het IPCC) heeft mede op grond van dergelijke modelberekeningen in haar Second Assessment Report dan ook de volgende conclusie getrokken: "The balance of evidence suggests a discernible human influence on global climate" (Houghton et al., 1996). Met andere woorden: naar alle waarschijnlijkheid draagt menselijk handelen bij aan klimaatverandering.

Het IPCC

Het Intergovernmental Panel on Climate Change is in 1988 opgericht door de World Meteorological Organization (WMO) en het United Nations Environment Programme (UNEP). Het IPCC is opgedragen om de wetenschappelijk-technische en sociaal-economische informatie met betrekking tot de broeikasproblematiek op uitgebreide, open en doorzichtige wijze door middel van rapporten samen te brengen. Het IPCC dient hierbij politiek neutraal te opereren. Er zijn procedures ingesteld waardoor deskundigen uit zoveel mogelijk landen en organisaties kunnen deelnemen aan het opstellen van een rapport. De Samenvattingen voor Beleidsmakers van deze rapporten worden voorgelegd aan de algemene vergadering van nationale afgevaardigden met de teams van onderzoekers. Het vaststellen van de definitieve samenvatting gebeurt via consensusvorming. Bij dit proces krijgen vertegenwoordigers van belangengroepen ook de mogelijkheid om te reageren. De samenvattingen dienen consistent te zijn met de inhoud van het rapport.

Het klimaatprobleem dreigt onbeheersbaar te worden

Indien geen klimaatbeleid wordt gevoerd, zal de temperatuur in deze eeuw verder stijgen. Modelberekeningen op basis van de nieuwste IPCC-emissiescenario's laten tussen 1990 en 2100 een temperatuurstijging van 1,9 tot 2,9°C zien, bovenop de tot 1990 gemeten stijging van 0,6°C (Wigley, 1999). Hierbij wordt uitgegaan van een zogeheten klimaatgevoeligheid van 2,5°C. De klimaatgevoeligheid is de verandering van de gemiddelde temperatuur op aarde als gevolg van een verdubbeling van de CO₂-concentratie in de atmosfeer. Deze klimaatgevoeligheid is nog onzeker. Het IPCC geeft een bandbreedte van 1,5 tot 4,5°C met 2,5°C als beste schatting. De temperatuurstijging leidt tot een zeespiegelverhoging van 46 tot 58 cm. Dit is enerzijds het gevolg van verdere uitzetting van het zeewater en anderzijds van het smelten van gletsjers en ijskappen.

Een voortgaande temperatuurstijging zal het klimaat verder ontregelen: veranderingen in neerslagpatronen, een toename van neerslagintensiteit, een verandering van circulatiepatronen van lucht en oceanen en een hogere frequentie van extreme weersomstandigheden (Vellinga en Van Verseveld, 1999b). Deze veranderingen in het klimaat resulteren op hun beurt weer in toenemende maatschappelijke en ecologische schade.

De klimaatverandering zal vooral de waterhuishouding oftewel de hydrologie beïnvloeden. De kans op droogtes wordt groter in gebieden waar de temperatuur toeneemt en de neerslag juist afneemt. In gebieden met toenemende neerslag neemt daarentegen de kans op overstromingen toe. Ook zal vanwege de temperatuurstijging minder neerslag in de vorm van sneeuw vallen en meer in de vorm van regen.

Sneeuw blijft tijdelijk liggen (waterbufferfunctie), terwijl regenwater direct wordt afgevoerd. Doordat nu neerslag nog in de vorm van sneeuw wordt gebufferd heeft een rivier als de Rijn 's zomers veel meer afvoer dan wanneer alle neerslag als regen valt. Verder zullen door een stijging van de zeewaterspiegel kustgebieden en bepaalde eilanden verdwijnen, als er tenminste geen tegenmaatregelen worden getroffen.

Klimaatverandering kan ook van invloed zijn op de volksgezondheid. Denk aan een toename van hart- en ademhalingsziekten door hittegolven, veranderingen in verspreidingsgebieden van tropische ziekten zoals malaria, gele koorts etc.

Voor de landbouw zijn, wereldwijd gesproken, nadelige effecten van klimaatverandering vermoedelijk beperkt. Tenminste, dat is het beeld nu. Er treden weliswaar nadelige effecten op, maar ook voordelige effecten, zoals extra CO₂-bemesting en een verlenging van het groeiseizoen. Maar op regionale schaal zullen de negatieve gevolgen van klimaatverandering naar verwachting aanzienlijk zijn. Dit geldt met name voor ontwikkelingslanden. Verder is nog weinig bekend over het gedrag van ziektes en plagen onder veranderende klimaatomstandigheden.



Koraalrif (Foto: Fas Keuzenkamp)

Koraalriffen verbleken

Koraalriffen zijn de meest spectaculaire en meest diverse marine ecosystemen op aarde. De riffen zijn vaak een oase in een verder voedselarme omgeving. Hierdoor loopt de soortenrijkdom van koraalriffen tot in de honderdduizenden. Korallen zijn schitterend om te zien, maar hebben ook een grote economische waarde: toerisme en visserij varen er wel bij. Daarnaast zijn koraalriffen een groot genetisch reservoir en spelen ze een belangrijke rol bij de natuurlijke kustverdediging tegen stormen.

Door menselijke activiteiten zoals waterverontreiniging, verzilting en overbevising komen de koraalriffen echter in toenemende mate onder druk te staan. Bovendien is sinds de jaren tachtig het fenomeen 'koraalverbleking' frequenter opgetreden. Dit houdt in dat de dichtheid van sommige eencellige algen afneemt of dat de hoeveelheid algpigmenten terugloopt, waardoor de korallen verbleken. Omdat deze algen een belangrijke symbiotische functie voor de korallen vervullen, leidt een aantasting van de algen ook tot een aantasting van het koraal. In sommige gevallen leidt de aantasting tot afsterven van het koraal, maar in veel gevallen kan het systeem binnen een aantal jaren weer herstellen. In het verleden is het verschijnsel koraalverbleking vooral opgetreden als de temperatuur van het zeewater een bepaalde drempelwaarde had overschreden. Sinds 1997 zijn er in totaal zes warmere periodes met groot-schalige koraalverbleking voorgekomen, waarbij in 1998, het warmste jaar in de afgelopen eeuw, de meest omvangrijke verbleking is geconstateerd. Koraalexperts verwachten dat bij een verdere mondiale temperatuurstijging koraalverbleking frequenter gaat optreden. Vanaf 2030 zou koraalverbleking zelfs een jaarlijks terugkerend verschijnsel kunnen worden. Omdat de hersteltijd vaak jaren in beslag neemt, is het maar zeer de vraag of koraalriffen onder dergelijke omstandigheden nog kunnen overleven. Onderzoek lijkt uit te wijzen dat koraalriffen zich niet in een voldoende hoog tempo kunnen aanpassen aan veranderende klimaatomstandigheden. Klimaatverandering kan dus catastrofale gevolgen hebben voor het meest diverse marine ecosysteem op aarde.

Bron: Hoegh-Guldberg, 1999.

Ecosystemen zijn van nature dynamisch en onderhevig aan klimaatvariaties. Een populatie die onderdeel is van een ecosystemen op het land kan alleen overleven als de temperatuur en de beschikbaarheid van water binnen bepaalde grenzen variëren. Indien deze grenzen worden overschreden wordt de populatie vervangen door een andere. De gevoeligheid voor klimaatvariaties en de mogelijkheid om zich aan veranderende omstandigheden aan te passen verschilt per soort. Daarom zal klimaatverandering naar verwachting leiden tot onevenwichtigheden en verstoringen van ecosystemen. Dit geldt vooral voor kwetsbare ecosystemen zoals noordelijke bossen, alpine ecosystemen, wetlands, kustecosystemen en koraalriffen.

Aantasting van ecosystemen kan gevolgen hebben voor de watervoorziening, biodiversiteit, visserij, landbouw, bosbouw en toerisme.

Klimaatverandering bedreigt ijsberen

Mondiale opwarming zal vooral in de poolgebieden tot een bovengemiddelde temperatuurverhoging leiden. Deze veranderingen zijn een directe bedreiging voor de arctische marine ecosystemen. Deze kenmerken zich door een lage diversiteit, in tegenstelling tot koraalriffen. De soorten blijken in hoge mate afhankelijk van elkaar te zijn zodat een verlies van één soort vaak het verlies van een andere soort met zich meebrengt. Neem bijvoorbeeld de ijsbeer.

Het voedselpakket van de ijsbeer bestaat voor meer dan 90% uit zeehond. De zeehond eet op zijn beurt arctische kabeljauw, de kabeljauw eet plankton en het plankton eet algen die aan de onderkant van het ijs groeien. Het ijs en de daarop groeiende algen vormen de spil voor de omzetting van zonne-energie in voedsel. Door mondiale opwarming dreigt een grotere ijsmassa te smelten, waardoor algenvorming aan het ijs evenredig afneemt. Dit heeft gevolgen voor de productie van de gehele voedselketen. Het voedselaanbod van de ijsbeer wordt echter ook op andere manieren bedreigd. Zijn primaire voedselbron, de zeehond, zal namelijk met problemen te maken krijgen bij het grootbrengen van zijn jongen. Omdat de jongen niet over een voldoende dikke vetlaag beschikken, worden zij in sneeuwholen grootgebracht. Vanwege de opwarming neemt de grootte van de gebieden af die geschikt zijn voor sneeuwholen. Hierdoor wordt de zeehondenstand bedreigd.

Een ander gevolg van mondiale opwarming is dat het jachtseizoen van de ijsbeer wordt verkort. Ijsberen jagen vooral op pakijns waar ze de zeehonden-angen op het moment dat ze naar boven komen om te ademen. In de zomer smelt het pakijns en trekken de ijsberen zich terug op het vasteland, waar ze enkele maanden op hun vetreserves teren. Bij een temperatuurstijging zal het pakijns eerder smelten, waardoor het jachtseizoen wordt verkort. De vastentijd wordt dan langer. Recente onderzoeken in de Hudson Bay in Canada suggereren dat de eerste effecten van mondiale opwarming bij ijsberen zichtbaar worden. Zowel het geboortecijfer als het gemiddelde gewicht van ijsberen blijken daar te dalen.

Klimaatverandering is een forse bedreiging voor arctische marine ecosystemen waarvoor de aanwezigheid van sneeuw en ijs juist een essentiële bestaansvoorwaarde vormt. Het ontbreken of achteruitgaan van deze bestaansvoorwaarden zal ook gepaard gaan met een achteruitgang van de hiervan afhankelijke soorten.

Bron: Malcolm, 1996.



**Laat de Noordpool
niet smelten...**

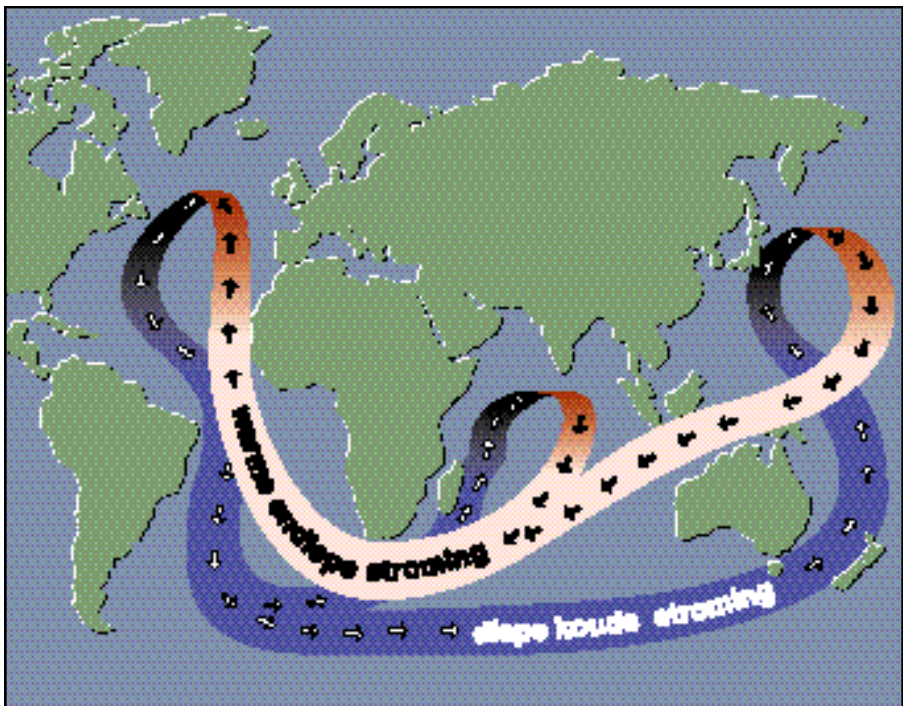


Ga voor groene energie!

Het beeldmerk van de gezamenlijke campagne van WNF en de Nederlandse energiebedrijven (Foto: WNF).

Al met al leidt klimaatverandering tot een herverdeling van de kosten en baten van het weer. Vermoedelijk worden de ontwikkelingslanden het zwaarst getroffen. Deze landen zijn bijzonder kwetsbaar, omdat zij veelal niet over de technologische middelen beschikken om de vereiste aanpassingen door te voeren, voor zover er überhaupt sprake is van mogelijke aanpassingen.

Het klimaat kan geleidelijk veranderen, maar er bestaat ook een kans op destabilisatie van het wereldklimaat: zeer ingrijpende veranderingen met een kleine, maar niet verwaarloosbare kans. Zo'n destabilisatie kan het gevolg zijn van een snelle, niet-lineaire klimaatverandering. Een voorbeeld is het stagneren van de 'warme golfstroom' waardoor het klimaat in Europa vergelijkbaar zou worden met dat in Labrador en Siberië (zie ook kader Een nieuwe Europese ijstijd). Een ander risico is het bezwijken van de West-Antarctische ijskap. Dit zou resulteren in een zeespiegelstijging van 4 tot 6 meter. Verder is het plotseling vrijkomen van grote hoeveelheden ingevangen of geabsorbeerde broeikasgassen een destabilisatierisico. Hierbij valt te denken aan methaanhydraten zowel in de oceaانبodem als in permafrostgebieden, en aan kooldioxide dat wordt vastgehouden in boreale bodems en in oceanen.



Mondiale oceaancirculatie

Een nieuwe Europese ijstijd?

Het lijkt paradoxaal, maar mondiale opwarming kan leiden tot een nieuwe Europese ijstijd. Veranderende neerslagpatronen kunnen namelijk de Noord-Atlantische Oceaan­circulatie verstoren. Via de oceaan­circulatie komt uit zuidelijke richtingen warm water naar Europa, waardoor we hier over een relatief mild klimaat beschikken. Als deze circulatie zwakker wordt of zelfs helemaal stilvalt, zal de temperatuur in Europa dalen.

Verschillen in dichtheid van het zeewater vormen de motor achter de huidige oceaan­circulatie. De dichtheid neemt toe naarmate het water kouder wordt of naarmate het zoutgehalte stijgt. De Noord-Atlantische Oceaan­circulatie transporteert warm en relatief zout water naar het Noorden. Daar geeft het zeewater warmte aan de lucht af; hierdoor koelt het water af en zinkt het naar beneden. Het gezonken water wordt wederom in zuidelijke richting afgevoerd waar het geleidelijk opwarmt en weer naar boven stijgt.

Wat gebeurt nu bij verdergaande mondiale opwarming? Naar verwachting zal de neerslagintensiteit juist op noordelijke breedtes fors toenemen, wat ertoe leidt dat in de Noord-Atlantische Oceaan relatief veel zoetwater terechtkomt. Dit verlaagt het zoutgehalte. Omdat een verlaging van het zoutgehalte gepaard gaat met een verlaging van de dichtheid, neemt de drijvende kracht achter de oceaan­circulatie af. Er bestaat zelfs het risico dat de oceaan­circulatie helemaal stilvalt. Er zijn aanwijzingen dat zich ongeveer ca. 10.000 jaar geleden een vergelijkbare situatie heeft voorgedaan. Naar men aanneemt heeft toen het smeltwater van continentale ijsmassa's ervoor gezorgd dat de oceaan­circulatie werd stilgezet. Dit leidde in Europa tot een temperatuurdaling van zo'n 10°C.

Huidige klimaatmodellen voorspellen dat bij een verdubbeling van de CO₂-concentratie de oceaan­circulatie met 10 tot 30% in sterkte afneemt. Bij een verdrie- of verviervoudiging van de CO₂-concentratie bestaat het risico dat de Noord-Atlantische Oceaan­circulatie in zijn geheel stilvalt.

Bron: Stocker en Schmittner, 1997.

Drastische emissiereducties zijn nodig

Om de schade door klimaatverandering te beperken en om de kans op destabilisatie van het wereldklimaat klein te houden, moet de invloed van menselijk handelen op de stralingsbalans fors verminderen. Aan de temperatuurstijging kan alleen een halt worden toegeroepen door de broeikasgasconcentratie te stabiliseren. Hoe lager het stabilisatieniveau des te kleiner is de schade en des te kleiner is de kans op destabilisatie.

We beperken ons hier tot CO₂-emissiereductie. Immers, CO₂ levert verreweg de grootste bijdrage aan het klimaatprobleem. Dit neemt niet weg dat emissiereductie van andere broeikasgassen even belangrijk is en prioriteit verdient daar waar dit economisch aantrekkelijk is.

De CO₂-concentratie stabiliseert pas dan, wanneer de emissie in evenwicht is met de opname door de oceanen en de biosfeer. Dit betekent dat de CO₂-emissie binnen een zekere termijn van 7,4 GtC per jaar (niveau 1990) teruggebracht moet worden naar ca. 3,5 GtC per jaar. GtC staat voor Gigaton koolstof (C), oftewel 1 miljard ton koolstof. Wat de termijn is waarin stabilisatie zou moeten worden bereikt, is een politieke kwestie. Hiervoor zullen de ecologische, economische en maatschappelijke belangen tegen elkaar moeten worden afgewogen. Het is dus nodig een keuze te maken voor het niveau van stabilisatie, en dus voor de maximaal aanvaardbare temperatuurstijging, en ook voor het tempo waarin deze stabilisatie wordt bereikt.

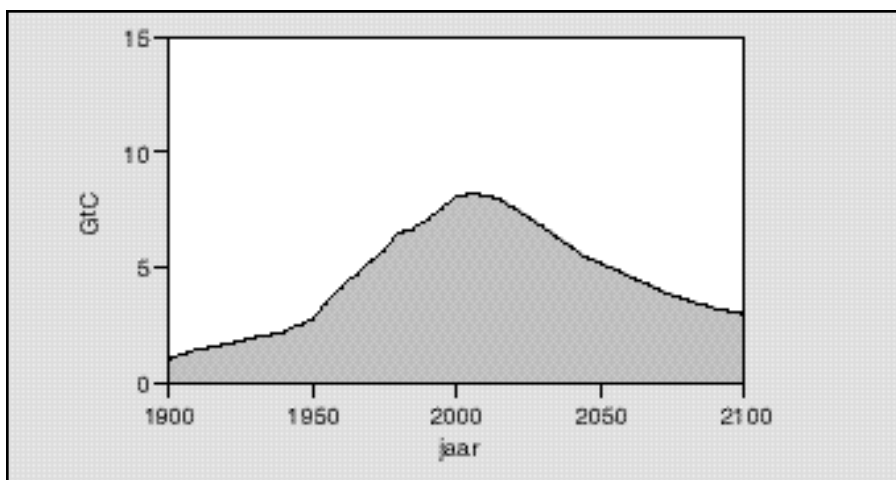
Een zeer radicale aanpak zou zijn het onmiddellijke terugbrengen van de CO₂-emissies naar het evenwichtsniveau van 3,5 GtC per jaar. Zelfs in dit geval zou de temperatuurstijging nog enkele decennia doorgaan. Dit komt vooral doordat CO₂ een lange verblijfstijd in de atmosfeer kent: 50 tot 200 jaar. En er is een naijleffect. Door de langzame opwarming van de oceanen duurt het enkele tientallen jaren voordat de evenwichtstemperatuur is bereikt die hoort bij een bepaalde concentratie van broeikasgassen.

Een dergelijk radicale aanpak is sociaal-economisch echter niet verantwoord. Dit zou ongeveer neerkomen op een onmiddellijke halvering van het fossiele brandstofgebruik. Gezien de centrale rol die fossiele brandstoffen spelen in de geïndustrialiseerde wereld en gegeven het feit dat een overschakeling op alternatieven zowel tijd als geld kost, is dit geen haalbare optie. In de praktijk zal dus een balans moeten worden gevonden tussen zowel ecologische als economische risico's.

De Nederlandse overheid en ook de EU hebben besloten een temperatuurverandering van maximaal 2°C ten opzichte van het pre-industriële niveau te kiezen als uitgangspunt voor het klimaatbeleid. Deze bovengrens voor de absolute temperatuurstijging is gebaseerd op het zoveel mogelijk beperken van het risico van destabilisatie van het wereldklimaat. Wel zullen reeds eerder, bij een maximale temperatuurstijging van 1°C, bepaalde ecosystemen zoals alpine ecosystemen, eiken- en mangrovebossen en kustwetlands schade oplopen.

Het tempo waarin de broeikasgasemissies kunnen worden beperkt wordt bepaald door maatschappelijke en economische randvoorwaarden. Bijvoorbeeld het beperken van kapitaalvernietiging bij een overgang naar een andere energie-infrastructuur. Maar ook het tempo van technologische ontwikkeling is een belangrijke factor. Schattingen voor het maximaal haalbare tempo van emissiereductie, zonder over te gaan tot kapitaalvernietiging, liggen tussen 2 à 4% per jaar (Van der Sluijs en Turkenburg, 1998). We gaan daar in hoofdstuk 4 uitvoerig op in.

Hoe ‘vertaalt’ men nu een maximaal aanvaardbare temperatuurverandering van 2°C in een limiet voor de uiteindelijke CO₂-concentratie? Dat hangt af van de aannames die men maakt over de bijdrage van andere broeikasgassen en van de klimaatgevoeligheid (de verandering van de gemiddelde temperatuur op aarde als gevolg van een verdubbeling van de CO₂-concentratie de atmosfeer). Deze klimaatgevoeligheid is nog onzeker. Het IPCC geeft een bandbreedte van 1,5 tot 4,5°C met 2,5°C als beste schatting. Uitgaande van deze beste schatting, betekent dit dat de concentratie van alle broeikasgassen iets onder de 500 ppmv CO₂-equivalenten moet blijven. Om de broeikasgasconcentratie in één getal te kunnen uitdrukken wordt de concentratie van alle broeikasgassen samen uitgedrukt in zogenaamde CO₂-equivalenten. Hiervoor wordt het vermogen van een 1 kg gas om aan de versterking van het broeikaseffect bij te dragen uitgedrukt in vergelijkbare hoeveelheden CO₂ die noodzakelijk zouden zijn om dezelfde versterking te bewerkstelligen. Verder staat ppmv voor ‘parts per million volume’, oftewel 1 liter CO₂ op een miljoen liter lucht. Rekening houdend met de bijdrage van andere broeikasgassen dan CO₂ moet de CO₂-concentratie volgens deze berekening in ieder geval onder 450 ppmv blijven. Figuur 6 laat een mogelijke ontwikkeling van de CO₂-emissies zien waarmee een stabilisatie op het niveau van 450 ppmv wordt bereikt.



Figuur 6 Na een periode van groei kunnen de CO₂-emissies zich in de loop van de volgende eeuw stabiliseren als bewust op een maximumconcentratie van 450 ppmv wordt gemikt (Bron: Houghton et al., 1995).

Indien een hogere klimaatgevoeligheid van 4°C of een lagere maximaal toelaatbare temperatuurstijging van 1°C wordt verondersteld, dan neemt de maximale toelaatbare concentratie verder af tot 400 respectievelijk 350 ppmv CO₂-equivalenten.

Hoe moeten nu de Nederlandse en Europese stabilisatie-doelstellingen worden gezien? Opvallend is dat er geen marges ingebouwd zijn voor resterende onzekerhe-

den. Dat lijkt niet in overeenstemming met het voorzorgsprincipe dat door Nederland en Europa als uitgangspunt voor beleid wordt gehanteerd (Van der Sluijs en Turkenburg, 1998). Zo beschouwd zijn de stabilisatiedoelstellingen als uiterste grenzen te beschouwen. Alleen de kans op een destabilisatie van het klimaat bij de maximale CO₂-concentratie van 450 ppmv is waarschijnlijk een aanvaardbaar risico gezien de huidige situatie en de tijd die nodig is om de uitstoot te verminderen. De kans op destabilisatie neemt waarschijnlijk sterk toe bij concentraties van 650 ppmv en hoger.



3 Mondiaal beleid voor de 21^e eeuw

Huidig klimaatbeleid is slechts een eerste stap

Het VN-klimaatverdrag dat in 1992 in Rio de Janeiro is gesloten, bevat het raamwerk voor het huidige mondiale klimaatbeleid. In Kyoto is het klimaatverdrag verder uitgewerkt in een protocol. In dit hoofdstuk bespreken we de afspraken zoals die in het klimaatverdrag en het Kyoto-protocol zijn gemaakt, inclusief hun tekortkomingen. Vervolgens schetsen we de contouren van een mondiaal lange-termijn-klimaatbeleid in het verlengde van het Kyoto-protocol.

Om op mondiaal niveau tot een beheersing van het klimaatprobleem te komen, is in 1992 in Rio de Janeiro het VN-klimaatverdrag gesloten. Artikel 2 verwoordt de doelstelling van het verdrag:

"Het uiteindelijke doel van dit verdrag...is het bewerkstelligen van een stabilisatie in de atmosfeer van concentraties van broeikasgassen op een niveau waarop gevaarlijke menselijke verstoring van het klimaatsysteem wordt voorkomen. Dit niveau dient te worden bereikt binnen een tijdsbestek, dat toereikend is om ecosystemen in staat te stellen zich op natuurlijke wijze aan te passen aan klimaatverandering, te verzekeren dat voedselproductie niet in gevaar komt en de economische ontwikkeling op duurzame wijze te doen voortgaan."

Het verdrag bevat geen kwantitatieve afspraken over de hoogte waarop en over het tijdspad waarin uiteindelijk stabilisatie van de broeikasgasconcentratie plaats zou moeten vinden. Het verdrag omvat inspanningsverplichtingen om de emissies van broeikasgassen te reduceren. Daarnaast bevat het verdrag ook afspraken over monitoring, regelmatige verslaglegging van emissies en van ondernomen activiteiten en dergelijke.

Zowel vanwege de historisch grotere bijdrage aan het klimaatprobleem als vanwege de grotere financiële draagkracht, is afgesproken dat de geïndustrialiseerde landen het voortouw moeten nemen bij de oplossing van het probleem. In het verdrag heeft dit zijn neerslag gevonden in aanvullende verantwoordelijkheden voor de geïndustrialiseerde landen. In het klimaatverdrag worden de geïndustrialiseerde landen aangeduid als Annex-1 landen. Deze groep landen bestaat uit OESO-landen, Oost-Europa en de voormalige Sovjet-Unie.

Voor deze landen zijn kwantitatieve streefwaarden voor 2000 geformuleerd: de emissies moeten in 2000 tot het niveau van 1990 worden teruggedrongen. Verder dienen deze landen, met uitzondering van de landen in transitie (Oost-Europese landen), financiële middelen ter beschikking te stellen aan de niet-geïndustrialiseerde landen voor het nakomen van hun verplichtingen, voor technologie-overdracht en voor de compensatie van de gevolgen van klimaatverandering en klimaatbeleid.

Omdat de in 1992 gemaakte afspraken slechts een eerste stap waren in de aanpak van het klimaatprobleem, zijn in 1997 in het Kyoto-protocol bindende, verdergaande emissiereductieverplichtingen voor de geïndustrialiseerde landen vastgesteld. Voor de niet-geïndustrialiseerde landen zijn geen aanvullende verplichtingen opgenomen. Het protocol moet overigens nog door de meeste landen worden bekrachtigd, waaronder een voor het klimaatbeleid belangrijk land als de Verenigde Staten. Formeel treedt het protocol pas in werking als de grote landen het bekrachtigd hebben.

Voor de geïndustrialiseerde landen is een gezamenlijk gemiddeld emissieplafond voor de periode 2008-2012 vastgesteld. Het plafond ligt 5,2% onder de gezamenlijke uitstoot van deze landen in 1990. Per land of landengroep zijn individuele verhandelbare emissierechten vastgesteld die corresponderen met een bepaald percentage van de uitstoot in 1990. De hoogte van de emissierechten loopt uiteen van 92% (EU) tot 110% (IJsland) van de emissies in 1990. Aan de lastenverdeling binnen de geïndustrialiseerde landen heeft geen formeel verdelingsprincipe ten grondslag gelegen. Er is vooral gekeken naar politieke haalbaarheid, waarbij argumenten van technische en economische haalbaarheid de basis vormden voor de politieke onderhandelingen.

Om aan de verplichtingen van het Kyoto-protocol te voldoen, kunnen de geïndustrialiseerde landen uit de volgende opties kiezen:

- reduceren van binnenlandse emissies van broeikasgassen of opnemen van CO₂ uit de lucht via binnenlandse projecten op het gebied van bebossing, herbebossing en het tegengaan van ontbossing;
- handelen in emissiereducties met andere geïndustrialiseerde landen;
- uitvoeren van emissiereducerende projecten in andere geïndustrialiseerde landen (Joint Implementation);
- uitvoeren van emissiereducerende projecten in niet-geïndustrialiseerde landen (Clean Development Mechanism).

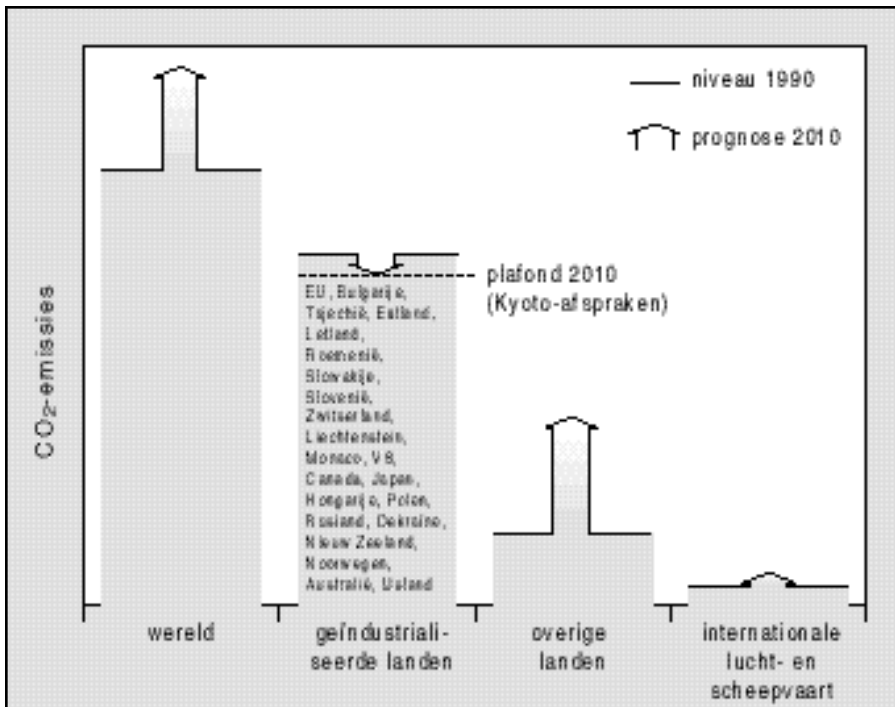
De laatste drie opties heten samen wel 'flexibele instrumenten'.

In feite is voor een systeem van verhandelbare emissierechten gekozen; dit systeem is aangevuld met een waarderingssysteem voor concrete projecten die door een bepaald land in een ander land worden uitgevoerd. In hoeverre de handel volledig vrij wordt, hangt nog af van verdere afspraken. In het Kyoto-protocol is namelijk vastgelegd dat de buitenlandse maatregelen additioneel moeten zijn aan de binnenlandse. De EU wil dit vertalen in een afspraak dat tenminste de helft van de inspanningen in eigen land plaatsvindt. Hoewel op deze manier emissiereductie niet noodzakelijkerwijs tegen de laagste kosten plaatsvindt, is men van mening dat hiermee de geloofwaardigheid van de geïndustrialiseerde landen toeneemt. Bovendien kan hiermee de handel in zogenaamde 'hot air' (zie kader Hot Air) mogelijk beperkt worden.

Hot Air

'Hot air' is een overschot aan emissierechten. Deze situatie treedt bijvoorbeeld op in Rusland en de Oekraïne. Deze landen zullen als gevolg van de economische crisis in de eerste budgetperiode, tot 2012, een aanzienlijk lagere uitstoot hebben dan waarop ze volgens het Kyoto-protocol recht hebben. Dit betekent dat deze landen een deel van hun emissierechten kunnen verkopen zonder dat daar een binnenlandse emissiereductie tegenover hoeft te staan. Dit is overigens in overeenstemming met de in Kyoto gemaakte afspraken.

Het Kyoto-protocol is dus slechts een aanzet tot een mondiaal klimaatbeleid. Twee essentiële elementen ontbreken nog. Ten eerste vallen niet alle emissies onder het plafond. Op dit moment gelden geen emissiebeperkingen voor de niet-geïndustrialiseerde landen en voor de internationale lucht- en scheepvaart (zie ook figuur 7). Ten tweede zijn er nog geen afspraken over de verdere daling van het mondiale plafond.



Figuur 7 Voor verschillende landen en activiteiten (lucht- en scheepvaart) zijn in het Kyoto-protocol nog geen emissieplafonds vastgesteld.

Naast deze fundamentele tekortkomingen kent het protocol nog een reeks van uitwerkingsvragen die nog niet zijn opgelost. De belangrijkste hiervan zijn:

- Hoe wordt een betrouwbare emissieregistratie gegarandeerd?
- Hoe worden de flexibele instrumenten (Joint Implementation en Clean Development Mechanism) praktisch geïmplementeerd?
- Hoe wordt substantiële technologie-overdracht van Noord naar Zuid op gang gebracht en gefinancierd?
- Welke sanctie staat op het niet nakomen van de afspraken?

Een apart probleem is nog de waardering van de zogenaamde ‘putten’ (sinks in het Engels). Putten of sinks, zoals oceanen en vegetatie, zijn in staat om CO₂ uit de atmosfeer op te nemen. Er bestaan nog grote onzekerheden over de CO₂-opnamecapaciteit van deze putten. Ook over de definitie van projecten op het gebied van bebossing, ontbossing en herbebossing bestaat nog geen consensus. Bovendien is de mogelijkheid opengelaten om in de toekomst nieuwe projectcategorieën toe te voegen zoals moerassen, wijzigingen in de landbouw en bosbeheersprojecten. Het is allerminst uitgesloten dat hierdoor nieuwe onderhandelingen nodig worden over de doelstellingen in de eerste budgetperiode (periode eindigend in 2012). De nog niet afgesloten discussie over de waardering van de putten is de achilleshiel van het Kyoto-protocol.

SO₂-handel in de V.S. versus handel in het klimaatverdrag

Een belangrijk motief om te kiezen voor een systeem van verhandelbare emissierechten in het klimaatverdrag is het succes van een dergelijk systeem voor SO₂ in de V.S. De verantwoordelijkheid voor dit systeem ligt bij het EPA (Environment Protection Agency). Het EPA bepaalt de totale jaarlijkse uitstoot die is geoorloofd en de meetmethode. De emissierechten worden grotendeels op basis van historische rechten verdeeld en voor een beperkt deel geveild. De boete voor een bedrijf dat zijn quotum niet haalt bedraagt tien maal de marktprijs voor dit tekort. Bovendien wordt het bedrijf verplicht het tekort in het volgend jaar alsnog aan te zuiveren. Bij de klimaatonderhandelingen ontbreekt een instantie met vergelijkbare bevoegdheden als het EPA. De deelnemende landen bepalen zelf hun plafond, de meetmethode, eventuele nieuwe categorieën projecten die mogen meetellen voor CO₂-opname (b.v. bossen) en het handhavingssysteem. Dit verschil verklaart in belangrijke mate het moeizame verloop van de klimaatonderhandelingen. Iedere discussie over ogenschijnlijk technische zaken is in wezen een heropening van de discussie over de omvang en de hardheid van de afspraken uit het Kyoto-protocol.

Een zwakke plek is ook de onzekerheid over de ratificatie (bekrachtiging door de regeringen) van het protocol. Op dit moment is het Kyoto-protocol door 84 landen

getekend waarvan slechts twee landen het protocol hebben bekrachtigd. Vooral ratificatie door de Verenigde Staten is belangrijk voor het verdere succes van het Kyoto-protocol. Maar of daarvoor binnen het congres en de senaat voldoende politiek draagvlak bestaat is zeer onzeker.

Ondertussen is er een groeiend aantal internationale bedrijven die eigen emissiedoelstellingen formuleert. Zo heeft Shell zich ten doel gesteld om in het jaar 2002 de CO₂-uitstoot van haar activiteiten wereldwijd met 10% te verminderen ten opzichte van 1990. Ook British Petroleum (BP) en Dupont hebben soortgelijke doelstellingen die verder gaan dan het Kyoto-protocol. De manier waarop dit soort doelstellingen op bedrijfsniveau aansluit op het Kyoto-protocol is nog een punt van nader overleg. Het Kyoto-protocol biedt hier echter goede mogelijkheden voor.

Verder na Kyoto

Hoewel er nog de nodige discussie en uitwerking vereist is om het Kyoto-protocol helemaal rond te krijgen, is het toch goed nu al de blik te richten op de periode na Kyoto. Hoe zou het klimaatbeleid voor na 2012 moeten worden vormgegeven? Het zou vooral gericht moeten zijn op het 'dichten van de gaten' van het Kyoto-protocol. Dit betekent met name dat alle mondiale broeikasgasemissies in een vervolprotocol moeten worden ondergebracht. Dus ook de emissies van de internationale lucht- en scheepvaart en die van de niet-geïndustrialiseerde landen. Om dit laatste politiek voor elkaar te krijgen, lijkt een rechtvaardige verdeling van de emissierechten een noodzakelijke voorwaarde.

Verder zal er overeenstemming moeten komen over een stabilisatiedoelstelling op langere termijn (het mondiale emissieplafond) en het bijbehorende ontwikkelingstraject van broeikasgasemissies in de loop van de 21^e eeuw.

Mondiale emissieplafonds

Economische en ecologische overwegingen bepalen de toelaatbare concentratie broeikasgassen in de atmosfeer. Op grond daarvan kunnen ontwikkelingstrajecten voor de broeikasgasemissies worden bepaald. In figuur 6 is reeds een mogelijk ontwikkelingstraject geschetst conform de uitgangspunten van het Nederlands beleid.

Stel dat de uitgangspunten van het Nederlandse overheidsbeleid wereldwijd zouden worden overgenomen. Dan is stabilisatie van de CO₂-concentratie op 450 ppmv het streefdoel. In dat geval mag de CO₂-uitstoot wereldwijd de komende 20 jaar nog maar weinig toenemen en moet deze in 2100 zijn teruggebracht tot ca. 3,5 GtC. Over de hele periode opgeteld, van 1990 tot 2100, moet de totale uitstoot tussen 550 en 750 GtC blijven (Houghton et al., 1996). Dit komt overeen met een gemid-

delde jaarlijkse uitstoot van per jaar 5 à 6,8 GtC in deze periode. Ter vergelijking: in het jaar 1990 bedroeg de mondiale CO₂-emissie 7,4 GtC.

Rechtvaardige verdeling

Om de risico's van klimaatverandering te beperken zijn forse emissiereducties noodzakelijk. Dit betekent dat het recht om emissies uit te stoten schaars wordt. En dat betekent automatisch dat de vraag naar verdeling van emissierechten aan de orde is. De keuze van de verdeling van de rechten bepaalt immers de lastenverdeling. Het is dus nodig om mondiaal overeenstemming te bereiken over een aanvaardbaar verdelingsprincipe. Om zuidelijke landen mee te krijgen, is het belangrijk om een voor hen acceptabel verdelingsprincipe te kiezen. Er zijn verschillende verdelingsprincipes mogelijk (zie ook Gupta, 1998 en Ringius et al., 1998).

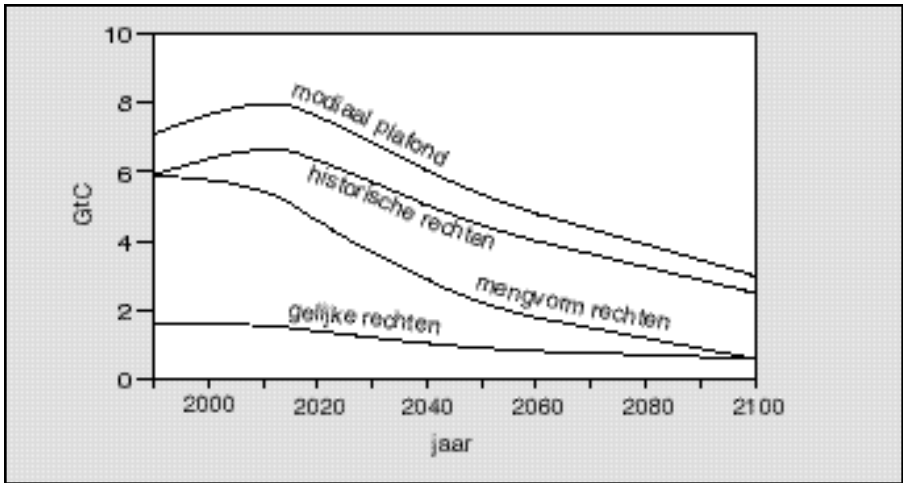
Gelijkheid	Elke wereldburger heeft recht op een gelijke hoeveelheid milieugebruiksruimte.
Gewoonterecht	De milieugebruiksruimte wordt naar rato van de huidige emissies verdeeld.
Solidariteit	De lasten worden naar rato van draagkracht verdeeld. Op basis van deze toegekende lasten worden de rechten toebedeeld.
Utilitarisme	De rechten worden zodanig verdeeld dat het nut gemaximaliseerd wordt.
Gelijke uitgangssituatie, gelijke rechten	De rechten zijn afhankelijk van factoren die bepalend zijn voor de hoogte van de lasten. Het gaat om factoren zoals klimaat, economische structuur en bevolkingsgroei.

De keuze van een verdelingsprincipe is uiteindelijk een normatieve of politieke keuze. Op de lange termijn lijkt gelijkheid als verdelingsprincipe bij de toekenning van emissierechten het best verdedigbaar. Dit principe komt voort uit het ethische uitgangspunt dat elk mens de maximale vrijheid behoort te hebben om invulling te geven aan het eigen leven, verenigbaar met gelijke vrijheid voor anderen (zie ook Davidson, 1995). Twee hoofdredenen leiden naar het principe van gelijkheid. Ten eerste is het gebruik van natuurlijke hulpbronnen essentieel om zelf invulling te geven aan het leven. Gelijke verdeling van de natuurlijke hulpbronnen is de enige verdeling die voor alle betrokkenen acceptabel is. In elke andere verdeling zijn er voorkeursbehandelingen die voor anderen onacceptabel zijn.

Ten tweede biedt het uitgangspunt gelijkheid perspectief voor het maken van verdergaande mondiale afspraken over emissiereductie. Geïndustrialiseerde landen laten hiermee zien dat ze het probleem serieus nemen, en niet-geïndustrialiseerde landen kunnen hiermee over de streep getrokken worden omdat de handel in emissierechten een bron van inkomsten kan worden. Zonder over te gaan op gelijke emissierechten is met name een aantal ontwikkelingslanden niet zonder meer bereid tot matiging van de emissies. Voor een deel hangt dit samen met het feit dat ze zich niet verantwoordelijk voelen voor het probleem. Daarnaast hebben de landen andere prioriteiten, zoals het bestrijden van armoede en lokale milieuvervuiling. Deze landen vrezen dat emissiereductieverplichtingen hun economische ontwikkeling afremmen. Tot op heden zijn namelijk de groei van economie, energieverbruik en CO₂-emissies min of meer gekoppeld. Door voor gelijke verhandelbare rechten te kiezen, ontstaat er voor vrijwel alle landen een prikkel om deel te nemen aan het klimaatverdrag. Het gaat hierbij zowel om landen die op dit moment nog niet de rechtmatig aan hen toekomende emissieruimte verbruiken, als om landen die tegen relatief lage kosten hun emissies kunnen reduceren.

Op korte termijn echter is een gelijke verdeling van rechten per hoofd van de bevolking politiek onhaalbaar. Dit zou namelijk kapitaalstromen tussen groepen landen op gang brengen die op dit moment politiek onhaalbaar geacht worden. Toch is het van belang om nu een dialoog te beginnen over mogelijke trajecten die in 2100 resulteren in gelijk verdeelde emissierechten. Bij de uitwerking hiervan is een balans nodig tussen enerzijds de politieke haalbaarheid en anderzijds rechtvaardigheid.

Ter illustratie is in figuur 8 een fictief traject geschetst. Dit traject is een gewogen gemiddelde van historische rechten (gewoonterecht) en gelijke emissierechten per capita. In de loop van de tijd wordt de weegfactor van het historisch recht steeds kleiner om uiteindelijk in 2100 tot gelijke emissierechten per capita te komen. Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van de ontwikkeling van de bevolkingsomvang en de Bruto Regionale Producten conform het nieuwe zogenaamde B1-scenario, dat is ontwikkeld ten behoeve van het Third Assessment Report van het IPCC (zie ook kader Een duurzaam scenario).



Figuur 8 Ontwikkeling van de emissierechten van de noordelijke landen voor de komende 100 jaar. Deze rechten kunnen sterk uiteenlopen bij gebruik van verschillende verdelingsprincipes: historische rechten, gelijke rechten en een mengvorm van deze principes.

Hier is slechts een mogelijk wegingstraject tussen historische rechten en gelijke rechten toegepast. In onderhandelingen tussen Noord en Zuid zal uiteindelijk een acceptabele overgangperiode tussen historische rechten en gelijke rechten tot stand moeten komen.

Een duurzaam scenario

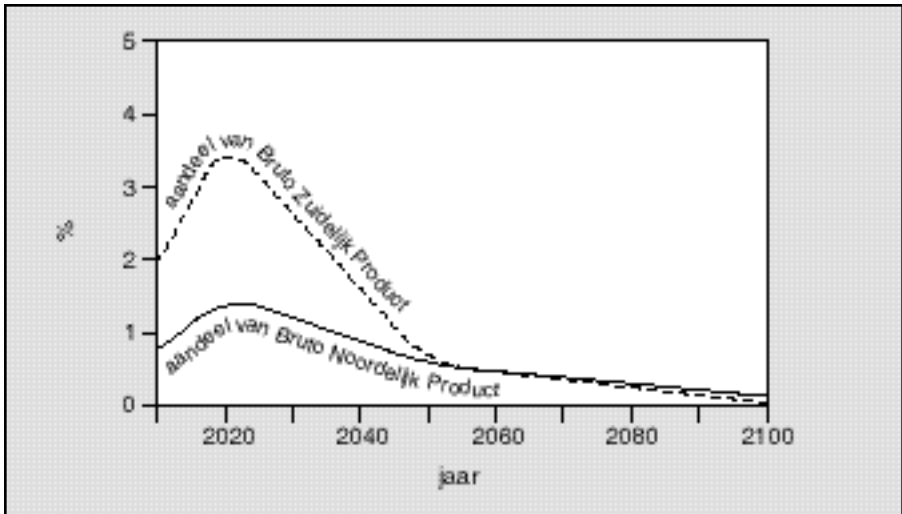
Het zogenaamde B1-scenario behoort tot de nieuwste generatie IPCC-scenario's. In deze publicatie is dit scenario gebruikt voor berekeningen van kapitaalstromen van Noord naar Zuid. Er is voor dit scenario gekozen omdat dit het meest aansluit bij een ontwikkelingsrichting die in dit boekje wordt bepleit.

Dit scenario gaat uit van een wereldwijde oriëntatie op duurzame ontwikkeling. De samenleving kiest collectief voor een diensten-georiënteerde economie waarbij zowel sociale rechtvaardigheid als een schoon milieu belangrijke waarden zijn. Er bestaat interesse voor een schoner milieu maar niet specifiek voor het klimaatprobleem. De bevolkingsomvang kent een maximum van 9 miljard wereldburgers in 2050 waarna de omvang afneemt tot 7 miljard in 2100. De economische groei is fors en is vergelijkbaar met de groei in de afgelopen 50 jaar. De groei treedt vooral op in de minder geïndustrialiseerde landen. Dankzij dematerialisatie, technologie-overdracht en high-tech innovaties treedt er een verdere ontkoppeling tussen economische groei en energieverbruik op. Nadat het primair energieverbruik in 2050 is verdubbeld ten opzichte van het huidige niveau, daalt het tegen het eind van deze eeuw vervolgens tot 40% boven het huidige niveau. Vanaf 2050 is sprake van een afname van de CO₂-emissies waardoor in 2100 een broeikasgasconcentratie van 600 ppmv CO₂-equivalenten wordt bereikt. De concentratie is dan echter nog niet gestabiliseerd.

Wat dit scenario laat zien, is dat zelfs bij bijzonder gunstige ontwikkelingen op zowel het sociale, economische, ecologische als op het technische terrein, nog steeds een krachtig klimaatbeleid is vereist.

Bron: Vries et al., 2000.

Door voor mondiaal verhandelbare emissierechten te kiezen, kan een groter draagvlak voor verdere verplichtingen ontstaan. Voor ontwikkelingslanden zijn verhandelbare emissierechten namelijk een potentiële inkomstenbron. Om een idee van de mogelijke kapitaalstromen te geven, hebben we, uitgaande van het B1-scenario en de aanname dat de handelsprijs voor CO₂-emissierechten over de gehele periode constant is (150 US\$ per ton CO₂), een aantal berekeningen uitgevoerd. Deze berekeningen zijn uiterst globaal en hebben uitsluitend een illustratieve functie. Hierbij is ervan uitgegaan dat mondiale handel pas in 2010 op gang komt.



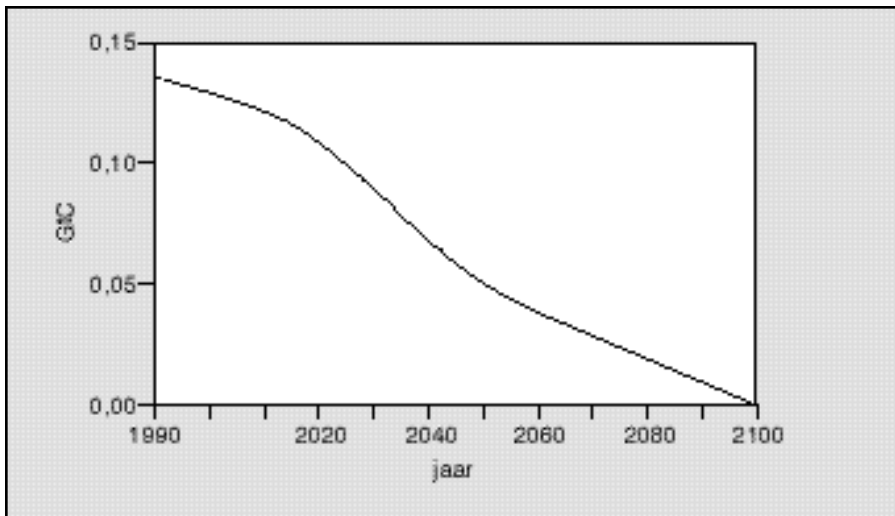
Figuur 9 De geldstromen van Noord naar Zuid uitgedrukt als percentage van het Bruto Noordelijk Product en het Bruto Zuidelijk Product uitgaande van een verdeling van de rechten conform 'mengvorm rechten' (zie figuur 8).

Zelfs al is er in het begin geen sprake van gelijke rechten, toch komt al snel een voor zuidelijke landen interessante geldstroom op gang als gevolg van het verkopen van een deel van hun CO₂-emissierechten aan noordelijke landen.

Eigen plafond lucht- en scheepvaart

Vooralsnog vallen de emissies van de internationale lucht- en scheepvaart nog niet onder het Kyoto-protocol. Wel hebben de International Civil Aviation Organisation (ICAO) en de International Maritime Organisation (IMO) als gevolg van het Kyoto-protocol de opdracht gekregen om beleid te ontwikkelen waarmee de emissies van de internationale lucht- en scheepvaart kunnen worden beheerst. Tot zover zijn de organisaties voornamelijk bezig met het ontwikkelen van opties voor emissiebeheersing en lastenverdeling (zie Wit (1996) en VN (1996)). In lijn met de filosofie die hiervoor uiteen is gezet, stellen we voor de internationale lucht- en scheepvaart een nieuwe optie voor.

Zolang er sprake is van een overgangssituatie waarin de rechten niet gelijkelijk per capita zijn verdeeld, wordt ook voor de internationale lucht- en scheepvaart een overgangssituatie gecreëerd. Het voorstel is dan om de internationale lucht- en scheepvaart, net als een land, emissierechten te geven. De omvang van de rechten zal in eerste instantie gebaseerd zijn op historische rechten. Op termijn zullen deze rechten worden afgebouwd naar nul en zal de internationale lucht- en scheepvaart, net als elke andere sector, moeten kiezen tussen het nemen van emissiereducerende maatregelen of het inkopen van emissierechten. In 2100 bestaan dan alleen nog maar emissierechten voor wereldburgers die gelijkelijk zijn verdeeld per capita.



Figuur 10 De historische rechten op CO₂-emissies van de luchtvaart zullen in de komende decennia geleidelijk tot nul moeten worden teruggebracht. Dan wordt de positie van de luchtvaart gelijk aan die van andere sectoren.

Internationaal meersparenbeleid

Hiervóór is een beeld geschetst van het post-Kyotobeleid waarbij de huidige afspraken het vertrekpunt zijn. In principe kan langs deze weg een effectief en efficiënt klimaatbeleid tot stand komen, maar tegelijkertijd is het risicovol om het volledige klimaatbeleid daarop te richten. De risico's zijn de volgende.

Het grootste risico is dat voorlopig geen of zelfs helemaal geen mondiale overeenstemming is te bereiken over de hier voorgestelde doelen en het bijbehorend instrumentarium. Het is maar zeer de vraag of de nationale overheden voldoende sterk zullen zijn om harde afspraken over mondiale plafonds te maken en om een systeem van rechtvaardig verdeelde, verhandelbare emissierechten in het leven te roepen. Met name de discussie over het verdelingsprincipe ligt erg gevoelig. Het idee van gelijke rechten is niet nieuw en is reeds verschillende malen door India en China naar voren gebracht, maar met name op oppositie van de kant van de Verenigde Staten gestoten. Het Amerikaanse Pew Center on Global Change is van mening dat gelijke rechten "perverse incentives for population growth" zouden creëren (Claussen en McNeilly, 1998). Dit geeft aan dat in een discussie over verdeling de discussie over het bevolkingsvraagstuk niet kan worden vermeden. Verder zijn noordelijke landen nog lang niet aan het idee gewend van verhandelbare emissierechten op basis van gelijke rechten, waarbij in eerste instantie forse geldstromen van Noord naar Zuid optreden. In een artikel van Grubb en Sebenius (1992) wordt aangegeven dat "these large transfers would be politically infeasible". Dit bezwaar wordt ook in een advies van de VROM-raad (VROM-raad, 1998) onder ogen

gezien. De raad argumenteert echter dat er "economisch gezien geen principieel verschil is tussen de import van een consumptiegoed uit een land, of de betaling voor emissieruimte in dat land".

Een ander probleem dat samenhangt met de Kyoto-systematiek is de concrete uitwerking van het protocol en de handhaving. Deze vraagstukken komen nu pas in detail op de agenda in de regelmatige bijeenkomsten van de verdragslanden. Uit de discussies is duidelijk dat deze vraagstukken nog verre van opgelost zijn (zie ook de paragraaf over het huidige klimaatbeleid).

Vanuit de milieubeweging zijn verder regelmatig kritische geluiden te horen over handel. Men vreest dat westerse landen hun CO₂-emissiereductieverplichtingen afkopen zonder zelf tot daadwerkelijke CO₂-reductie over te gaan. Dit probleem speelt met name bij de handel in 'hot air' waarbij in feite een overschot in de emissieruimte wordt verhandeld, zonder dat daar een daadwerkelijke emissiereductie tegenover staat. Dit bezwaar is eerder kritiek op de huidige Kyoto-afspraken dan een principieel bezwaar tegen het instrument van verhandelbare emissierechten. Als met handel de totale emissie onder het gezamenlijke mondiale emissieplafond blijft, is daar niets mis mee. Voor de verdere discussie is het van groot belang de kritiek op handel te scheiden van kritiek op de hoogte van de afzonderlijke emissieplafonds voor bepaalde landen of regio's.

Gezien de vele openstaande vragen en de traagheid van het politieke proces, lijkt het naïef om te verwachten dat de internationale onderhandelingen in het kader van het VN-klimaatverdrag op zichzelf zullen leiden tot aanscherping van de taakstelling van de verschillende landen. Waarschijnlijk zal het proces dynamischer zijn, waarbij vooruitgang in de internationale onderhandelingen alleen mogelijk is als er sprake is van vooruitgang op andere terreinen. Denk hierbij bijvoorbeeld aan internationale afspraken over efficiëncynormen, aan regionale experimenten met emissiehandel of aan forse stappen die gezet zijn door internationale bedrijven onder druk van maatschappelijke organisaties en consumenten (zie hiertoe onder meer het Science Plan van het Industrial Transformation programma (Vellinga en Herb, 2000)). Het is bijzonder risicovol om de beheersing van het klimaatprobleem volledig afhankelijk te maken van het al dan niet slagen van de internationale onderhandelingen. Een internationaal meersporenbeleid is daarom noodzakelijk. Allereerst moet beleid gericht worden op verbetering van de bestaande afspraken in het Kyoto-protocol, in het bijzonder afspraken over uitvoering en handhaving. Verder zal beleid gericht moeten worden op het dichteren van de gaten van het Kyoto-protocol (dit is in feite een vervolg op het Kyoto-protocol). En tenslotte zullen aanvullende internationale afspraken buiten het Kyoto-protocol om moeten worden gemaakt. Denk hierbij aan onder meer:

- invoeren of verhogen van een nationale of supranationale energieheffing op CO₂-grondslag;

- internationale afspraken maken over energie-efficiëncynormen voor apparaten, voertuigen en vliegtuigen;
- stimuleren van ontwikkeling en verspreiding van doorbraaktechnologie. Een samenhangende aanpak met andere progressieve landen is wenselijk, bijvoorbeeld een gezamenlijke 'procurement'-campagne van overheden, industrie en natuur- en milieuorganisaties voor de introductie van één miljoen auto's die maar 3 liter benzine per 100 km verbruiken;
- technologie-overdracht van geïndustrialiseerde landen naar ontwikkelingslanden.

Alternatieven voor de Kyoto-aanpak

Mondiale afspraken over koolstofintensiteit

De huidige Kyoto-systematiek richt zich volledig op CO₂-emissiereductie. Sturing op een verlaging van de koolstofintensiteit van de energievoorziening, dat wil zeggen de hoeveelheid koolstof per eenheid primaire energie, is te beschouwen als een bijzondere vorm van sturing op een verlaging van de fossiele CO₂-emissies. In het volgende hoofdstuk zullen we onderbouwen dat de koolstofintensiteit het belangrijkste aangrijpingspunt voor klimaatbeleid zou moeten zijn. Dit betekent dat het ook wenselijk is om het mondiale klimaatbeleid meer te richten op een verlaging van de koolstofintensiteit. Dit zou kunnen door bijvoorbeeld in plaats van emissieplafonds voor CO₂, plafonds voor de koolstofintensiteit per land vast te stellen. Hierbij zouden bijvoorbeeld noordelijke landen lagere plafonds kunnen krijgen dan zuidelijke landen.

Afspraken over koolstofintensiteit hebben uitsluitend betrekking op de CO₂-emissies ten gevolge van het fossiele energiegebruik, maar niet op CO₂-emissies ten gevolge van veranderend landgebruik. Voor deze emissies en de overige broeikasgassen blijven aparte afspraken noodzakelijk.

Heffingen op fossiele brandstoffen

Met het Kyoto-protocol is voor verhandelbare emissierechten gekozen. Een alternatief of aanvulling voor deze route is de invoering van een mondiale heffing op ruwe fossiele brandstoffen. Een systeem van heffingen op fossiele koolstof is aanzienlijk minder fraudegevoelig dan een systeem van verhandelbare CO₂-emissierechten waarbij de onzichtbare CO₂-emissies gemonitord moeten worden. Zo is de productie-omvang van fossiele brandstoffen veel makkelijker te controleren dan de omvang van CO₂-emissies. Met name uitvoering en handhaving wordt hierdoor een stuk eenvoudiger.

Een heffing op CO₂ leidt tot een prijsverhoging van fossiele brandstoffen. Hiermee wordt een stimulans gecreëerd om de energie-efficiency te verbeteren en/of de koolstofintensiteit te verlagen. Indien de heffingshoogte op het juiste niveau wordt

gekozen, is de effectiviteit en efficiëntie hiervan theoretisch vergelijkbaar met die van verhandelbare emissierechten. Bij heffingen speelt, net als bij de toekenning van emissierechten, de kwestie van rechtvaardigheid. Het verdelingsprincipe (zie paragraaf Rechtvaardige verdeling) komt tot uiting in de wijze waarop de heffingen worden geheven (al dan niet gedifferentieerd naar regio) en hoe de heffingsinkomsten nationaal en internationaal worden verdeeld.

Het is denkbaar dat de huidige knelpunten in de uitwerking van het klimaatverdrag in combinatie met een toenemende maatschappelijke ongerustheid kunnen leiden tot hernieuwde mondiale aandacht voor heffingen als alternatief.

4 Maatregelen en kosten

In het vorige hoofdstuk stond centraal wat het mondiale plafond voor de uitstoot van CO₂ zou moeten zijn, en is besproken wat een eerlijke verdeling van emissierechten over verschillende landen zou kunnen zijn. Dit hoofdstuk gaat in op de wijze waarop de afgesproken CO₂-emissiereducties daadwerkelijk gerealiseerd kunnen worden. Hierbij ligt de nadruk sterk op geïndustrialiseerde landen omdat deze hun emissies fors moeten reduceren. Bovendien wordt voor de Nederlandse situatie een schatting gegeven van de kosten van de maatregelen voor emissiereductie.

Energiegerelateerde emissies

Om de afgesproken CO₂-emissiereducties te bewerkstelligen, staan in principe drie verschillende opties ter beschikking. De eerste optie houdt een verhoging van de CO₂-absorptie door de biosfeer in. Hierdoor wordt de 'CO₂-put' vergroot. De aanplant van extra bossen is hiervan een voorbeeld. De tweede optie is het afvangen van (een deel van) de CO₂-uitstoot, en deze vervolgens op te slaan. Een derde optie is de productie van CO₂ door menselijke activiteiten te verminderen. Het huidige Kyoto-protocol waardeert emissiereductie langs al deze drie routes.

De eerste optie, absorptie van CO₂ door de biosfeer, heeft op de korte en middellange termijn een groot potentieel. Het IPCC (Houghton et al., 1996) schat dat alleen al in de bosbouw 60-90 GtC in de komende 50 jaar vastgelegd zou kunnen worden. Dit is 8 tot 12 keer de jaarlijkse mondiale CO₂-uitstoot in de jaren 1990. Zodra de bossen echter zijn volgroeid, wordt er nog maar weinig CO₂ geabsorbeerd. Voor de korte en middellange termijn kan deze optie daarom soelaas bieden, maar voor de langere termijn is een structurele aanpak van het klimaatprobleem vereist.

De tweede optie houdt in dat koolstof of CO₂ wordt verwijderd uit processen waarin fossiele brandstoffen worden gebruikt. Het verwijderde CO₂ kan bijvoorbeeld in de ondergrond worden opgeslagen in oude aardgasvelden en/of in diepe watervoerende lagen (aquifers). Voor deze optie bestaat in ieder geval voor de komende 100 jaar een groot potentieel, uiteindelijk is de fossiele koolstof ook afkomstig uit dezelfde bodem.

Bij de derde optie gaat het om brongerichte maatregelen waarmee de CO₂-emissies worden teruggedrongen die samenhangen met het landgebruik en het gebruik van fossiele energie. Landgerelateerde maatregelen vallen verder buiten het kader van deze publicatie. Wat betreft energie zijn verschillende maatregelen mogelijk: vermindering van de vraag naar energie, verbetering van materiaal- en energie-efficiency, een verdere verschuiving van koolstofrijke naar koolstofarme energiebronnen (bijvoorbeeld door steenkolen door aardgas te vervangen), en de inzet van kool-

stofloze energiebronnen zoals vernieuwbare energie (b.v. wind- en zonne-energie) en kernenergie. Dit type maatregelen heeft op de lange termijn het grootste emissie-reductiepotentieel.

Gezien de grote bijdrage van energiegebruik aan het versterkte broeikaseffect, en gezien de expertise van de auteurs van deze publicatie, richt dit hoofdstuk zich uitsluitend op oplossingen in de sfeer van de energievoorziening. Het gaat hierbij dus om maatregelen om de efficiency te verhogen en om maatregelen om de hoeveelheid vrijkomende CO₂ per eenheid energie te verminderen.

De eerste optie, het vergroten van CO₂-putten via een toename van vegetatie en bossen, wordt dus verder buiten beschouwing gelaten hoewel deze optie op korte en middellange termijn een belangrijke rol kan spelen bij de aanpak van het klimaatprobleem. Als energiebron kan biomassa afkomstig uit duurzaam beheerde productiebossen echter ook bijdragen aan CO₂-emissiereductie. Biomassa kan op tal van terreinen fossiele brandstoffen vervangen.

Aangrijpingspunten voor beleid

De energiegerelateerde CO₂-uitstoot per land is het product van vier factoren: de bevolkingsomvang, het inkomensniveau per hoofd van de bevolking, de energie-intensiteit (de hoeveelheid primaire energie per eenheid van inkomen) en de koolstofintensiteit (de hoeveelheid koolstof per eenheid primaire energie) van de energievoorziening. In formulevorm:

$$C = P \times \left(\frac{BBP}{P}\right) \times \left(\frac{E}{BBP}\right) \times \left(\frac{C}{E}\right)$$

waarin:

- C = CO₂-uitstoot (in GtC);
- P = bevolkingsomvang;
- BBP = bruto binnenlands product;
- BBP/P = inkomen per hoofd van de bevolking;
- E = primair energieverbruik;
- E/BBP = energie-intensiteit;
- C/E = koolstofintensiteit van de energievoorziening.

De CO₂-uitstoot kan dus verlaagd worden door de bevolkingsomvang, het inkomensniveau per hoofd, de energie-intensiteit en/of de koolstofintensiteit te verlagen. Deze grootheden zijn dan ook de mogelijke aangrijpingspunten voor klimaatbeleid.

We leggen hier een accent op energie-intensiteit en koolstofintensiteit als aangrijpingspunten voor beleid. Hoewel de bevolkingsomvang zeker invloed heeft op de totale milieubelasting, valt een bespreking van de haken en ogen aan bevolkingspolitiek buiten het kader van deze publicatie. De mogelijkheden om de groei van de bevolking daadwerkelijk te beïnvloeden moeten niet worden overschat. Bovendien

is de bevolkingsgroei aan het afnemen om allerlei andere redenen. Voor ontwikkelingslanden kan wellicht het extra inkomen dat zij krijgen uit handel in CO₂-rechten (zie vorige hoofdstuk) nog de belangrijkste bijdrage leveren aan een verminderde bevolkingsgroei. Ook het BBP per capita oftewel het inkomen per hoofd bekijken we hier niet verder. De belangrijkste reden hiervoor is dat het niet voor de hand ligt direct op BBP per hoofd te sturen. Verlagen van de economische groei met als doel om de CO₂-uitstoot te verminderen zou wel een heel ineffectieve en onnodig kostbare manier zijn. Het BBP valt hiermee weg als mogelijk aangrijpingspunt. Dat neemt echter niet weg dat beleid dat zich op een ander aangrijpingspunt richt wel gevolgen kan hebben voor zowel de hoogte als de samenstelling van het BBP. Vooral nog lijkt in elk geval een route mogelijk waarbij een versneld schoner wordende energievoorziening gepaard gaat met een nagenoeg even hoge economische groei als zonder deze versnelling.

Concreet komt deze route neer op het verlagen van de energie- en de koolstofintensiteit, door het gebruik van schone energie met kracht te bevorderen; schone energie wil zeggen energie die een minimale CO₂-uitstoot met zich mee brengt. Hierbij kan het gaan om hernieuwbare bronnen, zoals zonne- en windenergie en biomassa, maar ook om fossiele energie waarvan de CO₂ bij gebruik wordt verwijderd. Deze CO₂ kan in oude olievelden, gasvelden en watervoerende lagen (aquifers) worden opgeslagen en zo uit de atmosfeer worden gehouden.

Omdat een verlaging van de koolstofintensiteit gepaard gaat met extra kosten zal hierdoor de energie-intensiteit afnemen. Door de duurdere schone energie zullen zuiniger apparaten worden gebruikt en zal energiezuinig gedrag worden gestimuleerd. Vanwege de extra kosten van schone energie, zal ook de groei van het BBP enigszins afnemen (zie verderop in dit hoofdstuk).

Met behulp van bovenstaande formule kan worden nagegaan welke veranderingen nodig zijn om de gewenste emissiereductie te bereiken. We zullen ons hierbij primair richten op de inspanningen in de geïndustrialiseerde landen waar de grootste emissiereductie plaats zal moeten vinden. Hierbij gaan we uit van een emissiereductie van 75% in 50 jaar. Dit komt overeen met een jaarlijkse emissiereductie van zo'n 2,7%. Indien we gemakshalve zouden uitgaan van een constante bevolkingsomvang en van een economische groei van 3% per jaar, dan zou het product van energie-intensiteit en koolstofintensiteit met ongeveer 5,5% per jaar moeten dalen om de CO₂-emissiereductiedoelen te halen. In het verleden is op mondiale schaal gemiddeld slechts een daling van ongeveer 1,5% gerealiseerd. Een voortzetting van deze trend is duidelijk niet voldoende om de gewenste emissiereductie te bewerkstelligen. Extra inspanningen zijn nodig zowel om de energie-intensiteit als om de koolstofintensiteit te verlagen. Verdere beleidsinspanningen zouden zich hiervoor met name op de inzet van schone energie, energie met een lage koolstofintensiteit, moeten richten (o.a. Rooijers et al., 1996).

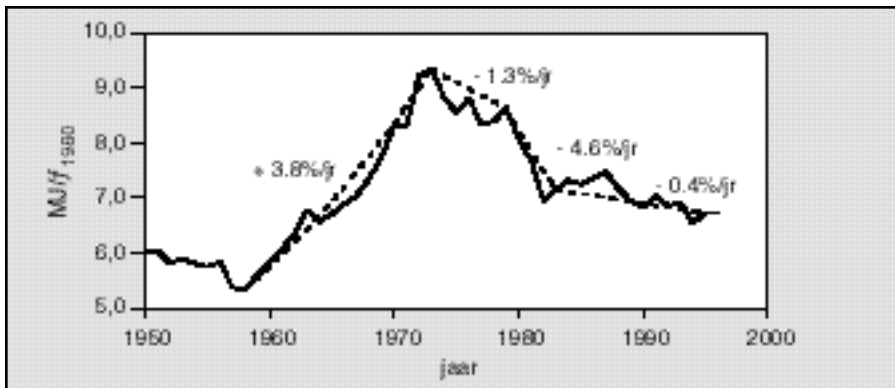
Energie-intensiteit: besparing en structureffecten

De energie-intensiteit is de gemiddelde hoeveelheid primaire energie die nodig is voor de productie van één eenheid BBP. Meer precies beschouwd bestaat de energie-intensiteit uit het product van twee grootheden: de energie-efficiency en de structuur van de economie: welke producten en diensten worden gemaakt? Een verhoging van de energie-efficiency houdt in dat dezelfde energiefunctie, bijvoorbeeld warmte, motorvermogen of koeling, wordt vervuld met minder energie. In de praktijk gaat het om technische verbeteringen of veranderingen van productie- of omzettingprocessen, zoals brandstofcellen, warmtepompen en STEG's. Verbetering van de energie-efficiency heet vaak ook wel simpel energiebesparing. Verandering van de structuur van de economie komt erop neer dat het consumptieve gedrag en de productie zodanig verandert dat de energiefunctievraag per eenheid product verandert. Dit kan bijvoorbeeld een overgang zijn van een materiaalintensieve economie naar een informatie- en dienstengeoriënteerde economie, of juist omgekeerd. Maar ook het maken van meer kennisintensieve producten leidt tot een verminderde energiefunctievraag per product.

In de jaren '70 is naar aanleiding van de oliecrisis en in het licht van de 'eindige voorradenproblematiek' vooral in westerse landen een start gemaakt met beleid gericht op de verlaging van de energie-intensiteit. Hierbij werd vooral aandacht aan de verhoging van de energie-efficiency besteed. De drijvende kracht hierachter was het idee dat fossiele brandstoffen schaars zouden worden, gecombineerd met de wens de economie te laten groeien. Dit leidde tot een beleid dat als doel had om de economie relatief gezien steeds minder afhankelijk van energie te maken. Daarbij heeft het treffen van maatregelen die zichzelf in redelijke tijd terugverdienen vooropgestaan.

Tussen 1986 en 1995 bedroeg de verbetering van de energie-efficiency in Nederland gemiddeld 1% per jaar (CPB, 1997). Met maximale inspanning kan in geïndustrialiseerde landen naar schatting een jaarlijkse efficiencyverhoging van 2% worden bereikt (Van der Sluijs en Turkenburg, 1998). In dezelfde periode leidde het structureffect in Nederland juist tot een verhoging van de energievraag. Dit hing samen met een grotere bijdrage van energie-intensieve activiteiten aan het BBP. Dit structureffect bedroeg 0,3% per jaar tussen 1986 en 1990 en 0,2% per jaar tussen 1990 en 1995 (CPB, 1997).

De mondiale energie-intensiteit is in de laatste 100 jaar circa 1% per jaar verhoogd. Na de oliecrisis heeft Nederland, in een periode van economische recessie en van hoge fossiele brandstofprijzen, gedurende korte tijd een recorddaling van de energie-intensiteit gekend met een tempo van 4,6% per jaar (zie figuur 11).



Figuur 11 De energie-intensiteit in Nederland is tussen 1950 en 1973 aanvankelijk toegenomen. Na de eerste oliecrisis in 1973 is de energie-intensiteit geleidelijk gedaald (Bron: Van der Sluijs en Turkenburg (1998)).

Veel verbeteringen van de energie-efficiency komen autonoom tot stand, omdat apparatuur in het algemeen steeds efficiënter wordt door technologische ontwikkelingen. Vervanging van een apparaat resulteert daarom meestal in een hogere energie-efficiency. Daarnaast kan efficiencyverbetering worden gestimuleerd door normstelling en door prijsprikkels. Prijsprikkels leiden tot een energie-efficiencyverbetering omdat bij voldoende hoge energieprijzen of –heffingen een (vervroegde) aanschaf van energie-efficiëntere apparatuur eerder rendabel wordt. Bij het sturen op efficiencyverhoging moet rekening gehouden worden met zogenaamde terugkoppelingen, ook wel het ‘rebound-effect’ genoemd. Deze doen een gedeelte van de beoogde efficiencywinst teniet. Als gevolg van efficiencyverbetering daalt namelijk de kostprijs van energiefuncties, doordat het energiegebruik, en daarmee de kosten ervan, afnemen. Lagere kosten stimuleren wederom het gebruik: efficiencyverbetering leidt daarmee via de terugkoppeling tot een (lichte) toename van het energiegebruik. Naar schatting lekt ongeveer 10% van de verwachte efficiencyverbetering weg door dit ‘rebound-effect’. (Swigchem et al., 2000). Beleidsmatig kan het ‘rebound-effect’ worden tegengegaan door een verdere prijsverhoging van de energiefuncties of van energie. Een prijsverhoging van energie kan worden bewerkstelligd door een heffing op energie of door de inzet van schonere energie omdat die in het algemeen duurder is dan energie van fossiele oorsprong.

Hoewel de drijvende kracht achter het energie-efficiencybeleid het idee van schaarste aan fossiele brandstoffen is geweest, heeft dit beleid tot nu toe ook een bijdrage geleverd aan het beperken van het klimaatprobleem. Dat roept de vraag op of een wat krachtiger aangezet efficiencybeleid dan niet voldoende is om te voldoen aan de afspraken die in Kyoto zijn gemaakt en aan de verdergaande emissie-eisen die mogelijk nog zullen volgen.

Dat is niet het geval. Wanneer het efficiencybeleid de gebruikelijke terugverdientijden als uitgangspunt neemt, blijkt mede vanwege de tegenkoppelingen de groei van de vraag naar energie groter dan de groei in energie-efficiencyverhoging. Gegeven de ervaringen in het verleden, zou alleen een bijzonder krachtig, en nooit eerder vertoond, overheidsbeleid kunnen leiden tot de vereiste energie-efficiencyverhoging. Een dermate hoge energie-efficiencyverhoging zal gepaard gaan met kapitaalvernietiging, omdat installaties en apparaten versneld moeten worden vervangen. Wanneer het tempo van de verbetering van de energie-efficiency een zekere grens overschrijdt, worden andere opties goedkoper dan het nog verder opvoeren van de efficiency.

Zoals eerder genoemd is het vergroten van het aandeel schone energie waarmee de koolstofintensiteit van de energievoorziening kan worden verlaagd, zo'n optie. Deze zal in de volgende paragraaf, 'Schone energie', verder worden uitgewerkt. Een denkbare andere optie is het nastreven van structuurveranderingen van de economie. Uit de praktijk blijkt dat de overheid de structuur van de economie niet direct wil en soms ook niet kan sturen. Dit heeft te maken met het feit dat de structuur van de economie nauw samenhangt met de inrichting van onze samenleving en met de wensen van de consumenten. Indirecte sturing is er echter wel, bijvoorbeeld via het belastingstelsel: belastingen drukken nog steeds vooral op de factor arbeid en in relatief geringe mate op energie of materialen. Via prijsprikkels wordt nu in toenemende mate gebruik gemaakt van deze indirecte sturingsmogelijkheid. In het kader van de 'vergroening' van het belastingstelsel is bijvoorbeeld een energieheffing geïntroduceerd waarmee enerzijds energie-extensieve productie- en consumptiepatronen worden bevorderd en anderzijds prijsgeïnduceerde efficiencyverbetering. Een ander voorbeeld van indirecte sturing op de economische structuur zijn de uitgaven die ten behoeve van verkeer en vervoer worden gedaan en die energie-intensieve vervoersactiviteiten juist aanwakkeren.

Bij de afweging tussen de verschillende beleidsopties spelen kosteneffectiviteit en beschikbaarheid van zowel energiebronnen als technologieën een rol, naast andere maatschappelijke overwegingen. In de praktijk zal het optimale maatregelenpakket dan ook uit een mix bestaan van efficiencymaatregelen, structuurmaatregelen en maatregelen ter verlaging van de koolstofintensiteit. Dit zal verderop in dit hoofdstuk inzichtelijk worden gemaakt.

Schone energie

De koolstofintensiteit van de energievoorziening is de gemiddelde hoeveelheid koolstof die vrijkomt bij de omzetting van één eenheid primaire energie. Hoe lager de koolstofintensiteit, des te schoner, tenminste vanuit het perspectief van het klimaatprobleem, is de energievoorziening. Van alle organische brandstoffen heeft hout de hoogste koolstofintensiteit, gevolgd door kolen, aardolie en aardgas. Energieconversie van biomassa, waaronder hout, kan echter CO₂-neutraal plaatsvin-

den als de productie van biomassa (bijvoorbeeld door bosaanplant) voor energieconversie in evenwicht is met het gebruik van biomassa voor energieconversie. In dit geval is de (netto) koolstofintensiteit nul.

Het is mogelijk de netto koolstofintensiteit van een fossiele energievoorziening kunstmatig te verlagen, door de omzettingsprocessen zo in te richten dat wordt voorkomen dat CO₂ in de atmosfeer terechtkomt. Dit kan ofwel door het CO₂ direct uit de rookgassen te verwijderen, ofwel door fossiele brandstoffen chemisch om te zetten in waterstof en kooldioxide en die kooldioxide af te vangen. Het CO₂ dat bij deze processen vrijkomt, kan vervolgens worden geborgen in lege gasvelden of in watervoerende lagen met een afsluitende bovenlaag, zogenaamde aquifers (zie bijvoorbeeld Vellinga en Van Verseveld, 1999a). De energiedragers als waterstof, elektriciteit of warm water die uit deze processen voortkomen bevatten zelf geen CO₂ meer. Omdat tijdens de productie van deze dragers de CO₂-emissie erg laag is, zullen we deze dragers verder 'schone energiedragers' noemen.

Schone fossiele energie

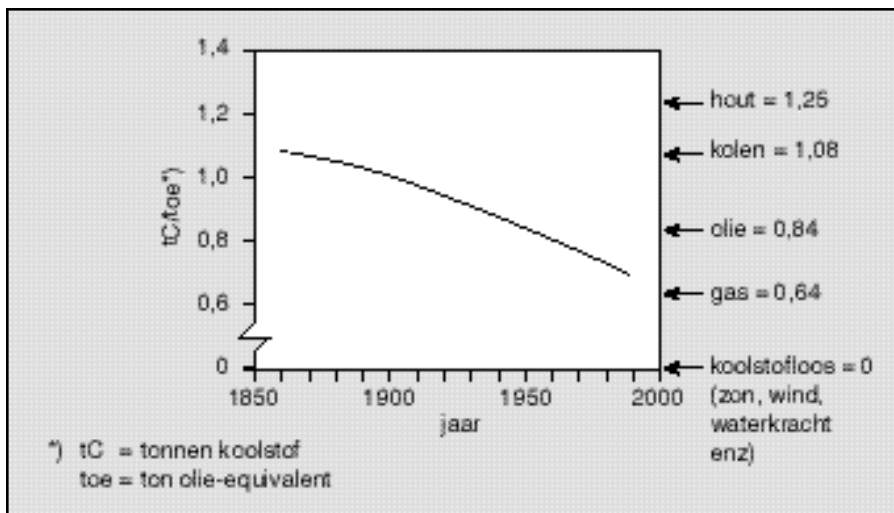
Met 'schone fossiele energie' wordt hier fossiele energie bedoeld die bij gebruik nauwelijks CO₂-emissies naar de atmosfeer veroorzaakt. Door CO₂ uit de rookgassen te verwijderen of door de brandstof chemisch in CO₂ en waterstof te ontleden en vervolgens het CO₂ via injectie in de ondergrond te bergen, kunnen fossiele brandstoffen op een CO₂-emissie-arme wijze worden ingezet.

Het potentieel van schone energie uit fossiele brandstoffen wordt bepaald door het potentieel van fossiele brandstoffen en door het ondergrondse opslagpotentieel voor CO₂. Beide potentiëlen lijken op de middellange termijn groot te zijn. In tegenstelling tot wat men tot voor kort dacht, worden fossiele brandstoffen voorlopig niet schaars. Er worden steeds weer nieuwe voorraden gevonden, en door technologische verbetering worden meer voorraden economisch winbaar (zie ook Lako en De Vries (1999) en Lenstra (1999)). Nakićenović (1998) schat dat economisch winbare reserves voor deze eeuw ruim voldoende zullen zijn om zelfs in een sterk groeiende energievraag te blijven voorzien.

De schattingen voor het ondergrondse opslagpotentieel voor CO₂ zijn nog erg ruw. Hendriks (1994) schat dat olie- en gasvelden tezamen 500 GtC CO₂ kunnen bergen. Daarnaast bieden aquifers - watervoerende lagen in de ondergrond - nog extra opslagruimte. De potentiële schattingen variëren, al gelang de geologische eisen die men stelt aan de ondergrondse structuren, van 50 tot 14.000 GtC (Hendriks, 1994). Ter vergelijking, het meest ongunstige IIASA/WEC-scenario kent een cumulatieve CO₂-emissie van 1490 GtC over de periode 1990-2100 (Nakićenović, 1998). De conclusie is dat ondergrondse CO₂-opslag een substantiële rol kan spelen bij de aanpak van het klimaatprobleem.

Alle energiebronnen die niet van organische oorsprong zijn, zoals zonne-energie, windenergie, waterkracht en kernenergie, bevatten helemaal geen koolstof. De inzet van deze koolstofloze bronnen draagt bij aan de verlaging van de koolstofintensiteit van de energievoorziening. Met uitzondering van kernenergie worden al deze bronnen uiteindelijk allemaal door de zon aangedreven. Zonne-energie is de motor achter het klimaat en daarmee de motor achter wind en neerslag (waterkracht). Het is waarschijnlijk dat op langere termijn deze energiebronnen de overhand krijgen. Met name zonne-energie in combinatie met efficiënt transport en opslag van energie is technisch en ecologisch gezien zeer aantrekkelijk. Of de technologische ontwikkeling voldoende snel voortschrijdt om deze optie op afdoende termijn beschikbaar te hebben is echter de vraag. Juist voor de overgangperiode naar duurzame energie kan CO₂-opslag in de ondergrond uitkomst bieden.

Het verlagen van de koolstofintensiteit komt neer op een verschuiving in de brandstofmix ten gunste van koolstofarme en koolstofloze energiebronnen. De verschuiving van steenkool naar aardgas is hiervan een bekend voorbeeld. Historisch gezien blijkt er reeds sprake te zijn van een autonome trend naar een lagere koolstofintensiteit (zie figuur 12).



Figuur 12 De koolstofintensiteit, inclusief het niet CO₂-neutrale gebruik van biomassa, blijkt in de afgelopen anderhalve eeuw met gemiddeld 0,5% per jaar gedaald te zijn (Bron: Nakićenović, 1998).

De drijvende kracht achter deze ontwikkeling is de groeiende vraag naar kwalitatief hoogwaardige energiefuncties. Gemak, efficiency en milieuvriendelijkheid worden in toenemende mate belangrijk gevonden (Nakićenović, 1998).

Schone energie, efficiency en gedrag

De inzet van schone energie draagt op indirecte wijze bij aan energie-efficiencyverhoging en aan gedragsverandering. Dit hangt samen met het feit dat energie met een laag koolstofgehalte duurder is dan energie met een hoog koolstofgehalte. Via het prijsmechanisme leidt een verhoogde inzet van schone energie, in tegenstelling tot energie-efficiencyverhoging, tot meekoppelingen aan de vraagzijde. In de eerste plaats is de duurdere schone energie een stimulans om zuiniger apparaten te gebruiken. Ten tweede zullen de energiegebruikers hun gedrag wat aanpassen. Dat kan bijvoorbeeld door minder energie-intensieve producten te kopen en meer energie-extensieve diensten te gebruiken. En ten derde blijft er minder geld over voor de aanschaf van andere consumptiegoederen; het consumptievolume groeit daardoor minder hard dan zonder inzet van schone energie.

Uiteraard is het ook mogelijk om efficiencyverhoging en gedragsverandering te bereiken door 'vuile' energie duurder te maken, bijvoorbeeld door heffingen.

Voor klimaatbeleid biedt sturen op een verhoogde inzet van schone energie een interessant aangrijpingspunt vanwege de meekoppelingen. Het primaire effect is dat de CO₂-uitstoot per eenheid energie afneemt, en het secundaire effect is dat de energieprijzen hoger worden, wat zowel efficiencymaatregelen als gedragsverandering stimuleert (zie kader Schone energie, efficiency en gedrag). Sturen op schone energie verdient dan ook een prominente plaats in het klimaatbeleid.

Later in dit hoofdstuk geven we een illustratie van de mogelijke effecten van een beleid dat primair stuurt op een verlaging van de koolstofintensiteit. Maar eerst geven we een beeld van de fysieke mogelijkheden voor zowel efficiencyverhoging als voor verlaging van de koolstofintensiteit.

Efficiency en schone energie: wat is mogelijk?

De mogelijkheden voor zowel efficiencyverhoging als voor verlaging van de koolstofintensiteit zijn groot. Turkenburg (in Zwerver en Kok, 1999) heeft op basis van verschillende mondiale scenariostudies een schatting gemaakt van de bijdrage van verschillende maatregelen voor de periode 1990 tot 2100. Volledigheidshalve is eveneens het geschatte potentieel voor herbebossing weergegeven. Let wel: het gaat hierbij niet om maximaal haalbaar geachte potentiëlen, maar om bandbreedtes die aangeven in hoeverre de verschillende maatregelen in de scenario's worden ingezet.

Tabel 1 De potentiële bijdrage van verschillende opties aan CO₂-reductie op mondiaal niveau is groot (ten opzichte van Business-as-usual scenario's). De cijfers geven de totale emissiereductie per optie weer over de periode 1990-2100 (Bron: Zwerver en Kok, 1999; actualisatie door Turkenburg (2000)).

Maatregel	CO ₂ -emissiereductie [GtC]
Verbetering energie- en materiaalefficiëncy	200 - 600
Verlagen koolstofintensiteit	
- vernieuwbare energiebronnen	200 - 600
- kernsplitsing	100 - 300
- verschuiving van steenkool naar aardgas	0 - 200
- CO ₂ -terugwinning en opslag	100 - ≥ 300 *)
Herbebossing	50 - 100

*) Het potentieel voor deze optie is veel groter: 550 GtC indien opties met structurele afsluiting worden beschouwd en ruim 14.000 GtC als ook geschikte aquifers zonder structurele afsluiting worden meegerekend (Hendriks, 1994).

Uitgaande van de IPCC-scenario's waarin geen klimaatbeleid is verondersteld, ligt de cumulatieve CO₂-uitstoot over de periode 1991 tot 2100 tussen de 770 en 2190 GtC. Om het stabilisatiedoel van 450 ppmv te halen, mag de cumulatieve emissie in deze periode hooguit rond de 650 GtC liggen (Houghton, 1996). Uit tabel 1 blijkt dat in het meest pessimistische emissiescenario vrijwel alle opties dienen te worden aangesproken. Indien de emissies lager uitvallen, is er meer keuzevrijheid tussen de opties. De verschillende opties kennen allemaal hun specifieke voor- en nadelen. Deze worden in tabel 2 samengevat.

Tabel 2 Belangrijkste voor- en nadelen van verschillende maatregelen voor verla-
ging van de energie- en koolstofintensiteit.

Maatregelen	Belangrijkste voor- en nadelen
Energie- en materiaal-efficiency	<ul style="list-style-type: none"> • meest schone vorm van CO₂-emissiereductie: bij effecten die met energie- en materiaalproductie samenhangen worden voorkomen (materiaalstromen met bijbehorende emissie- en afvalproblematiek) • veel opties zijn ren debiel - ontbreken van opties is vaak mastwerk - de kosten gaan veelal voor de baten uit - hoge transactiekosten bij 'consumenten' (informatie-inwinning etc.) - veelal lage prioriteit bij eindgebruiker, andere aspecten wegen vaak zwaarder
Vernieuwbare energiebronnen	<ul style="list-style-type: none"> • oplossing is in potentie structureel • oplossing spreekt de burger aan; appelleert aan duurzaamheid en rechtvaardigheid • soms synergie-effecten: b.v. vermindering verzuring - (vooralsnog) hogere prijzen dan fossiele energie - nieuwe technieken met grote potentie moeten nog nodige leertrajecten doorlopen (fotovoltaïsche Zonne-energie, biomassavergassing, biofuels etc.) - concurrentie met andere ruimtelijke functies: biomassaheeft en windmolens
Kernsplitting	<ul style="list-style-type: none"> • synergie-effecten: b.v. vermindering verzuring - energie-intensiteit uraniumwinning - proliferatie (kernwapens) - veiligheid in bedrijf - veiligheid bij afvalberging
Verschuiving van steenkool naar aardgas	<ul style="list-style-type: none"> • synergie-effecten: b.v. vermindering verzuring • voor elektriciteit relatief lage kosten voor centrales - vooralsnog ontbrekende gasinfrastructuur (vooral in Azië)
CO ₂ -terugwinning en -opslag	<ul style="list-style-type: none"> • vooral bij lage fossiele brandstofprijzen relatief goedkope maatregel • op relatief korte termijn inzetbare maatregel; biedt mogelijkheid voor tijdwinst • gemakkelijke overgang naar hernieuwbare bronnen • versnelde ontwikkeling van infrastructuur voor schone dragers (b.v. warm water en waterstof) • soms synergie-effecten: b.v. vermindering verzuring en tegengaan bodemdaling door aardgaswinning - extra energie nodig voor terugwinning en -opslag - veiligheid bij berging (risico's van lekkage door b.v. scheurvorming), monitoring vereist - oplossing spreekt niet iedereen aan; sommigen zien de optie als 'end-of-pipe' techniek waarmee de ontwikkeling naar een op hernieuwbare bronnen gebaseerde energievoorziening wordt vertraagd

Op grond van de huidige stand van zaken wijzen we alleen kernsplijting als maatregel af voor klimaatbeleid. Een heroverweging van kernenergie in de toekomst zal vooral afhankelijk zijn van de wijze waarop de problemen met betrekking tot veiligheid, afvalberging en proliferatie worden opgelost. Huidige systemen zijn niet inherent veilig, alhoewel met de komst van nieuwe type reactoren, zoals bijvoorbeeld de Hoge Temperatuur Reactor, vooruitgang is geboekt. Problemen met afval en proliferatie blijven voornamelijk bestaan. Kernenergie vereist een stabiele samenleving over een langere termijn. De ervaring met Rusland leert dat indien een samenleving ingrijpend verandert, dit desastreuze gevolgen kan hebben als het gaat om het gebruik van kernenergie. Systemen die slechts kortlevende isotopen produceren en die inherent veilig zijn, zijn dan ook een voorwaarde. Zolang deze systemen niet bestaan of relatief duur zijn, is de inzet van kernenergie maatschappelijk ongewenst.

Welke maatregelen uiteindelijk worden genomen hangt af van het potentieel op korte en middellange termijn, en ook van het maatschappelijk draagvlak. Op de korte termijn is op mondiale schaal vooral een bijdrage te verwachten van de bestaande vernieuwbare energietechnieken (waterkracht, wind, zon en biomassa voor elektriciteitsproductie), van de overgang van kolen op aardgas en van CO₂-terugwinning en -opslag. Vanaf 2020 is een forse groei van nieuwe vormen van vernieuwbare energie, zoals fotonvoltaïsche zonne-energie en nieuwe technieken voor het gebruik van biomassa mogelijk (zie ook kaders Biomassa en Zonne-energie). Het draagvlak voor de verschillende opties hangt af van de kosten, milieubelasting en aantrekkelijkheid van de maatregelen voor de consumenten. De rol van de factor kosten lijkt af te nemen: de steeds rijker wordende consument is in toenemende mate bereid om een meerprijs te betalen voor minder milieubelastende of anderszins aantrekkelijke producten. Qua aantrekkingskracht scoren vooral wind- en zonne-energie erg hoog.

Biomassa

In mondiale scenario's die zwaar inzetten op vernieuwbare energiebronnen levert biomassa, naast zonne-energie, een substantiële bijdrage aan de energievoorziening (Shell (1996), IASA en WEC (Nakićenović, 1998)).

Biomassa kan fossiele brandstoffen vrijwel over de gehele linie vervangen. Biomassa kan worden gebruikt voor de productie van biodiesel, bio-ethanol, biomethanol, biogas, syngas, elektriciteit, warm water en stoom. Op het terrein van vloeibare brandstoffen bestaat zo goed als geen concurrentie van andere vernieuwbare energiebronnen. Daarom is biomassa vooral belangrijk voor de transportsector. Het voordeel van biomassa is dat het ook gemakkelijk kan worden bijgemengd met andere transportbrandstoffen.

Biomassatoepassingen beperken zich op dit moment voornamelijk tot stoken voor de productie van elektriciteit en warmte. Er wordt hard gewerkt aan de ontwikkeling van vergassers voor elektriciteits- en warmteopwekking. Vergassers hebben als voordeel dat ze een hoger rendement hebben en dat ze schoner produceren dan verbrandingsinstallaties. Op langere termijn komen biofuels oftewel vloeibare biobrandstoffen in zicht. Wat dit betreft is in Duitsland, Oostenrijk en Frankrijk reeds een markt aanwezig.

Indien biomassa op mondiale schaal een substantiële rol gaat spelen, dan zal op grote schaal energieteelt plaats moeten vinden. De druk op ruimte neemt hierdoor toe. Dit kan met name in ontwikkelingslanden problemen veroorzaken, waar nog een aanzienlijke bevolkingsgroei wordt verwacht. Hier gaan de ruimtelijke claims van energieteelt en landbouw om voorrang strijden. Voor West-Europa lijkt ruimtegebrek voor biomassa en voor andere vernieuwbare energiebronnen in de volgende 100 jaar geen beperkende factor te zijn (Nakićenović 1998).

Zonne-energie

Scenario's die een sterk beleid veronderstellen gericht op de verhoging van het aandeel vernieuwbare energie laten vanaf 2020 een gestage groei van het aandeel zonne-energie zien (Shell, (1996) en IASA en WEC (Nakićenović 1998)). In 2050 ligt kan dit aandeel rond de 10% liggen en kan in 2100 zelfs oplopen tot bijna 40%.

Fotovoltaïsche zonne-energie-installaties kunnen veelal worden geïntegreerd in de bouw, waardoor er geen extra landgebruik nodig is. Bij gebruik van *alle* daken en gevels in Nederland kan, afhankelijk van de technische ontwikkelingen, in 2010 ca. 85 tot 105 TWh worden opgewekt. Uitgaande van een optimistische ontwikkeling in de kosten en in de rendementen is hiervan 60 TWh op te wekken tegen een prijs van minder dan f 0,30 per kWh (Bergsma et al., 1997). De totale verwachte elektriciteitsvraag zal in 2010 circa 120 TWh bedragen (Sep, 1996). Theoretisch zouden zonnecellen in 2010 dus 70 tot bijna 90% van de gevraagde elektriciteit kunnen leveren. Daarmee zou ongeveer 10% van de totale Nederlandse energievoorziening op zonne-energie kunnen draaien. Vanwege de onregelmatigheid van de zonne-intensiteit zou een dermate grootschalige productie van zonne-energie gepaard moeten gaan met de ontwikkeling van omvangrijke energie-opslagfaciliteiten.

Om een substantieel aandeel in de energievoorziening te krijgen, moet fotovoltaïsche zonne-energie nog de nodige leerprocessen doorlopen. Grootschalige inzet van zonne-energie wordt pas aantrekkelijk als een forse prijsverlaging plaatsvindt. Alleen door middel van grootschalige productie van zonnepanelen kan een dergelijke prijsdaling worden bereikt. De grootschalige productie komt echter niet van de grond zolang er geen markt voor bestaat. Actief overheidsbeleid kan een belangrijke rol spelen bij het creëren van deze markt waarmee een impuls wordt gegeven aan de nodige opschaling van de productie.

Volgens een recente studie van adviesbureau McKinsey zou voor zonne-energie bij een opschaling naar 500 MWp (de 'p' staat voor piekvermogen) de prijs van zonne-energie dalen van f 1,35 naar f 0,35 per kWh. Na zes jaar, als de opschaling zou zijn gerealiseerd, zou er een markt komen die zonder subsidie kan functioneren (McKinsey, 1999). De genoemde prijzen houden geen rekening met de kosten van eventuele energie-opslag voor periodes dat er onvoldoende zonnestraling is. Als zonne-energie niet wordt opgeslagen, moeten centrales met (bio-)brandstoffen in deze perioden de energievoorziening overnemen.

Een koolstofarme energievoorziening voor Nederland

In deze paragraaf illustreren we de mogelijke effecten van een beleid dat primair is gericht op een verlaging van de koolstofintensiteit en daarmee tegelijkertijd een forse verlaging van de energie-intensiteit bewerkstelligt.

Ter illustratie zullen we aan hand van de Nederlandse energievoorziening nagaan hoe deze zich zou kunnen ontwikkelen als in 50 jaar tijd een CO₂-emissiereductie van ca. 75% zou moeten worden bereikt. We nemen daarbij overigens wel aan dat andere landen ook meedoen en een min of meer gelijke route bewandelen. Het zal duidelijk zijn dat er meerdere wegen naar Rome kunnen leiden, afhankelijk van een groot aantal factoren, die zich deels autonoom ontwikkelen en deels ook maatschappelijke keuzen betreffen. Het is dan ook niet de bedoeling een blauwdruk te schetsen van een energievoorziening zoals die zou moeten zijn. Hoofddoel is een denkbare ontwikkeling te schilderen, die houvast geeft bij het bepalen van de kosten die een overgang naar een CO₂-emissie-arme energievoorziening met zich meebrengt. Inzicht in de kosten is nodig om de afweging goed te kunnen maken: gelet op de risico's van klimaatverandering, zijn we dan bereid de kosten van een schone energievoorziening voor lief te nemen?

We baseren de ontwikkelingslijn op de volgende uitgangspunten.

Eerste uitgangspunt is dat de emissiereductie volledig binnenlands wordt gerealiseerd. Hiervoor is gekozen omdat we de lange-termijngevolgen in beeld willen brengen. Op de lange termijn zullen alle westerse landen hun emissies namelijk met zo'n 75% moeten terugdringen. Op de korte en middellange termijn zullen veel reducties echter internationaal verhandeld kunnen worden (zie hoofdstuk 3). Het gevolg hiervan is dat de kosten voor emissiereductie lager kunnen uitvallen dan de kostenschattingen die in dit hoofdstuk worden gemaakt.

Ten tweede kiezen we een voor een 'gemengde' aanpak, waarbij zowel efficiencyverbetering, gedragsverandering, fossiele energie in combinatie met CO₂-opslag als vernieuwbare energiebronnen een rol spelen. De CO₂-reductiemaatregelen worden ruwweg geselecteerd op basis van hun huidige kosteneffectiviteit: hoogste effect tegen de laagste kosten. Door voor de meest kosteneffectieve maatregelen te kiezen, zijn de kosten van de implementatie van de hier geschetste ontwikkelingslijn te beschouwen als een ondergrens voor de kosten die voor de noodzakelijke CO₂-reductie moeten worden gemaakt. Althans, op basis van de huidige inzichten. Indien andere criteria dan kosteneffectiviteit de doorslag geven, kunnen de kosten hoger uitvallen; anderzijds is vrij zeker dat de kosten werkelijk aanzienlijk lager zullen zijn in verband met de verdere technologische ontwikkeling.

Ten derde: de nadruk in deze schets ligt op veranderingen aan de aanbodzijde van de energievoorziening (verlagen van de koolstofintensiteit). Indirect worden via het prijsmechanisme ook veranderingen aan de vraagzijde veroorzaakt: prijsgeïnduceerde energie-efficiencyverbetering en een prijsgeïnduceerd structureffect (gedragseffect).

Met name het uitgangspunt van kosteneffectiviteit roept nogal eens wat controverses op. Alsof geld het enige criterium voor de energievoorziening zou zijn. Dat is natuurlijk niet zo – ook andere overwegingen spelen een rol. Bijvoorbeeld de factoren ‘maatschappelijke acceptatie’ en ‘maatschappelijke voorkeur’. Zo blijkt dat maatregelen als fotonvoltaïsche zonne-energie (zonnecellen) appelleren aan een zekere intuïtie dat het ooit de kant op moet van een energievoorziening die volledig op hernieuwbare bronnen is gebaseerd. Een dergelijke intuïtie wordt met een criterium als kosteneffectiviteit niet ‘gehonoreerd’. Kosteneffectiviteit als criterium leidt immers tot de inzet van de goedkoopste opties – voor zover de kennis nu strekt – terwijl daaraan ook andere voor- en nadelen verbonden zijn, die eenieder anders weegt. Tabel 2 gaf dat al aan. Het is hier echter niet de bedoeling een uitvoerige discussie over de pro’s en contra’s van de verschillende opties in gang te zetten, maar om een beeld te krijgen van de kosten die de samenleving ongeveer zou moeten maken om het klimaatprobleem het hoofd te bieden. Voor dat doel voldoet het criterium kosteneffectiviteit juist prima. Als maar duidelijk is dat dit niet het enige criterium is, en dat de energievoorziening die hier geschilderd wordt dus ook niet de enige echte CO₂-arme energievoorziening zou zijn.

Deze schets gaat uit van een gefaseerde overgang naar een schone energievoorziening. Onder een schone energievoorziening verstaan we een energievoorziening die gebaseerd is op CO₂-loze finale energiedragers die emissieloos of emissie-arm zijn geproduceerd, zodanig dat de energievoorziening nog maar ongeveer een kwart van de huidige CO₂-uitstoot met zich meebrengt. Concreet gaat het om de volgende finale energiedragers: elektriciteit, warm water, stoom, waterstof, biogas en biofuels zoals biomethanol, bio-ethanol en biodiesel (bij biofuels is sprake van een netto CO₂-emissie van nul). Voor de productie van deze dragers kan worden gekozen uit een groot aantal productieopties. Hierdoor ontstaat een flexibel systeem dat zowel geschikt is om op korte termijn een begin te maken met een forse CO₂-reductie, alsook om de transitie naar een duurzame energievoorziening in te luiden. Vanuit het klimaatbeleid komt de noodzaak om over te gaan op CO₂-loze finale energiedragers voort uit het feit dat veel van de huidige CO₂-emissies ontstaan bij een groot aantal verspreide bronnen, zoals voertuigen en gebouwen (zie onder meer Rooijers et al., 1996). In de Nederlandse energievoorziening worden op dit moment voornamelijk de volgende finale energiedragers ingezet: elektriciteit, aardgas, benzine, diesel en in beperkte mate warm water en stoom. De overstap naar een CO₂-armere energievoorziening zal, op het niveau van finale energiedragers, vooral een substitutie van aardgas, benzine en diesel vereisen. Als finale energiedrager kunnen andere gassen aardgas vervangen, zoals waterstof en biogas. In sommige gevallen is het ook mogelijk om de functie die aardgas vervult door andere, niet-gasvormige dragers te laten vervullen. Zo kan bijvoorbeeld ruimte- of tapwaterverwarming met behulp van elektrische warmtepompen plaatsvinden. Benzine en diesel voor gebruik in verbrandingsmotoren van voertuigen kunnen worden gesubstitueerd door biomethanol en biodiesel. Bij elektrische tractie zijn ook brandstofcellen te gebruiken, die dan met biofuel of waterstof worden gevoed.

Wat is nu de kern van de ontwikkelingslijn? Uitgaande van de huidige situatie wordt per fase aangegeven welke extra maatregelen worden genomen. De daadwerkelijke ontwikkelingslijn kan er, afhankelijk van maatschappelijke preferenties en van technische en economische ontwikkelingen, op onderdelen anders uitzien. Zo is bijvoorbeeld denkbaar dat op korte termijn duurdere opties, zoals zonne-energie, worden ingezet in verwachting de kosten daarvan op middellange termijn flink te drukken.

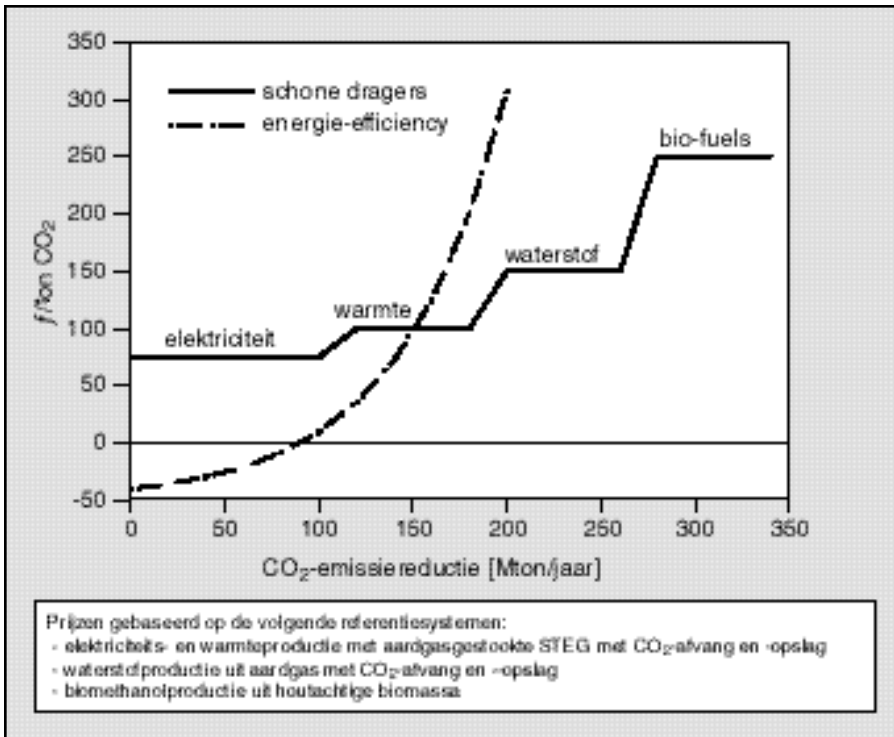
Tabel 3 Schematisch overzicht van de gefaseerde verandering van de Nederlandse energievoorziening in deze eeuw, ten opzichte van 2000.

Periode	Extra maatregelen
2000-2010	tot f 100 per ton CO ₂ : - Energiebesparing - Windenergie - Warmtelevering - CO ₂ -opslag bij waterstoffabriek
2010-2020	tot f 200 per ton CO ₂ : - Energiebesparing - Windenergie - Warmtelevering - Deels biomassa voor gecombineerde opwekking van elektriciteit en warmte - CO ₂ -opslag bij processen met fossiele brandstoffen (elektriciteitscentrales, waterstof- en methanolfabriek)
2020-2050	tot f 300 per ton CO ₂ : - Energiebesparing - Biomassa voor brandstofproductie - Substitutie van aardgas door elektriciteit en waterstof bij kleinverbruikers

Overeenkomstig de mondiale energiescenario's gaat het aandeel hernieuwbare energie pas na 2020 sterker groeien. De bijdrage van hernieuwbare energie zal na 2020 voornamelijk worden geleverd door moderne biomassatoepassingen (wkk: warmtekrachtkoppeling en biofuels). Omdat kosteneffectiviteit van de maatregelen in de geschetste lijn de doorslag geeft, speelt fotovoltaïsche zonne-energie in deze schets geen rol van betekenis. Dat pakt mogelijk anders uit als andere criteria zwaarder wegen, en bovendien: de kosteneffectiviteit kan in de loop van de tijd door leereffecten veranderen. Shell bijvoorbeeld gaat ervan uit dat dit zal gebeuren en investeert in productiecapaciteit van zonnecellen. Maar ook bij een forse kostprijsverlaging tot 35 ct/kWh, zoals door McKinsey (1999) op korte termijn haalbaar wordt

geacht, blijven de CO₂-reductiekosten relatief hoog, een kleine duizend gulden per ton.

Voor de kosten van schone energiedragers en energie-efficiencymaatregelen is uitgegaan van de aanbodkostencurves zoals die in figuur 13 zijn weergegeven (Beeldman et al. (1998) en Williams et al. (1995)). Hierbij is uitgegaan van een olieprijs van 20 \$ per vat.



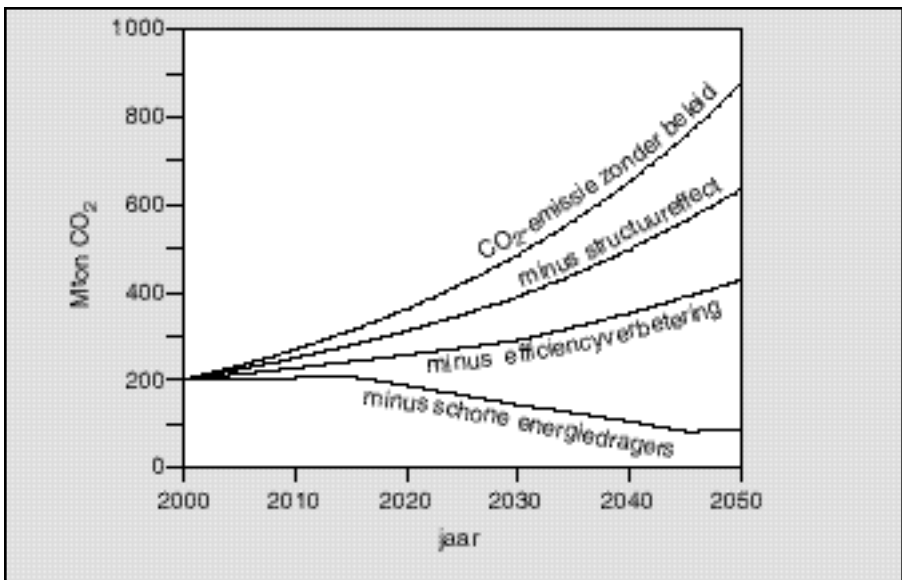
Figuur 13 Aanbodcurves voor CO₂-emissiereductie in Nederland (uitgaande van een olieprijs van 20 \$ per vat) laten zien dat vanaf ca. f 150,- per verminderde ton CO₂ schone energiedragers aantrekkelijker worden dan verder gaande efficiencyverbetering (Bronnen: Beeldman et al. (1998) en Williams et al. (1995)).

Alle kosten zijn constant verondersteld over de gehele zichtperiode. De maximale kosten bedragen f 300 per gereduceerde ton CO₂. De kosten zijn gebaseerd op huidige inzichten, zonder rekening te houden met leereffecten. De werkelijke kosten kunnen daardoor 30 tot 50% lager uitvallen. Daarnaast zijn de kosten van maatregelen sterk afhankelijk van de prijzen van fossiele brandstoffen. Indien de fossiele brandstofprijs hoger wordt dan 20 \$ per vat – de prijs die hier is aangenomen – dan zullen de efficiencymaatregelen en de vernieuwbare bronnen relatief goedkoper

worden. Indien de prijs daalt, zullen juist de ontkoolde fossiele energiedragers relatief goedkoper worden.

Vermoedelijk zal de hier gepresenteerde kostenschattning in de beginfase van de beleidsontwikkeling, als ontwikkeling van technieken nog flink op gang moet komen, een goede leidraad zijn. Later zal de kostenschattning vermoedelijk aan de ruime kant zijn. Ook komen dan andere opties in beeld, zoals zonne-energie, waarvoor hier vooralsnog hoge prijzen zijn verondersteld.

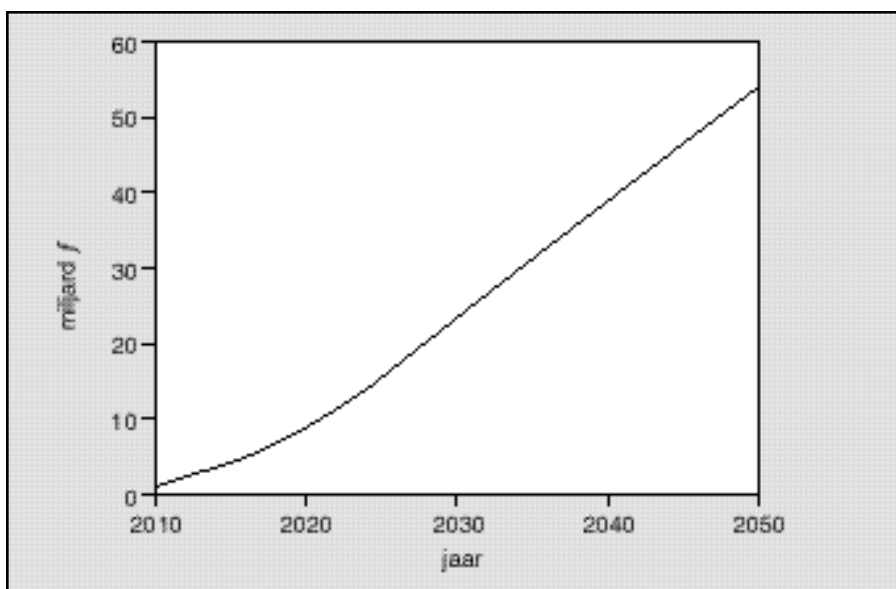
Uitgaande van een post-Kyotobeleid dat inzet na 2015, zijn de kosten bepaald voor een geleidelijke emissiereductie van 75% in 2050 ten opzichte van het niveau in 2000. De kosten bestaan uit kosten voor autonome en prijsgeïnduceerde efficiencymaatregelen en uit kosten voor de productie van schone energiedragers. In figuur 14 is weergegeven welke bijdrage de maatregelen leveren en wat de bijdrage is van autonome en prijsgeïnduceerde structuurveranderingen (hierbij zijn als uitgangspunten gehanteerd dat de economische groei in de beschouwde periode 3% per jaar is, dat de autonome ontwikkeling van de energie-efficiency 0,5% per jaar is, het structureffect (autonoom) 0,5% per jaar is, dat prijselasticiteit van energie-efficiency -20% bedraagt en elasticiteit van het structureffect -10%). Elasticiteit is de mate waarin een grootheid, bijvoorbeeld de energie-efficiency, verandert als gevolg van een verandering van een andere grootheid, bijvoorbeeld de prijs).



Figuur 14 De CO₂-emissie in Nederland kan drastisch verminderen (onderste lijn); verschillende maatregelen dragen daaraan bij: efficiencyverbeteringen, structureffecten en schone energiedragers.

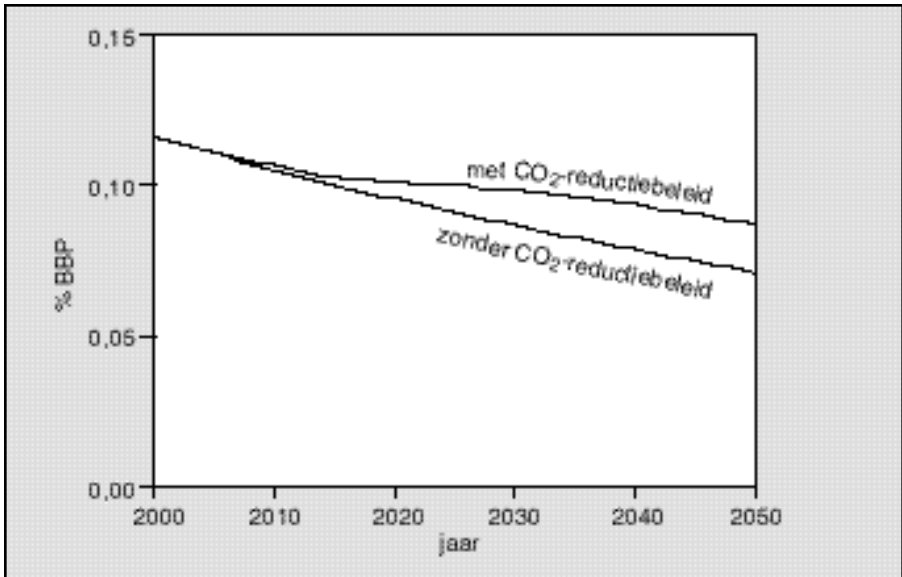
Uit figuur 14 blijkt dat de verlaging van de koolstofintensiteit een ongeveer even grote bijdrage levert aan de emissiereductie als de verlaging van de energie-intensiteit (structureffect en efficiencyverbetering samen). Het structureffect en een groot deel van de efficiencyverbetering zijn prijsgeïnduceerd vanwege de inzet van schone, en dus duurdere, energie.

Uitgaande van de kostencurves en de ontwikkeling van de CO₂-emissie zoals in figuur 14 geschetst, zijn de absolute en relatieve kosten voor CO₂-reductie bepaald. Figuur 15 geeft een beeld.



Figuur 15 De geschatte kosten van CO₂-emissiereductie in Nederland lopen tot 2050 geleidelijk op. Aannname is dat reductie volledig binnenlands plaatsvindt.

Bedenk hierbij dat hoewel de kosten voor CO₂-reductie fors stijgen, de relatieve kosten maar licht omhoog gaan. Een groei van het BBP van 3% per jaar leidt immers tot een inkomen dat in het jaar 2050 340% hoger is dan nu. Ten opzichte van het BBP blijven de extra kosten voor CO₂-emissiereductie dan ook onder de 2%. Bedenk ook dat de kosten behoudend zijn ingeschat; een kostenschatting van 1 à 2% van het BBP zou in dat opzicht een redelijk realistisch beeld kunnen geven. Ter vergelijking, in 1997 is in Nederland bijna 85 miljard gulden door de eindverbruikers aan energie uitgegeven, inclusief veredeling, transport, distributie, heffingen, accijnzen, BTW etc. (CBS, 1998). De energiekosten bedroegen in 1997 ca. 12% van het Bruto Binnenlands Product.



Figuur 16 Indicatie van de Nederlandse energiekosten (inclusief belastingen, verdeling en distributie), met en zonder additioneel klimaatbeleid (t.o.v. 1990), als percentage van het BBP in marktprijzen van 1997.

Indien de kosten van het CO₂-reductiebeleid in de energiekosten zouden worden verdisconteerd stijgen deze met ongeveer 20%. De energiekosten als percentage van het BBP blijven echter dalen omdat het BBP sterker groeit dan het energieverbruik.

De essentie van de hier geschetste ontwikkelingslijn is dat vergaand klimaatbeleid mogelijk is tegen beperkte meerkosten, in vergelijking met het nationaal inkomen. De energiegerelateerde CO₂-uitstoot kan fors gereduceerd worden door een gefaseerde herstructurering van de energievoorziening. De overstap op schone energie zal echter geenszins autonoom plaatsvinden. De maatschappij moet kiezen voor een oplossing en ook voor de bijbehorende consequenties: stijgende energieprijzen, waardoor productie- en consumptiepatronen worden beïnvloed en waardoor de inkomensgroei iets minder groot wordt dan anders het geval zou zijn.

De schets laat zien dat succesvol klimaatbeleid vereist dat maatschappelijke keuzes worden gemaakt. De cruciale vraag is of wij bereid zijn om een begin te maken met een grootscheepse transitie naar een CO₂-arme energievoorziening en de, naar het oordeel van de auteurs beperkte, consequenties daarvan te aanvaarden.

5 Nederlands klimaatbeleid

Nederlands klimaatbeleid in internationale context

De vorige hoofdstukken bevatten een redenering ‘ten principale’: wat zou er eigenlijk – wereldwijd – moeten gebeuren. Het lukt alleen om dat pad te volgen als een groot deel van alle landen meedoet. Betekent dit dat Nederland lijdzaam moet afwachten tot internationaal klimaatbeleid tot stand komt? Allesbehalve. Nederland kan een actieve rol vervullen. In dit hoofdstuk schetsen we de strategie die Nederlandse bedrijven, consumenten en overheid het beste zouden kunnen volgen, gelet op het feit dat de klimaatrace mondiaal nog lang niet gelopen is.

Het spreekt voor zich dat Nederland niet in zijn eentje een ingrijpende wijziging van de energievoorziening kan realiseren zoals die in het vorige hoofdstuk is geschetst. Dit geldt met name voor technologische ontwikkelingen aan de vraagzijde. Zo vereist dit traject bijvoorbeeld dat de waterstoftechnologie verder wordt ontwikkeld. Ook moeten veel energiezuiniger apparaten en voertuigen worden ontwikkeld. Om deze technologieën marktrijp te maken, is zowel internationale research en development (R&D) als een internationale markt vereist. Ook op het gebied van energie- en materiaalefficiency en vernieuwbare energiebronnen is daarnaast een versterking van de internationale samenwerking op het gebied van programma-uitvoering gewenst.

Nederland kan het niet alleen, maar zelfs als Nederland het wel alleen zou kunnen zet dat toch geen zoden aan de dijk. Het Nederlandse aandeel aan de mondiale CO₂-emissies ligt iets onder de 1%. Zelfs een volledig CO₂-loze energievoorziening van Nederland alléén zou dus maar een druppel op een gloeiende plaat zijn.

Om het klimaatprobleem aan te pakken is dus op internationale schaal een transformatie van de energievoorziening noodzakelijk. In principe is dit ook mogelijk. Regionale verschillen zullen vooral tot uiting komen in de keuze van de primaire energiebronnen. Zo zal bijvoorbeeld in Zuid-Amerika meer gebruik gemaakt worden van vernieuwbare bronnen zoals biomassa en waterkracht, terwijl in het eindgebruik voor een groot deel dezelfde dragers zullen worden toegepast als in Nederland. In rurale gebieden daarentegen waar vaak geen netgekoppelde elektriciteitsvoorziening bestaat, biedt de toepassing van stand-alone zonnecelsystemen perspectief. Dit alles is in lijn met een ontwikkeling die, los van klimaatbeleid, door IIASA en WEC (Nakićenović, 1998) wordt voorzien: een convergentie naar een beperkt aantal schone en gemakkelijke energiedragers in het finale verbruik, en een verbreding van de inzet van verschillende primaire energiebronnen.

Verder is denkbaar dat verschillende regio's zich ontwikkelen tot exporteurs van 'schone' brandstoffen. Denk bijvoorbeeld aan de export van biobrandstoffen uit Latijns Amerika of aan de export van waterstof uit gasproducerende landen zoals

Rusland en Noorwegen waar CO₂ direct in de gasvelden zou kunnen worden opgeslagen.

Indien op internationale schaal een daadwerkelijke start wordt gemaakt met een transformatie van de energievoorziening kunnen de kosten hiervoor veel lager uitvallen dan in hoofdstuk 4 is aangegeven. Hierbij spelen twee factoren mee: ten eerste worden vanwege het schaalvoordeel de productietechnieken voor efficiënte apparaten en schone energiedragers goedkoper en ten tweede bestaat de mogelijkheid om in CO₂-reducties te handelen, zodat kosteneffectievere oplossingen gekozen kunnen worden. Dit tweede punt is in hoofdstuk 3 aan de orde geweest.

Een succesvol klimaatbeleid vereist dus een mondiale aanpak. Aan de ene kant moeten alle partijen zich committeren aan verdergaande emissiereductie, waarbij verschillende landen verschillende verantwoordelijkheden hebben. Aan de andere kant moeten de krachten op het technologische vlak worden gebundeld. De belangrijkste bijdrage die Nederland daarom aan het klimaatbeleid kan leveren is een maximale inzet voor verdergaande internationale afspraken. Hoe zouden die eruit moeten zien? En hoe zou een nationaal beleid eruit moeten zien dat zowel gericht is op publieke acceptatie van vergaand klimaatbeleid als op effectiviteit en efficiëntie van beleid?

Nederland als voorvechter voor internationale afspraken

Om tot een effectieve aanpak van het klimaatprobleem te komen, zijn verdergaande internationale afspraken vereist. Nederland levert de beste bijdrage door zich, bij voorkeur samen met Europa, maximaal in te zetten voor verdergaande internationale afspraken. Concreet houdt dit in dat Nederland zich sterk maakt voor het dichtenvan de gaten van het Kyoto-protocol, zich actief inzet voor de totstandkoming van een internationaal meersparenbeleid en een voorbeeldfunctie vervult bij de ontwikkeling van technologie en instrumenten.

Een voorbeeldfunctie levert geen directe bijdrage aan de aanpak van het klimaatprobleem. Wel kan Nederland hiermee laten zien dat een forse CO₂-reductie tegen aanvaardbare kosten mogelijk is (zie hoofdstuk 4). Hiermee levert Nederland op indirecte wijze een bijdrage aan de vergroting van het draagvlak voor verdergaande internationale afspraken. De geloofwaardigheid van een maximale Nederlandse inzet in de internationale klimaatonderhandelingen neemt hierdoor toe. Bovendien zal de koudwatervrees bij andere landen hierdoor kunnen afnemen. Zeker wanneer duidelijk wordt dat Nederlandse bedrijven de zogenaamde 'first mover' vruchten plukken. Hiermee bevordert Nederland dat voor een volgende periode (het Kyoto-protocol bevat alleen maar afspraken tot 2012) hardere afspraken over emissiereductie kunnen worden gemaakt.

Ook kan Nederland CO₂-reductiebeleid verder ontwikkelen door bijvoorbeeld de handelsaspecten verder uit te werken.

Publieke acceptatie

Publieke acceptatie van vergaand klimaatbeleid vereist een maatschappelijke dialoog. Dit geldt vooral voor geïndustrialiseerde landen zoals Nederland, die hun emissies fors moeten reduceren. Tijdens zo'n dialoog moeten twee zaken duidelijk worden. Ten eerste dat de risico's van klimaatverandering niet verwaarloosbaar zijn, en ten tweede dat de risico's beheersbaar zijn tegen relatief lage maatschappelijke kosten. In deze publicatie zijn beide zaken plausibel gemaakt.

Techniek biedt hierbij het meest concrete aangrijppingspunt voor CO₂-emissiereductie. Technische maatregelen zijn effectief en sturen het gedrag op een indirecte wijze. Duurdere schone energie lokt op indirecte wijze energiezuinig gedrag uit. Het prijzeffect zorgt ervoor dat minder energie wordt verbruikt en het inkomenseffect zorgt ervoor dat de bestedingsruimte van de consument, en het daarmee gepaard gaande energieverbruik, iets minder hard groeit. De afname van de bestedingsruimte bedraagt 1 à 2% van het BBP terwijl het BBP zelf over een periode van 50 jaar met bijna 340% toeneemt.

Om de publieke acceptatie te bevorderen moet deze boodschap eerlijk en duidelijk gebracht worden. Het zijn eenvoudigweg de kosten die gemaakt moeten worden om huidige en toekomstige generaties te beschermen tegen de risico's van klimaatverandering. Bij een accent op technische maatregelen in plaats van op directe sturing op verandering van gedrag, zal de bijdrage van de Nederlander aan de oplossing van het klimaatprobleem vooral tot uiting komen in het (willen) betalen van de extra kosten. Zolang dit op een verantwoorde manier plaatsvindt is een negatieve associatie met afkoopgedrag niet terecht.

Nationaal CO₂-reductiebeleid: sturen op schone energie

Internationaal klimaatbeleid gebaseerd op de Kyoto-systematiek, betekent dat emissierechten aan landen worden toegekend. Op welke wijze de verschillende landen omgaan met de emissierechten die hen worden toegemeten, is een nationale zaak. Uitgaande van een systeem van internationaal verhandelbare emissierechten, dient vanuit economische overwegingen de internationale handelsprijs het belangrijkste richtsnoer van het Nederlandse klimaatbeleid te zijn. Hierbij gaat het echter om meer dan de handelsprijs op korte termijn. De verwachte prijsontwikkeling is net zo belangrijk, en verder speelt ook de wens om de economische risico's te beperken een rol. Risicobeperkend beleid op dit terrein zal veel gelijkennis vertonen met het energiebeleid zoals na de oliecrisis is gevoerd. Hierbij staat dan ook de vraag centraal hoeveel emissies Nederland zelf zal reduceren en hoeveel emissierechten Nederland zal inkopen.

Stel dat Nederland, evenals andere landen, een stringent emissieplafond heeft - hoe zou het nationale beleid er dan op hoofdlijnen uit moeten zien?

Het beleid zal zowel oude als nieuwe elementen bevatten. Het belangrijkste nieuwe element is de stimulering van een grootschalige introductie van schone energie. Deze stimulans levert een bijdrage aan de verlaging van de koolstofintensiteit, en tegelijkertijd, vanwege de daarmee gepaard gaande kostenverhoging, aan het verhogen van de materiaal- en energie-efficiency en aan een energie-extensievere sociaal-economische ontwikkeling. Mogelijk wordt bijvoorbeeld een deel van de materiaal- en energie-intensieve consumptie vervangen door consumptie van diensten.

De overheid beperkt zich tot het stellen van randvoorwaarde en kiest de instrumenten die daarbij passen. Hiermee wordt aan de creativiteit van de markt overgelaten welke concrete middelen worden gekozen om de doelen te bereiken. Op deze manier worden zowel kosteneffectiviteit als innovatie gestimuleerd. De volgende generieke instrumenten voldoen aan deze eisen.

Voortschrijdende normstelling voor producten

Het instrument normstelling is een geschikt instrument in situaties waarin sprake is van lage prijselasticiteiten, hoge transactie- en informatiekosten en een latente vraag naar milieuvriendelijke producten die niet automatisch tot het bijpassende aanbod leidt. Denk hierbij aan productnormen ter verhoging van de energie- of koolstofefficiency en aan normen voor energiedragers. Door de normen voor bijvoorbeeld woningen (Energie Prestatie Norm), apparaten, auto's en voertuigen periodiek aan te scherpen kan de industrie hierop anticiperen.

Wat betreft de laatste optie kan zowel de maximale CO₂-inhoud (bijvoorbeeld de gemiddelde CO₂-uitstoot per kWh) als een minimaal aandeel vernieuwbare energie worden genormeerd. Indien gewenst kan ook door middel van verhandelbare 'Groencertificaten' of 'CO₂-reductierechten' aan de normen worden voldaan. Verder is denkbaar dat in de toekomst ook materiaalnormen worden gesteld om zo het materiaalverbruik per eenheid product te beperken.

Verhandelbare CO₂-emissierechten of heffingen

Financiële instrumenten zoals verhandelbare rechten en heffingen, zijn geschikte instrumenten indien sprake is van grote verbruikers die over voldoende informatie ten aanzien van alternatieven beschikken.

Om de totale emissie die samenhangt met het energieverbruik te beperken, kan bijvoorbeeld op nationaal niveau een systeem van verhandelbare CO₂-emissierechten voor de hele energiesector worden ingevoerd. Producenten en importeurs van energie zouden bijvoorbeeld verplicht kunnen worden om over emissierechten te beschikken voor de hoeveelheid fossiele koolstof in de brandstoffen die ze op de

markt brengen. Grote bedrijven zoals Shell en BP hebben nu intern al zo'n CO₂-handelssysteem.

Vergroting aanbod schone energie

Een deel van de consumenten is bereid om op vrijwillige basis meerkosten te dragen voor schonere producten. Dit geldt bijvoorbeeld voor elektriciteit uit vernieuwbare bronnen, de zogenaamde 'Groene Stroom'. Uit een recent onderzoek in opdracht van VROM (Weenig et al., 1998) blijkt bovendien dat sommige consumenten ook bereid zijn om producten "met klimaatcompensatie" te kopen (zie kader Markt voor producten met klimaatcompensatie). Net als voor 'Groene Stroom' is er dus een markt voor een milieuvriendelijker alternatief. Op dit moment worden er echter nauwelijks producten "met klimaatcompensatie" aangeboden. Het is dus zaak om producenten te stimuleren om deze producten aan te bieden. Hierbij zouden vergelijkbare middelen ingezet kunnen worden als voor energie uit vernieuwbare bronnen: bijvoorbeeld investeringsaftrek, fiscale stimulering (b.v. (gedeeltelijke) vrijstelling van de regulerende energiebelasting), certificering en milieukeur.

Markt voor producten met klimaatcompensatie

Het Ministerie van VROM heeft een marktonderzoek laten verrichten naar de bereidheid van consumenten om extra te betalen voor zogenaamde "producten met klimaatcompensatie". Het gaat hierbij om producten waarbij de vrijkomende CO₂-emissie wordt gecompenseerd door de aankoop van emissiereducties elders.

Er is onderzocht welke maximale meerprijs de consument acceptabel vindt voor een "product met klimaatcompensatie". Door middel van een representatieve steekproef zijn de acceptabele meerprijzen voor benzine, gas, elektriciteit en vliegtuigtickets in kaart gebracht:

Product met klimaatcompensatie	Gemiddelde maximaal acceptabele meerprijs
Brandstof	0,32 f/l
Gas	0,14 f/m ³
Elektriciteit	0,09 f/kWh

Uit dit onderzoek bleek verder dat 30% van de ondervraagden volgens eigen zeggen bereid is om minimaal 20 cent extra per liter benzine uit te willen geven indien het gaat om benzine met klimaatcompensatie. Voor aardgas en elektriciteit zijn de aangegeven meerprijzen per ton gecompenseerde CO₂ vergelijkbaar. Dit komt erop neer dat 30% van de ondervraagden bereid is om f 50 tot f 100 per ton CO₂-reductie uit eigen zak te betalen. Er dus een markt voor dergelijke producten.

Vergroening van belastingen

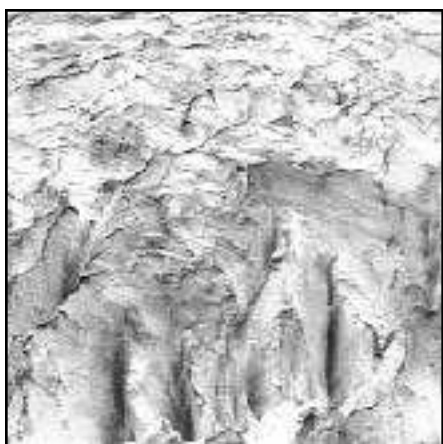
Belastingen op milieubasis geven prikkels om minder CO₂ uit te stoten. De ingevoerde 'ecotax', die voor kleinverbruikers geldt, is een voorbeeld van een dergelijke belasting. Door een voldoende hoge ecotax in te voeren, kunnen schone energiedragers concurreren met fossiele energiedragers.

Verdergaand beleid zou betekenen dat de ecotax verder wordt verhoogd en dat deze belasting over alle sectoren wordt geheven. Om ook een ecotax in de exportindustrie in te kunnen voeren is een gezamenlijke aanpak van nationale overheden noodzakelijk.

Nederland zou zich ook op Europees niveau sterk moeten maken voor de invoering van deze instrumenten. Vanwege de komst van een geliberaliseerde Europese energiemarkt is zeker voor het instellen van productnormen voor energie Europese wetgeving vereist. Nederland kan nu alleen maar eisen stellen aan de kwaliteit van de energie die in Nederland wordt afgenomen (bijvoorbeeld x% duurzame energie).

Een productnorm die de mogelijkheid biedt om eisen te stellen aan het product, zoals aan de herkomst van biomassa uit duurzame productiebossen bijvoorbeeld, en aan het koolstofgehalte is wenselijk.

Daarnaast zouden instrumenten die energie-intensief gedrag stimuleren juist moeten worden afgeschaft. Dit geldt bijvoorbeeld voor de zogenoemde klimaatschadelijke subsidies (een inventarisatie van klimaatschadelijke subsidies is uitgevoerd door Bleijenberg et al. (1998)). Veelal gaat het hierbij om indirecte subsidies, te omschrijven als vrijstellingen of verlaagde tarieven van normale belastingen. Voorbeelden zijn de vrijstelling van BTW op vliegtickets en de vrijstelling van grootverbruikers voor de ecotax.



Het gelijk van Arrhenius – een nawoord

Jan Paul van Soest

Eind 1999 is een storm over Frankrijk getrokken die zijn gelijke in de geschiedenis niet kent. Tweederde van het land werd tot rampgebied uitgeroepen. Het aantal extreme weersomstandigheden is in de afgelopen 10 jaar flink toegenomen, evenals de schade die ze veroorzaakten. De laatste jaren waren de warmste decennia van het afgelopen millennium. Bewijzen voor het bestaan van het versterkte broeikaseffect? Dat misschien nog niet, maar wel sterke aanwijzingen. Wetenschappers raken er in toenemende mate van overtuigd: de mens is, onder meer door zijn energiegebruik, medeveroorzaker van veranderingen in het klimaat op aarde, met een toenemende kans op grote en onomkeerbare problemen voor economie, natuur en samenleving. De Zweedse natuur- en scheikundige Arrhenius sprak erover aan het einde van de 19^e eeuw, en hij blijkt een kleine honderd jaar later het gelijk aan zijn zijde te hebben.

De huidige inzichten zijn even zovele redenen voor ongerustheid over wat we doen met de aarde, en uiteindelijk dus ook met onszelf en onze kinderen en kleinkinderen. Maar wat zo mogelijk nog ongeruster maakt is de relatief geringe aandacht die er in politiek en samenleving naar de klimaatproblematiek uitgaat. Zeker, we hebben vorderingen gemaakt sinds 1896. Er worden op gezette tijden conferenties gehouden, zoals die in Kyoto, in 1997, maar de uitvoering van de principeafspraken van toen blijkt een uiterst moeizaam proces. De kans dat we de doelstellingen halen die in Kyoto zijn afgesproken lijkt me vrij klein. En zeker, op gezette tijden zijn er conferenties en debatten over de klimaatproblematiek, ook in Nederland. Ze spelen echter in betrekkelijk kleine kring, en staan ver weg van de burger. Ik vraag mij sterk af of de samenleving als geheel zich voldoende bewust is van de risico's die we nemen. We willen de risico's liever niet zien. En we kunnen stellig niet nog een eeuw wachten met ingrijpende maatregelen.

Waarom we de risico's niet willen zien laat zich raden, maar waarschijnlijk hangt dit samen met de angst dat onze welvaart een flinke knauw krijgt als we de problematiek werkelijk zouden aanpakken. Wie bang is voor de oplossing vindt psychologisch gesproken een gemakkelijke uitweg door het probleem niet onder ogen te zien.

Deze publicatie maakt duidelijk: aanvullend klimaatbeleid is nodig, het kan technisch en beleidsmatig, en de kosten lijken alleszins aanvaardbaar. Vermindering van klimaatrisico's is mogelijk, maar kost wel geld: als we er jaarlijks 1 à hooguit 2% van het nationaal inkomen voor zouden uittrekken, zou het probleem opgelost worden. Dat is niet niks, maar het is ook niet terug naar het stenen tijdperk, waar sommigen bang voor lijken.

Daar draait het om: zijn we bereid om elk jaar, gelet op de risico's van klimaatverandering, dit bedrag aan de oplossing te besteden, of vinden we de oplossing erger dan het probleem? Dat is de kern van de maatschappelijke en politieke discussie die nodig is.

In het kielzog van deze kernvraag dienen zich enkele aanvullende vragen aan.

Om te beginnen vragen rond de mogelijkheden van de techniek. Technisch kan er veel, maar de techniek komt er niet vanzelf, alleen als we beleidsmaatregelen treffen. Zijn we ook bereid die te treffen? En zijn we dan ook bereid de neveneffecten (enige economische consequenties en gedragsveranderingen als gevolg van de duurdere schone energie) te aanvaarden? Voor het klimaatbeleid zijn de neveneffecten overigens alleen maar gunstig. Nog een vraag rond technologie: elke technologie heeft – vaak onverwachte – neveneffecten: gevolgen voor gedragspatronen, sociale verbanden, milieu en natuur, opvattingen en houdingen of dergelijke. Edward Tenner beschrijft prachtige, trieste en verrassende voorbeelden in zijn boek 'Why things bite back'. De mogelijke neveneffecten van bijvoorbeeld ondergrondse CO₂-opslag of van een grootschalig gebruik van biomassa zijn nog onvoldoende uitvoerig in kaart gebracht, en de onverwachte neveneffecten zijn per definitie niet in kaart te brengen. Moet de vrees voor voorzienbare en onverwachte bijeffecten van energiebronnen als biomassa en ontkoolde fossiele brandstoffen reden zijn voor terughoudendheid, en reden om andere aangrijpingspunten voor beleid te kiezen? En wat is dan het alternatief?

Deze vraag leidt direct naar een tweede groep van discussiepunten: die over andere aangrijpingspunten voor acties, met name de bevolkings(groei) en de structuur en omvang van de economie, zoals die uitkristalliseren in het Bruto Binnenlands Product (BBP). Deze blijven in dit boekje – bewust – buiten beschouwing: De redenen daarvoor zijn begrijpelijk. Discussies over bevolkingsgroei kunnen oeverloos zijn, zonder enig handelingsperspectief, en ze ontaarden gemakkelijk in een onvruchtbaar welles-nietes. Met discussies over het BBP kan het al snel op een vergelijkbare manier mislopen. Ze dreigen te eindigen in dooddoeners als "de mensen willen nu eenmaal steeds meer inkomen", "de vooruitgang hou je toch niet tegen", of "we moeten matigen om de wereld te redden". Met dergelijke discussies schieten we inderdaad niet veel op.

Maar het is ook wel mogelijk deze onderwerpen op een andere manier te behandelen en te bespreken, bijvoorbeeld op de analytische manier die dit boekje kenmerkt. Zelf denk ik dat door dergelijke vragen wel te behandelen de benodigde politieke en maatschappelijke discussie aan kracht wint, en dat de voorgestelde technische oplossingsrichting erdoor in een helderder perspectief komt te staan. Bijvoorbeeld het nastreven van een verschuiving in de economische structuur zou een oplossing kunnen zijn – let wel: zou kunnen, ik weet niet op voorhand of dat zo is – die meer aansluit bij de maatschappelijke behoeften en zo bezien zelfs 'goedkoper' is, dan het treffen van technische maatregelen die op de lange termijn zo'n f 300,- per vermeden ton CO₂ zouden kunnen kosten.

Een derde discussiepunt is misschien wel het meest fundamenteel: dit betreft de vraag naar de milieuschade in brede zin die onze almaar uitdijende economie

veroorzaakt. Energie is de brandstof voor onze economie, en dankzij energie kunnen enorme, en steeds groter wordende materiaalstromen worden 'rondgepompt', met alle effecten over de hele keten vandien. Is dit een houdbare ontwikkeling, of moet er op zeker moment een rem op het systeem?

Een laatste discussiepunt is de rol van emoties, in het bijzonder de wens om zelf als individu, groep of bedrijf aan oplossingen bij te dragen. In de hier geschetste visie wordt het probleem voor de mensen, maar niet direct door de mensen opgelost, door andere vormen van energie aan te bieden. Is dat de weg, of moet daarnaast niet ook wat gebeuren met persoonlijke betrokkenheid en de behoefte aan een individueel handelingsperspectief?

Ik denk dat deze discussiepunten bespreekbaar moeten worden gemaakt, en het lijkt me bij uitstek de rol van een 'Bezinningsgroep' om ook tot bezinning op demografisch, economisch en emotioneel vlak op te roepen. Ik zou dan ook graag een deel II van dit boekje willen bepleiten, waarin deze en dergelijke vraagstukken aan de orde komen.

Met deze kanttekeningen wil ik echter allesbehalve afdingen op de grote waarde van deze publicatie voor de discussie, hooguit een soort gebruiksaanwijzing geven. Dit boekje is een uitstekend vertrekpunt voor het maatschappelijk proces dat de Bezinningsgroep bepleit. Hoe zo'n proces eruit moet zien is nog een open vraag, de noodzaak ervan staat echter als een paal boven water. En de vraagstelling is volstrekt helder: wat vinden we erger, het klimaatprobleem of de oplossing ervan, gelet op de risico's en gelet op de kosten om deze te verminderen? Die vraag zou met stip op de maatschappelijke en politieke agenda's moeten komen. Want we kunnen niet, zoals Arrhenius, nog eens 100 jaar wachten totdat het probleembesef in handelingsbereidheid wordt omgezet.

ir. J.P. van Soest is Directeur Strategie van het CE in Delft, en daarnaast onder meer lid van de Algemene Energieraad, en voorzitter van de Commissie Energieonderzoek.

Literatuurlijst

Beeldman, M. et al. (1998) *Optiedocument voor emissiereductie van broeikasgas - sen: inventarisatie in het kader van de Uitvoeringsnota Klimaatbeleid*, ECN, Petten.

Bergsma, G.C., S.A.H. Moorman, J. Verlinden en F.G.P. Corten (1997) *Het potentieel van PV op daken en gevels in Nederland* (versie 2.2), CE, Delft.

Bleijenberg, A.N., M.D. Davidson en B.A. Leurs (1998) *Klimaat schadelijke subsidies: Inventarisatie voor Nederland*, CE, Delft.

CBS (1998) *Nationale Rekeningen 1997*, Sdu, Den Haag.

CPB (1997) *Economie en fysieke omgeving - Beleidsopgaven en oplossingsrichtingen 1995-2020*, Sdu, Den Haag.

Claussen, E. en L. McNeilly (1998) *Equity & Global climate change: The complex elements of global fairness*, Pew Center on Global Climate Change, Arlington, USA.

Davidson, M.D. (1995) *Liberale grondrechten en milieu*, Milieu, nr. 5.

Francis, D. en H. Hengeveld (1998) *Extreme Weather and Climate Change*, Climate and Weather Products Division, Atmospheric Environment Service, Ontario, Canada.

Grubb, M en J.K. Sebenius (1992) *Participation, Allocation and Adaptability in International Emission Permit Systems*. In: *Climate Change: Designing a Tradable Permit System*, OECD, Paris.

Gupta, J., C.J. Jepma en K. Blok (1998) *International climate change policy: Coping with differentiation*, Milieu, nr.5, p. 264-274.

Etheridge, D. M., Steele, L. P., Francey, R. J., en Langenfelds, R. L. (1998) *Atmospheric methane between 1000 A.D. and present: evidence of anthropogenic emissions and climatic variability*, *Journal of Geophysical Research*, 103 (D13), p. 15979-15993.

Hendriks (1994) *Carbon Dioxide Removal from Coal-Fired Plants*, Ph. D. Thesis, Department of Science, Technology, and Society, Utrecht University, Utrecht.

Hoegh-Guldberg, O. (1999) *Climate Change, Coral Bleaching and the Future of the World's Coral Reefs*, Greenpeace.

Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, J. Bruce, Hoesung Lee, B.A. Callander, E. Haites, N. Harris en K. Maskell (ed.) (1995) *Climate Change 1994, Radiative Forcing of Climate Change and an Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios*. IPCC, Cambridge University Press, Cambridge.

Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg en K. Maskell (1996) *Climate Change 1995, The science of climate change*, Cambridge University Press.

Karl, T.R., N.N. Nicholls en J. Gregory (1997) *The Coming Climate, Meteorological records and computer models permit insight into some broad weather patterns of a warmer world*, Scientific American, May 1997.

Lako, P. en H.J.M. de Vries (1999) *Voorraden en prijzen van fossiele brandstoffen: Schattingen en projectie voor de 21^{ste} eeuw met het oog op klimaatbeleid*, ECN, Petten.

Lenstra, W.J. (1999) *Lage energieprijzen ander klimaatbeleid*, ESB, 17 september 1999.

McKinsey (1999) *Zonne-energie over zes jaar concurrerend*, De Financiële Telegraaf, 3 november 1999.

Malcolm, J.R. (1966) *De Teloorgang van een eco-systeem: klimaatverandering en natuur op de Noordpool*, Faculteit Bosbouwkunde, Universiteit van Toronto, Canada.

Munich Re (1999) *Topics - Annual review of Natural catastrophes 1998*. Munich Re, München.

Nakićenović, N et. al. (1998) *Global Energy Perspectives*, University Press, Cambridge.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) internet site:
<http://www.ncdc.noaa.gov/>

Ringius, L., A. Torvanger en B. Holtsmark (1998) *Can multi-criteria rules fairly distribute climate burdens?*, Energy Policy 26, p. 777-793.

Rooijers, F., Kroese. M. en J. van Swighem (1996) *Energie in Brabant: Bron van schone kansen: Overzichtsnotitie*, CE, Delft.

Sep (1996) *Toelichting bij het elektriciteitsplan 1997-2006*, Sep, Arnhem.

- Shell (1996) *The Evolution of the World Energy Systems*, Shell International, London.
- Sluijs, J.P. van der en W.C. Turkenburg (1998) *NMP3 Thema klimaat: een kritische analyse van het probleemveld, de beleidsdoelstellingen en de maatregelen*; rapportage in opdracht van de VROM-raad, VROM-raad, Den Haag.
- Stocker, T.F. en A. Schmittner (1997) *Rate of Global Warming Determines the Stability of the Ocean-Atmosphere system*, Nature 388, p. 862-865.
- Swigchem, J. van, A. N. Bleijenberg, B. Leurs en J. Dings (2000) *Mechanismen achter het energiegebruik*, CE, Delft (concept).
- Turkenburg (2000) Persoonlijke mededeling, januari 2000.
- Vellinga, P. en N. Herb (eds.) (1999) *Industrial Transformation: Science Plan*, IHDPReport No. 12, Bonn, december 1999, 94 p.
- Vellinga, P. en W.J. van Verseveld (1999a) *Stop CO₂ onder de grond*, Natuur & Techniek, nr. 4, april 1999.
- Vellinga, P. en W.J. van Verseveld (1999b) *Broeikaseffect, Klimaatverandering en het Weer*, V.U. Boekhandel/Uitgeverij, Amsterdam
(<http://www.vu.nl/ivm/research/klimaat>)
- VN (1996) FCCC/SBSTA/1996/9/Add.2, secretariaat Framework Convention on Climate Change, Bonn.
- Vries, B. de, J. Bollen, L. Bouwman, M. den Elzen, M. Janssen en E. Kreileman (2000) *Greenhouse-gas emissions in an equity-, environment and service-oriented world: an IMAGE-based scenario for the 21st century. Technological Forecasting and Social Change*, April 2000 (te verschijnen).
- VROM (1996) *Vervolgnota Klimaatverandering*, Sdu, Den Haag.
- VROM-raad (1998) *Transitie naar een koolstofarme energiehuishouding: Advies ten behoeve van de Uitvoeringsnota Klimaatbeleid*, VROM-raad, Den Haag.
- Weenig, W.H., E. Kraaienoord en R. Bonnier (1998) *Potentiële belangstelling voor CO₂-gecompenseerde producten*, Distributiecentrum VROM, Zoetermeer.
- Wigley, T.M.L. (1999) *The Science of Climate Change, Global and U.S. Perspectives*, Pew Center on Global Climate Change, Arlington, USA.

Williams, R.H., E. D. Larson, R. E. Katofsky en J. Chen (1995) *Methanol and Hydrogen from Biomass for Transportation, with Comparisons to Methanol and Hydrogen from Natural Gas and Coal*, Princeton University, PU/CEES, Report No. 292.

Wit, R.C.N. (1996) *How to control greenhouse gas emissions from international aviation? Options for allocation*, CE, Delft.

Zwerver, S. en M.J.J. Kok (1999) *Klimaatonderzoek, Eindrapportage eerste fase Nationaal Onderzoek Programma Mondiale Luchtverontreiniging en Klimaatverandering (NOP-I) 1989-1995*, p.228.