

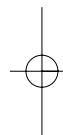
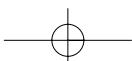
Keuzes voor duurzaamheid

ENERGIE OP DE DREMPEL VAN
TRANSITIE

Kantellingen

WI

WETENSCHAPPELIJK
INSTITUUT
VOOR HET CDA



Publicatie van het Wetenschappelijk Instituut voor het CDA.
Het Instituut heeft ten doel het (doen) verrichten van wetenschappelijke arbeid ten behoeve van het CDA op basis van de grondslag van het CDA en in aansluiting op het Program van Uitgangspunten. Het Instituut geeft gedocumenteerde adviezen over hoofdlijnen van het beleid, hetzij op eigen initiatief, hetzij op verzoek vanuit het CDA en/of van de leden van het CDA in vertegenwoordigende lichamen.

WI

Wetenschappelijk Instituut voor het CDA
Dr Kuiperstraat 5, Postbus 30453, 2500 GL Den Haag
Telefoon (070) 3424870
Fax (070) 3926004
Email wi@bureau.cda.nl
Internet www.cda.nl

ISBN 90-7449-300-9
2005 Wetenschappelijk Instituut voor het CDA

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord: urgentie en ambitie	5
Overwegingen van de commissie en beleidsvoorstellen	7
Overwegingen van de commissie	8
Beleidsvoorstellen van de commissie	16
1 Inleiding	27
2 Een keuze voor duurzaamheid	30
2.1 Christen-democratische uitgangspunten	31
2.2 Op weg naar duurzaamheid	31
2.3 Dimensies van duurzaamheid	33
2.4 Wereldbeelden in relatie tot christen-democratie	35
2.5 Energietransitie in relatie tot andere problemen	38
3 Probleemstelling	41
3.1 Inleiding	42
3.2 Uitstoot van broeikasgassen	42
3.3 Voorraden van fossiele energie	45
3.4 Strategische aanpak	46
4 Energietransitie	48
4.1 Inleiding	49
4.2 Over energietransitie en transitie management	49
4.3 Transitiepaden	51
4.4 Instrumenten voor een transitiebeleid	53
4.5 Kennisinfrastructuur en onderzoek & ontwikkeling	58
5 Internationaal klimaatbeleid en scenario's	61
5.1 Internationaal klimaatbeleid	62
5.2 Resultaten van enkele scenariostudies	70
5.3 De opties naast elkaar gezet	73
6 Energiebesparing en duurzame energiebronnen	76
6.1 Inleiding	77
6.2 Energiebesparing	77
6.3 Windenergie	79
6.4 Zonne-energie	84
6.5 Biomassa	87

6.5.1	Biomassa voor electriciteit	87
6.5.2	Biobrandstoffen	90
6.5.3	Biomassa als grondstof voor de chemische industrie	93
6.5.4	Conclusie biomassa	94
6.6	Overige duurzame bronnen	95
6.7	Stimulering hernieuwbare energie voor de elektriciteitsproductie (MEP)	96
7	Klimaatneutrale opties	102
7.1	Inleiding	103
7.2	Schoon fossiele voorzieningsketens	103
7.3	Kernenergie	106
7.4	Waterstof en de brandstofcel	118
8	Aardgas	123
8.1	Inleiding	124
8.2	Aardgas als overgang naar duurzaam	124
8.3	Aardgas en voorzieningszekerheid	125
8.4	Aardgas als transitiebrandstof in de mobiliteitssector	127
9	Transitiepaden voor toepassingen	131
9.1	Transities bij toepassingen: verkeer en vervoer	132
9.2	Transities bij toepassingen: warmte	134
10	Kansen voor Nederland	137
10.1	Inleiding	138
10.2	Kansen voor havens, chemie en landbouw	139
10.3	Kansen door aardgas	141
	Appendix 1: Een visie op het gebruik van biomassa	147
	Appendix 2: CDJA-resolutie kernenergie	171
	Appendix 3: EZ-transitiepaden	174
	Appendix 4: Energiescenario's	179
	Appendix 5: Samenstelling van de commissie	181

VOORWOORD: URGENTIE EN AMBITIE

Het milieu dreigt gaandeweg zodanig aangetast te gaan worden dat van goed rentmeesterschap en milieubeheer geen sprake is. Beelden van een smeltende ijskap, een uitdijende ozonlaag en wegwijnende gletsjers stellen niet gerust. Er blijkt een langdurige inspanning nodig om de natuur van verdere aantasting te vrijwaren. Gaandeweg bestaat er consensus over de omvang van de problemen en over de mate waarin reductie van milieuvervuilend gedrag nodig is om de natuur te beschermen. De consequenties voor economische en maatschappelijke processen zijn echter immens. Bovendien vraagt een goede politiek rond duurzaamheid om afstemming en coördinatie op Europees en mondiaal niveau.

Omvang en schaal van de problemen zijn dusdanig dat er gemakkelijk een zekere verlamming kan optreden. Landen c.q. economische blokken wachten op elkaar, omdat degene die als eerste een stap zet, zich economisch in de voet lijkt te schieten. Datzelfde geldt maar al te vaak voor producenten. Innovatief handelen wordt daardoor ontmoedigd. Die ontmoediging kan zich ook voordoen bij de consument en afnemer. Als de buurman of de collega zijn gedrag niet aanpast, lijkt het weinig zinvol om zelf allerlei inspanningen te plegen.

Het wachten op elkaar leidt gemakkelijk tot impasses, met als risico dat de mondiale gemeenschap, de economische samenwerkingseenheden (EU, G7 etc.), de afzonderlijke landen, bedrijven etc. pas doorslaggevend tot actie zullen overgaan als de milieuschade groot en wellicht al onherstelbaar groot is. Dat risico blijft bestaan, ook al zijn met bijvoorbeeld de Kyoto-afspraken op dit gebied vorderingen gemaakt. Terwijl de urgentie toeneemt, wordt duidelijker waar de impasses zitten.

De urgentie van een goede politiek rond duurzaamheid neemt ook toe omdat er nieuwe economieën in opkomst zijn. Hun energiegebruik kent een enorme ontwikkeling. Het tempo van vervuiling versnelt mede daardoor. Bovendien mengt zich het milieuprobleem met zorgen over de manipulatie van de energietoevoer vanwege geopolitieke en/of economische overwegingen van de aanbieders van olie, gas etc. (Arabische landen, Rusland). Ook de economische schade ten gevolge van de onzekerheid over de ontwikkeling van fluctuerende energieprijzen is een reden om duurzaamheid voluit op de agenda te houden. Daar komt tenslotte nog bij dat de milieuvervuiling nu al uiterst belemmerend doorwerkt naar andere domeinen: wegen kunnen niet worden aangelegd of verbreed, bedrijven moeten aan veel milieuvoorschriften voldoen etc.

Om al deze redenen is het nodig impasses te doorbreken. Want deze ontwikkelingen geven ook nieuwe kansen. Duurzaamheid krijgt wereldwijd veel aandacht. Het urgentiegevoel neemt toe. Investerings in innovaties komen van de grond.

De vraag naar schone producten en schone energie zorgen voor een groeiemarkt, waarop innovatieve bedrijven inspringen. Milieu en economische innovatie blijken meer en meer in elkaars verlengde te komen liggen.

Om de kansen die zich hier voordoen optimaal en offensief te benutten en om pro-actief een plek op te eisen op de markten die tot ontwikkeling komen is een ambitieuze politiek nodig. Met een gericht transitiebeleid zijn innovatie, duurzaamheid en maatschappelijke ambitie met elkaar te verbinden. Urgentie en ambitie versterken elkaar als er zicht is op schone en bereikbare producten, productieprocessen, energiehuishoudingen etc. Aan die vruchtbare verbinding wil het onderhavige rapport een bijdrage leveren. Naast analyses bevat het tal van aanbevelingen die van belang zijn voor de overgang van een milieuvervuilende naar een klimaatneutrale en zelfs duurzame samenleving.

De commissie is gevormd uit deskundigen op het gebied van duurzame energie, biomassa, kernenergie en fossiele energie. Het bestuur van het WI voor het CDA wil deze commissie, bestaande uit dr.ir. R. Janssen-van Rosmalen, voorzitter, prof.dr.ir. T.H.J.J. van der Hagen, mr. F.A.M. van den Heuvel, mr. W.N.Kip, dr. C.A.M. van der Klein, dr. A. Klink, mr.drs. H.P.A. Knops, prof. dr. J.P.M. Sanders, dr. M.J.W. Sprenger, drs. W.G. van Velzen, dr.ir. B.M. Visser, ir. R. Willems en de adviseurs drs. J.W.M.M.J. Hessels en mr. drs. J.W.E. Spies hartelijk danken voor hun inzet, voor de inbreng van hun deskundigheid en voor de bereidheid om op de korte termijn die ervoor stond zoveel werk te verzetten. Tenslotte wil het WI benadrukken, dat de deelnemers van de commissie op persoonlijke titel hebben deelgenomen aan deze commissie. Betrokkenheid bij en deskundigheid rond het vraagstuk van duurzaamheid was wat de leden van de commissie verbond. Dat de leden Van der Klein, Van der Hagen en Sanders geen lid van het CDA zijn stond het gezamenlijk verkennen van de thema's en het delen van de beleidsaanbevelingen niet in de weg.

In het bijzonder wil het bestuur de auteur, de heer drs. S.M. Lensink danken voor zijn inspanningen. Hij wist de inzichten aaneen te smeden en te verwerken tot een belangrijke studie. Ook de voorzitter van de commissie mw. dr. ir. R. Janssen-van Rosmalen wil het bestuur met name noemen. Behalve intensief en tijdrovend betrokken te zijn bij de regie rond het rapport, schreef zij ook belangrijke onderdelen van de voorliggende teksten.

Het bestuur van het WI spreekt de wens uit dat deze studie haar relevantie voor de politiek zal bewijzen.

Mr. R.J. Hoekstra
(voorzitter)

Dr. A. Klink
(directeur)

Overwegingen van de commissie en beleidsvoorstellen

Overwegingen van de commissie

De beschikbaarheid van energie is essentieel voor onze westerse samenleving. Zonder energie zou de enorme economische ontwikkeling van de laatste honderd jaar niet hebben plaatsgevonden. We verwarmen onze huizen, rijden auto en gebruiken elektriciteit. Ook de industrie heeft forse hoeveelheden energie nodig om de producten te maken waar we als burgers om vragen. Onze energiebehoefte dekken we vooral met fossiele brandstoffen: olie, aardgas en kolen. De energievoorziening moet - traditioneel - **betrouwbaar, betaalbaar en schoon** zijn.

Klimaatprobleem

Een acuut probleem is dat het gebruik van fossiele brandstoffen leidt tot een grote uitstoot van kooldioxide (CO₂). Deze uitstoot is zodanig dat het CO₂-percentage in de atmosfeer mondiaal stijgt, hetgeen het zogenaamde broeikaseffect tot gevolg heeft. Doorgaan op de manier waarop we als mensheid bezig zijn, inclusief de te verwachten toename van energiegebruik in de niet-westerse landen, leidt naar alle waarschijnlijkheid tot een onaanvaardbaar snelle stijging van de temperatuur op aarde en grote gevolgen voor de schepping. Nu al wordt er voor de komende decennia rekening gehouden met de noodzaak om in Nederland de dijken te verhogen in verband met een stijging van de zeespiegel, een operatie die vele miljarden zal kosten. De commissie meent dat we als westerse landen de morele plicht hebben de uitstoot van CO₂ drastisch te beperken en onderschrijft het Europese beleidsuitgangspunt dat temperatuurstijging tot 2 graden beperkt moet blijven.

Voorzieningszekerheid

De voorraden olie, aardgas en ook kolen zijn bovendien eindig. Weliswaar kunnen we vermoedelijk nog vele tientallen jaren vooruit, maar toch moeten we ons hierop bezinnen. Op korte termijn zullen Europa en Nederland hoe langer hoe meer afhankelijk worden van import van energie. Europa zal met de VS en Japan, maar ook met opkomende economieën als China, India en Brazilië moeten concurreren om energie. De commissie meent dat ook andere niet-westerse landen recht hebben op energie, ook als dat betekent dat wij als westerse wereld terug zullen moeten gaan in het gebruik. Een ongestoorde aanvoer van energie mag voor onze samenleving dan wel noodzakelijk zijn, maar dit is, gezien de geopolitieke instabiliteit en de toenemende concurrentie, niet zonder meer gegarandeerd. Het maakt Europa en Nederland kwetsbaar. Bovendien vergroot dit het risico op hoge en sterk fluctuerende energieprijzen, wat een negatief effect op de industriële activiteit en de koopkracht van de burger kan hebben.

Impasses en coalitievorming

Vooraf voor het oplossen van het klimaatprobleem blijkt een gebrek aan afstemming en coördinatie op de verschillende schaalniveaus (Europees, mondiaal) te bestaan. De discussies tenderen eerder in de richting van verlamming dan van activering. Landen c.q. economische blokken wachten op elkaar, omdat degene die als eerste een stap zet, zich economisch in de voet lijkt te schieten. Hogere milieu-eisen dan wel hogere heffingen betekenen in de regel hogere lasten. Dat schaadt het vestigingsklimaat van landen dan wel economische blokken. Dit leidt tot al snel tot impasses, met als risico dat de mondiale gemeenschap, de economische samenwerkingseenheden (EU, G7 etc.) en de afzonderlijke landen pas doorslaggevend tot actie zullen overgaan als de milieuschade groot en wellicht al onherstelbaar groot is. Dat risico blijft bestaan, ook al zijn met bijvoorbeeld de Kyoto-afspraken op dit gebied vorderingen gemaakt.

Nederland dient zich samen met andere Europese landen dan ook tot het uiterste in te spannen om coalitievorming te bewerkstelligen, mede om het post-Kyoto beleid na 2012 zo goed mogelijk vorm te kunnen geven. Mocht dat niet lukken, dan dient door Europa de eigen verantwoordelijkheid te worden genomen. Het onlangs in werking gezette stelsel met CO₂-emissierechten, dat helaas nog niet gesteund wordt door de VS, laat zien dat Europa bereid is die eigen verantwoordelijkheid te nemen.

Urgentie

De bovengenoemde problemen vragen dus dringend om een oplossing. Op korte termijn zullen we een begin moeten maken om de voorzieningszekerheid voor de lange termijn veilig te stellen. Ook zal de CO₂-uitstoot fors gereduceerd moeten worden en zullen we duurzame energievormen verder moeten ontwikkelen. Vanaf 2030 zal naar verwachting schaarste ontstaan aan goedkope fossiele brandstoffen (te beginnen met olie) en moeten betaalbare duurzame vervangers van deze brandstoffen gereed staan: aan het trio betrouwbaar, betaalbaar en schoon moet daarom het begrip **hernieuwbaar** worden toegevoegd. De combinatie hiervan leidt tot een **duurzame energievoorziening**.

Duurzame energiebronnen

Wat betreft deze middellange termijn (dus in de periode 2030-2050) zal de oplossing, zowel voor het klimaatprobleem als voor de voorzieningszekerheid, moeten komen van duurzame energiebronnen zoals zonne-energie, windenergie, waterkracht en biomassa. Maar ook andere duurzame energiebronnen (zoals geothermische energie of getijdenstroming) kunnen interes-

sant zijn. Op dit moment zijn deze duurzame bronnen echter nog vele malen duurder dan fossiele bronnen. Daar komt nog bij dat deze duurzame bronnen slechts beperkt beschikbaar zijn, mede omdat ze een fors beslag leggen op ruimte. Er zal daarom nog veel technologische ontwikkeling moeten plaatsvinden voordat deze vormen van energie een economisch en sociaal aanvaardbare overgang van eindige fossiele energie naar duurzame energie mogelijk maken.

De rol van de overheid

De overgang van fossiele energie naar duurzame energie (de 'energietransitie') wordt een proces van lange adem waarin burgers, bedrijven, onderzoeksinstituten, het maatschappelijke middenveld, politieke partijen en de overheid elk hun eigen rol en hun verantwoordelijkheid hebben. De commissie meent dat het de taak van de overheid is zulke voorwaarden te scheppen dat de spelers in dit veld hun verantwoordelijkheid willen en kunnen, en - indien nodig - via normstelling *moeten* nemen. In de eerste plaats vraagt dat een betrouwbare overheid en een stabiel op de lange termijn gericht beleid. Vereiste is dat een dergelijk beleid gedragen wordt door het overgrote deel van de politieke partijen zodat regeringswisselingen niet gepaard gaan met instabiliteit, en daarmee investeringen blokkeren. Het vraagt ook een overheid die de burgers en bedrijven de problematiek waar we voor staan helder en duidelijk maakt.

Appel op burgers en bedrijven

Initiatieven zullen in de praktijk veelal komen van burgers en bedrijven. Creatieve ideeën zijn hard nodig. De overheid moet de ideevorming stimuleren en niet aarzelen creatieve ideeën waar nodig, ook financieel, te ondersteunen. Clustervorming tussen bedrijven en onderzoeksinstituten, zo mogelijk internationaal, dient een belangrijke rol te spelen bij kennisuitwisseling en ontwikkeling en dus de versnelling van het proces. Regelgeving mag geen onnodige sta in de weg zijn indien zich kansen voordoen om ideeën te testen.

Kansen voor Nederland

De energietransitie geeft kansen voor de innovatieagenda op het gebied van technologie en duurzaamheid. Een land dat het aandurft op de genoemde punten ambitieus te zijn, neemt qua innovatie, kennis- en productontwikkeling en daaraan gekoppelde exportpositie een enorme voorsprong op andere landen (*first movers advantage*). Het spiegelbeeld kan zich ook voordoen. Het land dat achterblijft, loopt wellicht een langdurige achterstand op en zal slechts afnemer van elders ontworpen producten worden. In dat geval kost de energietransitie een land vele miljarden per jaar.

Kansen voor Nederland zijn vooral te verwachten, indien aansluiting kan worden gevonden bij de traditioneel sterke sectoren, zoals aardgas, chemie, logistiek (havens), landbouw, tuinbouw, offshore-industrie. Het is van belang significant te investeren in deze kansen.

Opties

De energietransitie is een proces van lange adem. De commissie ziet verschillende opties in dit proces. *Energiebesparing* verkleint het probleem.

Duurzame energiebronnen vormen een duurzame (eind)oplossing.

Klimaatneutrale energiebronnen beperken de CO₂-emissie. Binnen de fossiele brandstoffen is *aardgas* het schoonst. Deze opties worden hieronder toelicht.

Energiebesparing

De commissie meent dat met volle kracht moet worden ingezet op verlaging van het energiegebruik. Energiebesparing verlaagt direct de CO₂-uitstoot en vaak ook andere schadelijke emissies en residuen, verbetert de voorzieningszekerheid en vergemakkelijkt te zijner tijd de grootschalige overgang naar hernieuwbare energie, die vermoedelijk in beperktere mate beschikbaar zal zijn dan thans de fossiele energie.

De handel in CO₂-certificaten helpt bij het realiseren van energiebesparing, maar is voor de commissie geen panacee, temeer daar een te hoge prijs voor deze certificaten ongewenst is omdat het er toe zal leiden dat energie-intensieve industrie zal worden verplaatst naar landen die niet meedoen aan dit systeem. Flankerend beleid dat leidt tot additionele energiebesparing blijft daardoor noodzakelijk.

Bovendien dient ingezet te worden op een forse energiebesparing bij de kleinere gebruikers die buiten de CO₂-handel vallen. Gegeven het feit dat de prijselasticiteit van energiegebruik uitermate beperkt is, dient beleid geconcentreerd te worden op het aankoopmoment van energiegebruikende apparatuur. Bijvoorbeeld door goede voorlichting en door de BPM op auto's afhankelijk te maken van het brandstofverbruik in plaats van de aanschafprijs.

Duurzame energiebronnen

Wat betreft duurzame energiebronnen stelt de commissie allereerst vast dat de benodigde technologie nog in ontwikkeling is. Met name windenergie en biomassa kunnen weliswaar (nu reeds) een bijdrage leveren aan de terugdringing van de nationale en Europese CO₂-uitstoot, maar grote reducties

van de CO₂-uitstoot zijn vanwege de daarmee gepaard gaande directe en indirecte kosten bij de huidige technologische kennis maatschappelijk en sociaal op dit front vooralsnog zeker niet bereikbaar. Subsidies zijn hierbij vooral zinvol als deze ook leiden tot leereffecten en technologische ontwikkelingen.

Windenergie

Wat betreft windenergie, is de toepassing op zee nog relatief nieuw. In Nederland vindt vooral onderzoek plaats naar optimalisatie van onderhoud. De Nederlandse offshore-industrie speelt een grote rol bij de aanleg van windparken. Een punt van aandacht is dat de elektriciteitsopwekking met behulp van windmolens sterk fluctueert, afhankelijk van de kracht van de wind. Het zou een belangrijke doorbraak zijn, indien een technologie voor grootschalige opslag van elektriciteit zou worden ontwikkeld. De commissie is van mening dat meer onderzoek en ontwikkeling op dit gebied onontbeerlijk is.

Biomassa

Biomassa is in potentie een grote bron van hernieuwbare energie. Teelt van biomassa in Nederland voor energieopwekking is echter beperkt gezien het benodigde en beschikbare landoppervlak: Nederland is een klein land met een grote bevolkingsdichtheid waarin aan voedselproductie en natuurontwikkeling de voorkeur wordt gegeven. Wel kan optimaal gebruik gemaakt worden van de overcapaciteit van de landbouw en van reststromen die onder andere bij de voedselproductie ontstaan. Voorts is Nederland aangewezen op import van biomassa overzee. Thans wordt biomassa vooral ingezet als bijbrandstof in kolencentrales.

De commissie meent dat er andere toepassingen voor biomassa mogelijk zijn: biomassa kan in principe goed worden gebruikt als grondstof in de chemische industrie (bijvoorbeeld voor de productie van bulkchemicaliën). Ook kan er biodiesel van gemaakt worden of biogas, dat vervolgens in het aardgasnet kan worden gebracht en met een veel hoger rendement kan worden benut. De expertise binnen Nederland op het gebied van chemie en biotechnologie zou ten volle moeten worden benut om op termijn een efficiëntere benutting van de beschikbare biomassa mogelijk te maken.

Van groot belang is om voldoende impuls te geven aan deze nieuwe mogelijkheden voor technologische en industriële ontwikkelingen, door een intensieve samenwerking van de landbouwuniversiteit in Wageningen, de havens (Rotterdam, Eemshaven) en landbouworganisaties te stimuleren.

In de beleidsvoorstellen bepleit de commissie een hernieuwde MEP. Het lijkt nuttig deze hernieuwde MEP niet alleen op de productie van elektriciteit te richten, maar ook op andere toepassingen van biomassa.

Zonne-energie

De commissie meent dat zonne-energie als duurzame energiebron onvoldoende aandacht krijgt in Nederland. In principe is dit namelijk de enige duurzame bron die op zeer lange termijn voldoende energie kan leveren om in de wereldwijde energievraag in belangrijke mate te voorzien. Dit is voldoende reden om aan deze duurzame bron veel aandacht te besteden. Alhoewel het aandeel zonne-energie de eerstkomende decennia gering zal zijn, is een geleidelijke opbouw van dit aandeel, met een substantiële betekenis op lange termijn, zeer wel mogelijk. De kosten van zonne-energie kunnen nog steeds snel dalen. Nu al zijn er interessante nichemarkten waarop zonne-energie rendabel is. De commissie pleit ervoor dat Nederland aan onderzoek en ontwikkeling van zonne-energie veel meer aandacht gaat besteden.

Duurzaam vormt langetermijnperspectief

Duurzame energiebronnen vormen het langetermijnperspectief waarop we stevig moeten inzetten. Op de korte en middellange termijn bieden deze bronnen echter nog te weinig potentieel om de benodigde reductie van de CO₂-uitstoot te behalen. Toekomstscenario's schatten zelfs voor 2050 het gebruik van fossiele brandstoffen op zo'n 80% van het totale gebruik.

Klimaatneutrale bronnen

De commissie ziet diverse goede opties om op korte en middellange termijn de CO₂-uitstoot drastisch te verlagen. In eerste instantie de eerder genoemde energiebesparing: de commissie denkt dat de CO₂-uitstoot hiermee met veertientallen procenten kan worden gereduceerd. Daarnaast is er een tweetal klimaatneutrale bronnen (schoon fossiel en kernenergie), waarmee een verdere reductie kan worden bereikt. Daardoor ontstaat tijd om aan de lange termijn te werken: de vervanging van fossiele energie door duurzame energie.

Schoon fossiel

Allereerst concludeert de commissie dat de mogelijkheden voor afvangst en opslag van CO₂ in lege ondergrondse gas- en olievelden groot lijken in Nederland. Daarmee is de route van "schoon fossiel", het gebruik van fossiele brandstoffen met afvangst van CO₂, een reële optie. Deze methode zou op korte- en middellange termijn een bijdrage aan de oplossing voor het CO₂-probleem kunnen bieden. Het afvangen en opslaan van CO₂ is evenwel een techniek waarvoor nog nader onderzoek cruciaal is, vooral wat betreft de

demonstratiefase. Voorgesteld wordt dat de overheid dit onderzoek stimuleert, o.a. via een demonstratieproject met een kolencentrale inclusief CO₂-afvangst en opslag. In eerste instantie kan daarbij gedacht worden aan een demonstratieproject op semi-industriële schaal (bijvoorbeeld 50 MW), bij succes kan dan opschaling naar een installatie op volle schaal volgen. Introductie van "schone kolen" vermindert de afhankelijkheid van gas en olie en levert daarmee een bijdrage aan de voorzieningszekerheid.

Kernenergie

Met het oog op de urgentie van het CO₂-probleem en de problematiek van de voorzieningszekerheid (samenhangend met onze afhankelijkheid van fossiele brandstoffen), wenst de commissie de optie van kernenergie uitdrukkelijk open te houden. Kernenergie kan worden aangeduid als klimaatneutrale energiebron, aangezien deze bron geen CO₂-emissies veroorzaakt.

Binnen de huidige geliberaliseerde markt voor elektriciteitsproductie ligt het initiatief voor een nieuwe kerncentrale overigens bij de 'markt'. In dit kader is het dan ook noodzakelijk dat de overheid maximale duidelijkheid schept (in wet en vergunningvoorwaarden) onder welke voorwaarden (bijvoorbeeld qua inherente veiligheid, en qua afval) een nieuwe kerncentrale acceptabel is.

Aardgas

Ten slotte concludeert de commissie dat van de fossiele brandstoffen aardgas de schoonste is, die bovendien met relatief hoge efficiëntie kan worden ingezet. Voor de commissie kan aardgas daardoor een rol vervullen als brug naar een duurzame(re) energiehuishouding. Ook kan aardgas de opmaat zijn tot een toekomst met *waterstof als schone energiedrager*.

Zoals bekend is Nederland een aardgasland. Voortdurend worden nieuwe, efficiëntere toepassingen ontwikkeld. Zo is op dit moment in Nederland bijvoorbeeld microwarmtekracht in ontwikkeling. Tevens wordt er gewerkt aan tuinbouwkassen die netto geen energie meer gebruiken. De commissie meent dat Nederland op dit gebied zijn voorsprong moet behouden en de opgedane kennis in het buitenland moet benutten.

Nederland en Europa worden langzamerhand steeds afhankelijker van de import van aardgas. De keuze voor aardgas als transitiebrandstof in Europa en Nederland vereist van de overheid dat deze een zodanig beleid maakt dat de voorzieningszekerheid gewaarborgd wordt. Door lege gasvelden om te bouwen voor gasopslag kan Nederland een belangrijke rol spelen in de voorzieningszekerheid van West-Europa. Daarnaast moet tijdig aardgas worden

ingekocht van de producerende landen om de teruglopende eigen productie op te vangen. Hiervoor zijn langetermijncontracten wenselijk. De commissie meent dat een goede voorzieningszekerheid in beginsel zoveel mogelijk "via marktmechanismen" moet worden geregeld, maar dat er in geen enkel geval risico's mogen worden genomen met deze voorzieningszekerheid ter wille van een goede marktwerking. Maatregelen om de liberalisering van de gasmarkt te bevorderen dienen derhalve steeds in deze bredere context te worden afgewogen.

Mobiliteit

Met betrekking tot mobiliteit, meent de commissie dat een dichtbevolkt land als Nederland het zich niet kan en mag veroorloven zich neer te leggen bij een vervuilende transportsector als er alternatieven voor het grijpen liggen. De transportsector is nu verantwoordelijk voor 20% van het Nederlandse energiegebruik en levert een navenante bijdrage aan de CO₂-uitstoot. Daarnaast veroorzaakt transport luchtvervuiling (fijn stof, NO_x), en forse geluidsoverlast. Verwacht wordt dat bij voldoende inspanning de technologie zich zodanig kan ontwikkelen dat tegen 2015 voertuigen met schone en stille brandstofcellen op waterstof zullen rijden.

Totdat brandstofcellen en waterstof gemeengoed zijn is het bepaald aantrekkelijk om veel meer aardgas in te gaan zetten als transportbrandstof. Aardgas is namelijk een zeer schoon alternatief voor diesel of benzine. Bovendien vergemakkelijkt het gebruik van aardgas en een aardgasinfrastructuur de introductie van brandstofcellen als opvolger van de verbrandingsmotoren hetgeen een forse efficiëntieverbetering met zich mee brengt. Een auto met een brandstofcel haalt uit dezelfde hoeveelheid energie een dubbel zo grote afstand als een auto met verbrandingsmotor.

De commissie stelt daarom voor dat Nederland een **Deltaplan Schoon Transport** gaat uitvoeren. Hierbij moet Nederland een voortrekkersrol gaan vervullen om op termijn wat betreft transport een **nul-emissieland** te worden. Dit Deltaplan behelst onder meer het introduceren van aardgas en biogas als brandstof voor de transportsector, met name in het stedelijk vervoer. Voorts dienen voor 2010 in het land een aantal proefprojecten te worden opgestart met waterstof als energiedrager en brandstofcellen als krachtbron. Ook moeten er voorbereidingen worden getroffen zodat deze technologie grootschalig nog voor 2015 kan worden geïntroduceerd, bijvoorbeeld in de regio Rotterdam waar de milieuproblemen het grootst zijn en waar waterstof nu al op grote schaal beschikbaar is.

Ten slotte

De transitie naar een duurzame energievoorziening zal lang duren, zal grote veranderingen met zich meebrengen en vergt veel van burgers, bedrijven en overheid. Er wordt wereldwijd reeds hard gewerkt aan deze transitie.

Nederland kan daar zijn steentje aan bijdragen. De commissie doet in dit rapport aanbevelingen het bestaande beleid te intensiveren en zich te richten op die aspecten waar Nederland een maximale bijdrage kan leveren aan de transitie op wereldschaal. Dat is niet alleen nuttig, maar het levert tevens kansen op voor Nederland.

Beleidsvoorstellen van de commissie*Profiel van de commissie*

De commissie (zie appendix 5) is gevormd uit deskundigen op het gebied van duurzame energie, biomassa, kernenergie en fossiele energie.

Inleiding

Vanuit haar uitgangspunten van gerechtigheid, solidariteit, rentmeesterschap en gespreide verantwoordelijkheid streeft de christen-democratie naar een duurzame energiehuishouding. Dit is een energiehuishouding waarbij de gebruikte energiebronnen nu en in de toekomst voldoende beschikbaar zijn, de effecten van het energiegebruik blijvend onschadelijk zijn voor de natuur en de mens, de levering betrouwbaar en veilig is en een ieder toegang heeft tot energie tegen een redelijke prijs.

De overgang van de huidige energiehuishouding, die voornamelijk gebaseerd is op het gebruik van fossiele brandstoffen, naar een duurzame energiehuishouding, waarin hernieuwbare energiebronnen als zon, wind, water, en biomassa een belangrijke plaats innemen, noemen we energietransitie. Op dit moment bevinden we ons aan het begin van deze energietransitie, die grootschalige technische, sociale en bestuurlijke aanpassingen zal vragen. Bij het vormgeven van de energietransitie is het zaak deze zo effectief mogelijk te verrichten en tegelijkertijd de verschillende opties open te houden, aangezien het nu nog niet duidelijk is, welke duurzame energiebronnen en toepassingen we in 2050 zullen aantreffen. Waarschijnlijk zal een energiemix ontstaan, waarbij de specifieke invulling daarvan per land zal verschillen.

Alhoewel het broeikaseffect om urgentie vraagt, ontkomen we er niet aan dat wereldwijd nog lange tijd grote hoeveelheden fossiele brandstoffen zullen worden gebruikt. De commissie meent dat het economisch welvarende gedeelte van de wereld de morele plicht heeft het voortouw te nemen in het

proces naar een duurzame energiehuishouding.

Energietransitie biedt ook kansen. Stimulering van biomassa draagt bij aan de ontwikkeling van de havens, van de landbouwsector en van de chemiesector. De gasvoorziening in Nederland biedt voordelen, omdat aardgas het meest efficiënte transitiegas is. De kennis van de gassector kan gebruikt worden voor nieuwe ontwikkelingen op het gebied van toepassingen, zoals ook voor de ontwikkeling van een waterstofeconomie. De verlaten olie- en gasvelden en de ondergrond van Nederland maken opslag van CO₂ op grote schaal mogelijk. Ook de Nederlandse offshore-industrie heeft baat bij ontwikkeling van klimaatneutrale energietoepassingen op zee. En bovendien heeft Nederland uitstekende kennisinstellingen. De commissie acht het van groot belang dat Nederland deze kansen aangrijpt.

De commissie geeft hieronder haar visie op de volgende punten:

1. Energiebesparing
2. Duurzame energie
3. Klimaatneutrale energie
4. Aardgas
5. Toepassingen: mobiliteit
6. Toepassingen: warmte
7. Nationaal beleid
8. Internationaal beleid

1. Energiebesparing

De commissie ziet energiebesparing als de goedkoopste optie voor de samenleving om de milieudruk van onze energievoorziening te verminderen, en doet daarom de volgende aanbevelingen:

Zet fors in op energiebesparing

Energiebesparing verlaagt de CO₂-uitstoot, verbetert de voorzieningszekerheid en vergemakkelijkt de overgang naar duurzame energie die in beperktere mate beschikbaar zal zijn. Verwacht wordt dat een energiebesparing van 2% op termijn mogelijk is. Een energiebesparing van 2% per jaar zou, vergeleken met het huidige niveau van 1,3% per jaar, betekenen dat er in Nederland in 2050 bijna 50% minder energie gebruikt wordt. Een dergelijk hoge energiebesparing is echter niet te realiseren door enkel gedragsverandering. Hiervoor zijn in de toekomst technologische innovaties nodig op diverse terreinen, zoals bij huisvesting, industrie en verkeer en vervoer. Er is nu al een wereld te winnen, bijvoorbeeld via isolatie, spaarlampen, zuinige auto's (1:20), HR-CV-ketels en zuinige apparaten. En op middellange termijn

bijvoorbeeld energieneutrale tuinbouwkassen, auto's met brandstofcellen (1:40) en microwarmtekracht in huizen.

Vergroot het besef van besparingsopties door voorlichting en labeling

Zowel bij de overheid als bij de industrie en bij de bevolking moet gezorgd worden voor een continu besef en een continue bereidheid om energie te willen besparen, energiegebruik minder vervuilend te maken en/of duurzame energie te gebruiken.

Voorbeelden zijn biobrandstoffen en groen gas; gebouwen, woningen en tuinbouwkassen die netto energie opleveren; auto's en bussen op aardgas. Verder kunnen verhuurders, zeker ook de particuliere verhuurders, aangezet worden tot energiebesparing. Voor de lange termijn is voortgaande aanmoediging van PV-energie gewenst en introductie van waterstofgebruik rondom Rotterdam en warmtekracht op huis- en wijkniveau. Besef bij burgers kan verder worden versterkt door de labeling uit te breiden en de detailhandel kan ook helpen door energiezuinige apparatuur bij consumenten onder de aandacht te brengen.

Stimuleer energiebesparing van consumenten bij het aankoopmoment

De prijselasticiteit van het gebruik van energie is uitermate gering. We blijven autorijden, of benzine nu veel kost of weinig. Wel blijkt dat consumenten bij aanschaf van goederen in toenemende mate geïnteresseerd te zijn in het energiegebruik, klaarblijkelijk om ideële redenen. Beleid dat erop gericht is om het energiegebruik van apparatuur te verminderen dient derhalve gefocust te worden op het aankoopmoment. Naast labeling en voorlichting kunnen fiscale maatregelen helpen. Zo zou de BPM bij auto's kunnen worden gerelateerd aan het brandstofverbruik in plaats van aan de aanschafprijs.

Verder moet onderzocht worden of er voor het bedrijfsleven een regeling kan komen waardoor niet alleen de eigen besparing, maar ook de besparing van CO₂ door eindgebruikers kan worden gewaardeerd. Een dergelijke regeling moet zorgvuldig afgestemd worden op het CO₂-emissierechten systeem opdat "dubbelsubsidiëring" voorkomen wordt.

Stimuleer energiebesparing in gebouwde omgeving

Energiebesparing in bestaande woningen is vaak moeilijk te realiseren, vooral bij huurwoningen. Met woningcorporaties kan met convenanten al veel bereikt worden, maar woningen van particuliere verhuurders vragen gericht beleid. Toch kan het ook de minder draagkrachtige consumenten veel besparing opleveren. Nagegaan dient te worden of het energiegebruik van een

woning nadrukkelijker in de huurprijs kan worden verdisconteerd, opdat verhuurder en huurder baat krijgen bij investeren in energiebesparingen in huurwoningen. Bij nieuwbouw moet de energie-prestatie-norm (EPN) verder worden aangescherpt tot beneden de 0,8 waarbij dan ook de mogelijkheden van de EPN om zonne-energie te stimuleren, benut dienen te worden. Bestaande woningen kunnen tenslotte voorzien worden van een energielabel conform de nieuwe EU-richtlijn, waaraan de Nederlandse overheid een energiezuinige bonus kan koppelen.

2. Duurzame energie

Elk van de opties voor duurzame energie biedt naar alle waarschijnlijkheid in de periode tot 2050, maar ook in de decennia daarna onvoldoende potentieel om aan onze totale energievraag te voldoen. Ontwikkeltijden zijn lang, tientallen jaren. Gegeven de urgentie van de problematiek moet met kracht worden doorgewerkt om duurzame energie dichterbij te brengen. Hiervoor zijn in de eerste plaats technologische doorbraken nodig. Hieronder volgen enkele voorstellen voor deze ontwikkeling.

Onderzoek de kansen van biomassa voor landbouw, chemie en havens

Onderzoek naar toepassingsmogelijkheden van de grote verscheidenheid aan biomassa in restproducten in Nederland zal bijdragen aan een economisch efficiënte reductie van het gebruik van fossiele grondstoffen. Met onze landbouwuniversiteit en de hoogontwikkelde agrarische sector ligt hier een grote kans voor Nederland. De verscheping van biomassa geeft bovendien een extra impuls aan de Nederlandse havens. Voor de ontwikkeling van hoogwaardige biomassaproducten in Nederland, is moderne biotechnologie daarbij onontbeerlijk. Ook hier geldt als voorwaarde voor een dergelijke groei dat nadrukkelijk gewerkt moet worden aan het forceren van doorbraken, zowel in de procestechnologie als in de grondstof en marktcondities. Voor de uitvoering van demonstratieprojecten kunnen experimenteelgebieden worden aangewezen, waarbij de natuurlijke havens en landbouw samenwerken met kennisinstututen en aangrenzende regio's in het buitenland. Gegeven deze kansen zou Nederland onverwijld aan de uitvoering van de bestaande Europese richtlijn voor biobrandstoffen moeten gaan werken (2% in 2006, 5,75% in 2010) en dat moeten inbedden in een transitiebeleid naar steeds meer en betere klimaatneutrale brandstoffen. Daarnaast zijn er kansen voor directe toepassing van biomassa in de chemie en voor de vervaardiging van biogas.

Geef zonne-energie een impuls

Zonneceltechnologie kan wereldwijd een voorname bijdrage leveren aan de oplossing van het energievraagstuk. Nederland heeft kennisinfrastructuur

en industrie waardoor het kan bijdragen aan de ontwikkeling van zonnecellen (optica, halfgeleiderindustrie, biotechnologie, Holland Solar). Er zijn bovendien nichemarkten beschikbaar hetgeen snelle marktintroductie bevordert. De Nederlandse overheid dient zich actief te interesseren voor de ontwikkelingen in de PV-industrie.

Onderzoek de mogelijkheden voor inpassing van windenergie

Veel aandacht zal gegeven moeten worden aan de effecten van fluctuaties in windenergie op de belasting van het elektriciteitsnet en de benodigde back-upfaciliteiten. In het algemeen geldt dat energieopslag bij sterk fluctuerende energiebronnen (zowel wind- als zonne-energie) het kernprobleem wordt bij grootschalige inzet van deze duurzame bronnen. Technologische ontwikkelingen op dit gebied zijn noodzakelijk om een efficiënt gebruik van deze nieuwe technieken in de toekomst mogelijk te maken.

Ontwikkel een Europese routekaart voor stimulering van duurzame energie

Bij de stimulering van duurzame energie moet veel meer voor een Europees aanpak gekozen worden. De commissie meent dat in Europees verband vastgesteld moet worden waar welke hernieuwbare energiebronnen het meest efficiënt ingezet kunnen worden. Een Europese routekaart voor hernieuwbare energiebronnen kan bijdragen aan een ruimtelijke-gedifferentieerde portfolio, opdat de voordelen van de hernieuwbare energiebronnen op Europese schaal geoptimaliseerd kunnen worden.

3. Klimaatneutrale energiebronnen en -dragers (waterstof)

Gezien de urgentie van het CO₂-probleem ziet de commissie voor de korte en middellange termijn klimaatneutrale bronnen als optie om de CO₂-uitstoot te verlagen.

Voer enkele demonstratieprojecten uit voor CO₂-opslag

Nederland heeft goede mogelijkheden om CO₂ op te slaan. Deze optie zal als een van de eerste klimaatneutrale opties commercieel aantrekkelijk worden. Daarom moeten de mogelijkheden van schoon fossiel in Nederland in kaart gebracht worden. De mogelijkheid voor grootschalige inzet van klimaatneutrale energiebronnen vanaf 2020 is essentieel om de milieudoelstellingen te halen. Deze methode lijkt in eerste instantie aantrekkelijk voor de opslag van CO₂ bij elektriciteitscentrales, aangezien daarbij grote hoeveelheden CO₂ geconcentreerd op een bepaalde locatie vrijkomen. Maar ook voor de toekomstige productie van klimaatneutrale waterstof zal opslag van CO₂ noodzakelijk zijn. Het is van belang dat op korte termijn grootschalige demonstratieprojecten worden uitgevoerd, waarbij speciale aandacht gegeven wordt aan de veiligheid en vergunningverlening voor opslag. De over-

heid dient hier een grote rol in te spelen.

Maak een routekaart voor de waterstofeconomie

Waterstof zal in eerste instantie uit fossiele brandstoffen geproduceerd worden, waarbij de vrijkomende CO₂ afgevangen en opgeslagen wordt (zogenoemd schoon fossiel). De waterstofeconomie in combinatie met de brandstofcel is een veelbelovende innovatie om een zero-emission mobiliteit met een hoge energie-efficiëntie te bereiken. Ook voor verwarming en het opwekken van elektriciteit voor woningen lijkt dit de ontwikkeling van de toekomst te worden. Teneinde hierop goed te kunnen inspelen met de specifieke sterktes in Nederland, is het belangrijk een routekaart voor de waterstofeconomie beschikbaar te hebben. Proefprojecten als op Texel zijn van belang voor ontwikkeling van een dergelijke routekaart, waarbij participatie in Europees verband (HYWAYS) zelfs essentieel is. Zo'n routekaart dient niet alleen de toekomstige infrastructuur te beschrijven, maar ook aan te geven, welke partijen bij de nieuwe ontwikkelingen betrokken moeten worden. Gezien de grote investeringen die hiermee gemoeid zijn, lijkt een publiekprivate samenwerking van grote instellingen, bedrijven en overheid voor de hand te liggen.

Behoud optie kernenergie

Gezien de ernst van het CO₂-probleem, wil de commissie de optie van kernenergie uitdrukkelijk behouden. Binnen de huidige geliberaliseerde markt voor elektriciteitsproductie ligt het initiatief voor een nieuwe kerncentrale overigens bij de 'markt'. In dit kader is het dan ook noodzakelijk dat de overheid maximale duidelijkheid schept (in wet en vergunningvoorwaarden) onder welke voorwaarden (bijvoorbeeld qua inherente veiligheid en qua afval) een nieuwe kerncentrale acceptabel is. Planvorming voor een nieuwe kerncentrale kan een belangrijke impuls zijn voor het continueren van de Nederlandse kennisinfrastructuur op het gebied van kernenergie.

Kernenergie kan in de toekomst ook de mogelijkheid bieden om bij zeer hoge temperaturen, parallel aan elektriciteitsopwekking, op grootschalige wijze waterstof uit water te produceren, wat belangrijk kan zijn met het oog op de waterstofeconomie.

Blijf als Nederland betrokken bij onderzoek naar kernenergie

Onderzoek naar kernenergie, zowel kernsplijting als -fusie, vraagt om grootschalige experimenten en is kostbaar. Nederland moet via Euratom een bijdrage blijven leveren aan dit onderzoek, ook al omdat nieuwe reactortypes op termijn veel maatschappelijke onrust kunnen wegnemen. Ook onderzoek naar kernfusie, zoals in Nieuwegein wordt verricht, verdient blijvende steun. Nederland moet ook in Europees verband de bouw van de experimentele ITER centrale blijven nastreven.

4. Aardgas

Aardgas is van de fossiele brandstoffen de schoonste bron, die bovendien met relatief hoge efficiëntie kan worden ingezet. Aardgas kan bovendien een rol vervullen als brug naar een duurzame(re) energiehuishouding. Zo kan aardgas de opmaat zijn tot een toekomst met biogas en waterstof als schone energiedragers.

Stimuleer het gebruik van aardgas in de transitiefase naar duurzame energie

Voortdurend worden nieuwe, efficiëntere toepassingen van aardgas ontwikkeld. Zo is op dit moment microwarmtekracht in ontwikkeling. Tevens wordt er gewerkt aan kassen die netto geen energie meer gebruiken. Nederland moet zijn mogelijkheden op dit gebied volop uitbuiten en de opgedane kennis in het buitenland zien te benutten als onderdeel van het buitenlands beleid, het ontwikkelingsbeleid en het exportbeleid.

Ontwikkel een gasknooppunt voor voorzieningszekerheid ("Holland Hub")

Europa wordt steeds afhankelijker van de import van aardgas, zo ook Nederland. Nederland heeft met zijn vele lege gasvelden de kans om deze om te bouwen tot gasbergingen. Daardoor kan de voorzieningszekerheid van aardgas beter gewaarborgd worden. Bovendien levert de combinatie van Groningen, gastransport en gasbergingen Nederland in Europa een vooraanstaande positie op als centraal gasland ("Holland Hub") die voor handelsdoeleinden benut kan worden en economisch nut oplevert.

5. Toepassingen: mobiliteit

*De transportsector is verantwoordelijk voor 20% van het Nederlandse energiegebruik en ze levert een navenante bijdrage aan de CO₂-uitstoot. De transportsector is daarnaast een voorname bron van onder andere NO_x (verzuring, gezondheidsschade) en veroorzaakt forse geluidsoverlast. De commissie meent dat een dichtbevolkt land als Nederland het zich niet kan en mag veroorloven zich neer te leggen bij een vervuilende transportsector als er alternatieven zijn. De commissie wil dat Nederland een **Deltaplan Schoon Transport** gaat uitvoeren.*

Stimuleer inzet van aardgas/biogas voor het stedelijk verkeer en vervoer

Verwacht wordt dat in 2015 (of eerder) voertuigen op schone en stille brandstofcellen en waterstof zullen rijden. Nu reeds is aardgas (of biogas) met een conventionele motor een zeer schoon alternatief. Bovendien vergemakkelijkt een aardgasinfrastructuur de overgang naar waterstof. In de beginfase zullen brandstofcellen waarschijnlijk gebruik maken van aardgas, dat op een aardgasstation via conversie omgezet kan worden in waterstof. De beschikbaarheid van aardgasstations kan dus de transitie naar de toekomst met

waterstof vergemakkelijken en een gericht overheidsbeleid via prijsstelling en gedifferentieerde accijnzen op brandstof en auto's mogelijk maken. Door nu te investeren in aardgas wordt reëel voorgesorteerd op dit transitiepad naar duurzame mobiliteit: sterker nog er wordt een niet onbelangrijke en de politiek verplichtende eerste stap gezet.

Concreet wordt voorgesteld:

- Voor 2010 dienen in het land een aantal proefprojecten te worden opgestart met waterstof als energiedrager en brandstofcellen als krachtbron.
- Er dienen voorbereidingen te worden getroffen zodat deze technologie grootschalig nog voor 2015 kan worden geïntroduceerd, bijvoorbeeld in de regio Rotterdam waar de milieuproblemen het grootst zijn en waar waterstof nu al op grote schaal beschikbaar is.
- Per direct dienen aardgas en biogas geïntroduceerd te worden als brandstof voor de transportsector, met name in het stedelijk vervoer.¹

6. Toepassingen: warmte

De mogelijkheden om energie te besparen bij de warmtevraag is groot. De warmtebalans van een woning kan op de lange termijn bijna in evenwicht zijn². Dit betekent niet dat er geen energie meer wordt gebruikt voor ruimteverwarming. Het betekent wel dat woningen in de zomer ongeveer net zoveel energie produceren (via passieve zonne-energie en via zonnecellen) als zij in de winter nodig hebben. Een groot potentieel is binnen handbereik en het benutten van dit potentieel is essentieel; dit vraagt wel om een structurele aanpak.

Op dit moment wordt dit concept reeds toegepast op de tuinbouw (in de zogenaamde energieloze of energieproducerende kas). Gezien de energie-intensiteit van deze sector, zijn deze ontwikkelingen essentieel voor de concurrentiepositie van deze branche. De overheid dient deze ontwikkelingen krachtig te ondersteunen, als onderdeel van het besparingsbeleid.

1 Aardgas wordt reeds nu in vele landen in de wereld gebruikt voor transport. Aardgas als brandstof is niet duurder dan benzine of diesel. In Nederland ontbreekt het evenwel aan een tankinfrastructuur. Deze horde moet worden genomen via gericht langetermijnbeleid, opdat investeerders voldoende zekerheid krijgen. CNG zal, evenals LPG in het verleden, fiscale stimulering nodig hebben om in de markt gezet te kunnen worden (teneinde de aanpassing in het voertuig te kunnen doen).

2 [De Beer, 2003]

7. Nationaal beleid

Voor een succesvolle transitie is het van belang, dat institutionele barrières bij de invoering van duurzame technologieën (op het gebied van regelgeving, standaardisatie, certificering, vorming van publiek/private samenwerkingsverbanden) worden opgeheven en dat door de overheid een consistent beleid wordt gevoerd. Hiermee verkleint de overheid de barrières om veranderingen door te kunnen voeren.

Voer consistent, op lange termijn gericht, stabiel beleid

Onderzoek, ontwikkeling en marktintroductie van duurzame energie vergen grote investeringen in de markt. Dat soort investeringen komt alleen van de grond indien er voldoende vertrouwen is dat ze terugverdiend kunnen worden. Regelmatig voorkomende plotselinge beleidswijzigingen komen de voor de investeringen benodigde stabiliteit en zekerheid niet ten goede. Nederland moet geen kansen verspelen door een zwalkend beleid.

Willen we de vruchten van transitiebeleid kunnen plukken, dan moet de overheid zich nadrukkelijk rekenschap geven van de voor de gewenste investeringen benodigde zekerheid. Dit betekent niet dat beleid voor altijd vaststaat, maar wel dat de overheid duidelijk aangeeft voor welke termijn kaders vaststaan en wanneer evaluatie zal plaatsvinden. Bij beleidswijzigingen zal de overheid zich nadrukkelijk rekenschap moeten geven van de effecten daarvan op het speelveld.

Intensiveer het innovatiebeleid

Gezien het belang en de urgentie van de beoogde energietransitie is het noodzakelijk in de komende jaren aan onderzoek en systeeminnovatie op dit gebied een hogere prioriteit toe te kennen. Hiertoe zou een substantieel gedeelte van de BSIK gelden, die voortvloeien uit de extra aardgasbaten, geormerkt moeten worden om energietransitie en daarmee samenhangende innovatieprocessen te faciliteren.

Besteed meer aandacht aan demonstratieprojecten

De toepassing van nieuwe klimaatneutrale en duurzame technologie stagneert te vaak bij de initiële marktintroductie. Het is heel moeilijk om over de zogenaamde "technology gap" tussen fundamentele ontwikkeling en praktische toepassing te komen. Daarom is extra stimulering bij de demonstratie en marktintroductie van duurzame technologieën nodig. Economische groei en werkgelegenheid zijn gebaat bij de daadwerkelijke demonstratie en toepassing van deze nieuwe technologieën. Dit kan bereikt worden door experimenteergebieden te onderscheiden, waar grote demonstratieprojecten in een beschermde omgeving kunnen worden uitgevoerd. Idealiter gebeurt dat

in de vorm van clusters, waarin naast onderzoeksinstellingen en investeerders ook die bedrijven zijn vertegenwoordigd die bij succesvolle demonstratie een vervolgstap richting implementatie kunnen maken. De overheid kan bij deze clustervorming een katalyserende rol spelen. Hierdoor kunnen zich langzamerhand nieuwe industrieën ontwikkelen. Ook kan van deze innovatieve coalities een impuls uitgaan die de aantrekkingskracht van het exacte onderwijs versterkt.

Voorstel voor hernieuwde MEP

Er zijn enkele problemen met de (huidige) MEP. Ten eerste heeft de regeling een open-einde-karakter. Daarnaast is de subsidie wel optie- maar niet projectgebonden, waardoor er in feite geen subsidie-op-maat verstrekt kan worden. Desondanks is de MEP-regeling zeker geen slecht systeem. De commissie stelt voor de MEP-regeling aan te passen, waarbij bovenstaande problemen ondervangen (kunnen) worden. Het (maximale) budget zal afgestemd moeten worden op de beleidsdoelen die met de regeling beoogd worden. Binnen de door het beleid gestelde kaders zou vervolgens gericht subsidie verstrekt kunnen worden aan projecten (of clusters van projecten), waarbij voor elk project steeds voor een bepaalde termijn zekerheid wordt geboden.

De keuze van de projecten die voor subsidieverlening in aanmerking komen, zou kunnen gebeuren op basis van de volgende selectiecriteria:

- 1) kosten per opgewekte kWh (kan per technologie verschillen, EZ geeft richtbedragen);
- 2) mate van samenwerking in gehele keten;
- 3) (inter)nationale kennisuitwisseling (wie krijgt onderzoeksgegevens ter beschikking);
- 4) leereffecten voor deelnemers per euro;
- 5) actieve deelname van industrie in leerproces;
- 6) diversiteit van technologie

Subsidieregeling ook voor andere klimaatneutrale toepassingen

Het systeem van de CO₂-emissierechten combineert normstelling met zelfregulering. De markt zoekt zelf de goedkoopste optie om de uitstoot van CO₂ te beperken en richt zich hierbij op de korte termijn. Dit systeem werkt sterk convergerend, dat wil zeggen dat veel marktpartijen dezelfde reductieoptie kiezen. De MEP stimuleert juist alle duurzame bronnen en werkt juist divergerend. Echter, de huidige MEP subsidieert alleen toepassingen voor elektriciteitsopwekking. Duurzaam geproduceerde warmte en het gebruik van biogas en andere biobrandstoffen dienen op gelijksoortige wijze gestimuleerd te worden.

8. Internationaal beleid

Om de effectiviteit van het internationale langetermijnbeleid te vergroten, doet de commissie de volgende aanbevelingen:

Streef in klimaatonderhandelingen vooral naar een grote klimaatalliantie

Het land dat de meeste CO₂ uitstoot, de Verenigde Staten, doet nog steeds niet mee aan de uitvoering van het Kyoto-protocol. Opkomende landen als China, India en Brazilië hoeven hun emissie in het huidige protocol niet te beperken. Na 2012 wel, maar ze aarzelen over toetreding tot een vervolgverdrag. Klimaatbeleid is uiteraard het meest effectief en efficiënt als het wereldwijd wordt ingevoerd. Er moet naar gestreefd worden zo veel mogelijk landen bij het VN-klimaatbeleid te betrekken en zeker de Verenigde Staten.

Behoud Europese emissiehandel ook zonder VN-akkoord

Ook als er geen VN-verdrag over klimaatbeleid na 2012 in werking treedt, moet het Europese emissiehandelssysteem blijven functioneren. De EU-doelstelling van klimaatbeleid hangt immers niet af van de VN-agenda en het systeem biedt een kosteneffectieve wijze om de EU-doelstelling te halen. Voortzetting van de emissiehandel biedt bedrijven zekerheid m.b.t. toekomstige emissieplafonds en biedt bedrijven via emissieopties een instrument om zich in te dekken tegen onzekerheid. Wel moet beseft worden dat een toekomstig emissieplafond nauwelijks kan dalen als er geen internationale afspraken zijn gemaakt om concurrentievervalsing te voorkomen.

Evalueer energiebeleid van de EU en van Nederland

Het EU-beleid omtrent energie kenmerkt zich door een zekere versnippering. Er wordt teveel separaat gewerkt aan het eisenpakket "betaalbaar (liberalisering), hernieuwbaar, betrouwbaar (voorzieningszekerheid) en schoon". De commissie pleit daarom voor een integrale benadering van het EU-energiebeleid waarin duurzaamheid een gelijkwaardige plaats inneemt. Dit geldt overigens ook voor het Nederlandse beleid. De commissie wil dat beleidsvoornemens op het gebied van energie steeds aan alle vier uitgangspunten worden getoetst.

Mede gezien de snelle veranderingen in de structuur van de energiebedrijven ten gevolge van de huidige liberalisering, is het volgens de commissie van belang dat de Nederlandse overheid en in tweede instantie de EU ook in de toekomst een belangrijke rol spelen om een betaalbare energievoorziening op de lange termijn voor de burger te waarborgen.

1 Inleiding

Inleiding

Gemak dient de mens. De mensheid zoekt telkens weer manieren om doelmatig te handelen. Eeuwen lang heeft het nobele paard zijn dienst bewezen, maar sinds de industriële revolutie midden 18e eeuw is steeds meer overgestapt op mechanisatie, aanvankelijk vooral via kolen. Aan het einde van de 19^e eeuw ontdekte men een praktische toepassing voor elektriciteit. Zo brandden in 1882 voor het eerst straatlantaarns in New York op elektriciteit. Dit heeft sindsdien een enorme vlucht genomen. De continuïteit van huidige omvangrijke elektriciteitsvoorziening is van vitaal belang geworden voor de (uiteraard ook Nederlandse) samenleving.

Al in 1896 ontdekte de Zweedse Nobelprijswinnaar Arrhenius echter dat het gebruik van grote hoeveelheden kolen tot een temperatuurstijging zou gaan leiden. Hij berekende dat een verdubbeling van de concentratie kooldioxide in de lucht enkele graden temperatuurstijging met zich mee zou brengen. Zo'n negentig jaar later begon het risicobewustzijn rond het grootschalige gebruik van fossiele brandstoffen ook door te dringen tot politici en beleidsmakers. Dankzij geavanceerde computermodellen weten we nu in veel meer in detail wat de gevaren zijn van de uitstoot van broeikasgassen. Arrhenius heeft helaas gelijk gehad. In februari 2005 is het eerste wereldwijde verdrag ter beperking van de uitstoot van broeikasgassen, het zogenaamde verdrag van Kyoto, van kracht geworden.

Doel

De uitstoot van broeikasgassen is het resultaat van het gebruik van fossiele brandstoffen. Deze vorm van energiewinning en -verspreiding is sterk geïntegreerd in de Nederlandse energievoorziening. De christen-democratie streeft echter naar een *duurzame* energiehuishouding, die steunt op duurzame energiebronnen. De overgang naar zo'n duurzame energiehuishouding wordt in deze studie aangeduid als *energietransitie*. Dit proces vraagt om verstrekkende ingrepen. De omslag die nodig is gaat verder dan technologische veranderingen. Er zijn ook maatschappelijke en institutionele patronen, krachten en gerechtvaardigde belangen mee gemoeid. Het doel van deze studie is het ontwikkelen van een visie op de energietransitie in de periode tot 2050. De studie van de commissie wordt afgezet tegen recente literatuur over energietransitie.

Afbakening

De energietransitie heeft betrekking op de gehele energiehuishouding, gericht op zowel de energiebronnen als op de stationaire toepassingen (industrie, huishoudens) en mobiele applicaties (voertuigen). De gehele energieketen wordt meegenomen, van winning en extractie via conversie en

transport tot eindgebruik. Deze studie omvat technologische ontwikkelingen, bestuurlijke en institutionele randvoorwaarden en maatschappelijke acceptatie van nieuwe technologieën.

Aandachtspunten binnen deze beleidsstudie zijn de belemmeringen die de commissie verwacht bij de transitiepaden van de energiehuishouding tot 2050 en de wijze waarop deze overwonnen kunnen worden. Wie neemt het voortouw bij het bewerkstelligen van de energietransitie en wat is de rol van de overheid bij transitie-management?

Opbouw

Dit rapport is als volgt opgebouwd. Hoofdstuk 2 geeft aan dat de christendemocratie kiest voor duurzaamheid. Tevens wordt het begrip duurzaamheid gedefinieerd, wat een kader levert voor de energietransitie. Hoofdstuk 3 zet uiteen dat twee problemen in het bijzonder (namelijk het klimaatprobleem en de voorzieningszekerheid) de urgentie van de energietransitie onderstrepen. Vervolgens wordt ingegaan op het specifieke karakter van de energietransitie en het van de overheid verwachte 'transitiemanagement' (Hoofdstuk 4). Een eerste belangrijk instrument om broeikasgasemissies terug te dringen is het internationaal afgesproken systeem van emissieplafonds en emissiehandel. Dit wordt besproken in hoofdstuk 5, evenals de verwachte inzet van de gebruikte energiebronnen. In de hoofdstukken 6 tot en met 8 komen de verschillende opties in de energietransitie *per bron* aan de orde. Hoofdstuk 6 bespreekt de transitiepaden voor energiebesparing en (volledig) duurzame bronnen. Hoofdstuk 7 behandelt 'klimaatneutrale' bronnen (niet hernieuwbaar, maar geen CO₂-uitstoot). Hoofdstuk 8 besteedt aandacht aan de schoonste van de fossiele energiebronnen: aardgas. In hoofdstuk 9 worden de mogelijkheden voor een energietransitie benaderd vanuit het perspectief van (twee) *toepassingen*: (i) verkeer en vervoer, en (ii) warmte. In hoofdstuk 10, ten slotte, worden specifieke kansen voor Nederland in het kader van de energietransitie geïdentificeerd.

2 Een keuze voor duurzaamheid

2.1 Christen-democratische uitgangspunten

Het CDA laat zich bij zijn standpunten leiden door een aantal richtinggeven- de leidraden. Die zijn verwoord in het Program van Uitgangspunten. Deze zijn gerechtigheid, solidariteit, gespreide verantwoordelijkheid en rentmees- terschap.

Het samenspel van deze leidraden laat zich verbinden met het ontwikkelen van een visie op de energiehuishouding. Zoals eerder aangegeven in WI- publicaties³ beantwoordt de huidige energiehuishouding niet aan het streef- beeld voor de energievoorziening. Reden waarom een 'energietransitie' nodig is.⁴ In dit rapport vormen in het bijzonder twee problemen de aanlei- ding om nu werk te (willen) maken van de energietransitie: de mogelijke kli- maatverandering ten gevolge van het broeikas-effect en de voorzieningszekerheid van de energievoorziening.

2.2 Op weg naar duurzaamheid

In het Program van Uitgangspunten van het CDA wordt als uitgangspunt gepresenteerd dat de mens de vruchten van de schepping mag gebruiken, maar het vruchtdragend vermogen intact moet laten, dat dit zo nodig moet worden hersteld en waar mogelijk verbeterd.⁵

Het appèl tot rentmeesterschap gaat verder dan enkel 'duurzaamheid'.⁶ Het Brundtland-rapport⁷ omschrijft duurzame ontwikkeling terecht als een 'ont- wikkeling waarbij in de huidige behoeften voorzien kan worden zonder het vermogen van toekomstige generaties om in hun eigen behoeften te voor- zien aan te tasten'.⁸ Deze definitie heeft algemeen ingang gevonden.

Het CDA en de Europese Volkspartij (EVP) streven naar een duurzame samen-

3 Bijvoorbeeld: WI voor het CDA, *Schepping en rentmeesterschap* ('s-Gravenhage, 1993) en WI voor het CDA, *Partners in duurzaamheid* ('s-Gravenhage, 2000).

4 Vergelijk het recente WI-rapport *Energiekeuze(s) belicht* (2004, p. 106): „Vanuit deze houding streeft de christen-democratie naar een verstandig en op de lange termijn gericht energiebeheer, met aandacht voor de maatregelen die nodig zijn om een over- gang ('transitie') naar een duurzame energievoorziening mogelijk te maken.”

5 Artikelen 10 en 55 Program van Uitgangspunten CDA.

6 *Schepping en rentmeesterschap*, p. 33 en *Partners in duurzaamheid*, p. 36.

7 [Brundtland, 1987]

8 „Sustainable development is development that meets the need for the present without compro- mising the ability of future generations to meet their own needs.”

leving.⁹ In eerdere WI-publicatie (*Partners in duurzaamheid*) zijn de christen-democratische uitgangspunten uiteengezet.¹⁰

Gerechtigheid betekent in verband met duurzaamheid dat de overheid de voorwaarden schept waaronder mensen en maatschappelijke verbanden zich als goede beheerders van de natuur gedragen. Hierbij let de overheid erop dat het milieu tegen aantasting en rooibouw wordt beschermd en dat alle mensen inclusief de na ons komende generaties, aan de vruchten van de schepping tenminste een elementair bestaan kunnen ontlennen.

Solidariteit duidt erop dat de mens de vruchten van de schepping niet alleen aan zichzelf, maar ook aan de naaste en aan de na hem komende generaties ten goede moet laten komen.

Rentmeesterschap betekent dat de mens beheerder van de schepping is. Een beheerder die het eigen functioneren van het milieu moet respecteren en tot bloei moet laten komen. Het vruchtgebruik is er voor de mens (en dier), het vruchtdragend vermogen dient hij intact te laten.

Gespreide verantwoordelijkheid duidt erop dat de plicht om goed met de natuur om te gaan niet alleen en zelfs niet primair een taak van de overheid is. Dat is een verantwoordelijkheid die iedereen aangaat (bedrijven, huishoudens, agrariërs, recreanten, automobilisten etc.).

Tegen deze achtergrond is het van belang te werken aan een duurzame energiehuishouding. Terecht wordt die in het NMP4 omschreven als een energiehuishouding waarbij de gebruikte energiebronnen nu en in de toekomst voldoende beschikbaar zijn, de effecten van het energiegebruik blijvend onschadelijk zijn voor de natuur en de mens, de levering betrouwbaar en veilig is en een ieder toegang heeft tot energie tegen een redelijke prijs.¹¹

32

De huidige energievoorziening voldoet niet aan dit ideaalbeeld.¹² Ten eerste is een aanzienlijk deel van onze energievoorziening nog gebaseerd op energiebronnen die niet hernieuwbaar zijn. Fossiele brandstoffen en uranium zijn eindig, dat wil zeggen beperkt voorradig. Sommige natuurlijke hulpbronnen zijn (nu) nog redelijk ruim voorradig, maar dat doet er niet aan af dat zij niet onuitputtelijk zijn.

Ten tweede is niet alleen de voorradigheid van de energiebronnen van belang, maar ook de mate waarin wij (in Nederland en Europa) toegang hebben tot die bronnen (relatieve beschikbaarheid). Dit is het onderwerp van de voorzieningszekerheid. Europa zal, bij ongewijzigd beleid, in de toekomst

9 *Partners in duurzaamheid*, p. 19.

10 *Partners in duurzaamheid*, 's-Gravenhage 2000, pp. 23-24.

11 [MinVROM, 2001]

12 Vergelijk ook *Nationaal milieubeleidsplan 4*.

voor zijn energievoorziening steeds afhankelijker zijn van andere landen.¹³ In hoeverre kan Europa op deze landen vertrouwen? Hoe kan Europa de beschikbaarheid van energiebronnen zo goed mogelijk veiligstellen?

Ten derde zijn de effecten van het huidige energiegebruik schadelijk. Het gebruik van energiebronnen heeft schadelijke gevolgen voor de leefwereld en de medemens: bijvoorbeeld luchtvervuiling, vanwege de verbranding van fossiele brandstoffen, of radioactief afval vanwege kernenergie. Soms is er sprake van indirecte schade, bijvoorbeeld de schade ten gevolge van een klimaatverandering door het broeikaseffect.

Ten slotte: ook een gelijkwaardige toegang tot energie is, zeker op mondiale schaal, bepaald nog niet voldoende verwezenlijkt.

Een ontwikkeling in de richting van een duurzame, of in ieder geval *duurzamere* energiehuishouding is daarom nodig. Dit is de essentie van de *energie-transitie* zoals deze in dit rapport besproken wordt. Daarbij is het *draagvermogen* van het milieu het uitgangspunt.

Eerder is in *Partners in duurzaamheid* (2000) de ambitie uitgesproken dat ‘Nederland op een termijn van vijftig jaar zelf een duurzame samenleving dient te worden, die zo min mogelijk afhankelijk is van niet-duurzame bronnen elders.’ Deze termijn valt samen met de focus van deze studie. Ook die richt zich vooral op de ontwikkelingen tot 2050.

2.3 Dimensies van duurzaamheid

‘Duurzaamheid’ is een begrip dat goed klinkt en waarschijnlijk daarom in de praktijk in verschillende betekenissen gebruikt wordt. Om te vermijden dat het een hoera-begrip wordt, is het zinnig te preciseren. Zoals hiervoor aangegeven beschouwen we als een duurzame energiehuishouding een energiehuishouding waarbij de gebruikte energiebronnen nu en in de toekomst voldoende beschikbaar zijn, de effecten van het energiegebruik blijvend onschadelijk zijn voor de natuur en de mens, de levering betrouwbaar en veilig is en een ieder toegang heeft tot energie tegen een redelijke prijs.

Deze omschrijving hanteert verschillende aspecten (‘dimensies’). De aandacht valt in het bijzonder op:¹⁴

13 [EC, 2000]

14 We laten hier bepaalde aspecten achterwege, zoals ‘toegang tot een redelijke prijs’.

- hernieuwbaarheid: is de energiebron hernieuwbaar of 'eindig' voorradig?
- beschikbaarheid: zowel absoluut (hoeveel voorraden?) als relatief (kunnen wij erover beschikken?)
- (on)schadelijkheid: hoe schadelijk is het gebruik van de energiebron voor milieu en medemens?
- klimaatneutraliteit:¹⁵ welke effecten heeft het gebruik van de energiebron op de concentratie broeikasgassen in de atmosfeer?

Deze studie richt zich op de twee knelpunten rond de huidige energievoorziening: (i) de uitstoot van broeikasgassen met als mogelijke gevolg een klimaatverandering en (ii) de voorzieningszekerheid voor energie.

Deze knelpunten vragen om minimaal twee redenen urgent aandacht. In de eerste plaats omdat op betrekkelijk korte termijn beslissingen voorliggen, die nog vele jaren hun invloed op de energievoorziening zullen hebben. De komende tijd wordt voorgesorteerd op de toekomst. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om investeringen in productiecapaciteit voor elektriciteit. In de tweede plaats wordt het allengs duidelijker dat, willen we straks niet hopeloos in de problemen komen, er nu actie nodig is. De streefbeeld voor straks vragen om beslissingen hier en nu. Voorkomen moet worden dat allerlei vergezichten over toekomstige (technologische) ontwikkelingen ons nu in slaap sussen.

De genoemde dimensies van duurzaamheid bieden houvast bij het ontwikkelen van beleid. Het komt erop aan dat de energiehuishouding zo veel mogelijk verduurzaamt en hoger gaat scoren op de genoemde dimensies. Daarbij zij nogmaals aangetekend dat in de omschrijving ook sprake is van toegang tot energie 'tegen een redelijke prijs'. Ook het WI-rapport *Energiekeuze(s) belicht* geeft het belang van 'redelijke prijzen' duidelijk aan.¹⁶

Twee typen verbeteringen zijn te onderscheiden. Ten eerste *vervanging* (of *substitutie*) van de ene energiebron door een energiebron die beter scoort op de dimensies van duurzaamheid. Tot deze categorie hoort ook energiebesparing, ook al is er strikt genomen sprake van energiebesparing zonder vervanging door een alternatieve energiebron.

In de tweede plaats kan een bepaalde energiebron duurzamer gemaakt worden (*verzachting*). Hier valt bijvoorbeeld te denken aan het verbeteren van de

¹⁵ In zekere zin zou 'klimaatneutraliteit' ook beschouwd kunnen worden als een bijzonder aspect van de indirecte (on)schadelijkheid van de energiebron.

¹⁶ *Energiekeuze(s) belicht*, p. 11 en p. 106.

efficiëntie van de energieomzetting of het beperken van de schadelijke effecten.

Deze indeling biedt, gekoppeld aan de dimensies van duurzaamheid, aanknopingspunten voor een brede energietransitie. Het is bijvoorbeeld evident dat verzachting van de toepassing van een bepaalde bron, bijvoorbeeld kolen, door CO₂ af te vangen om deze vervolgens (veilig) op te slaan, een duurzamere energiehuishouding oplevert. Datzelfde geldt indien men biomassa gaat bijstoken in een (gewone) kolencentrale: hierbij wordt immers de eindig voorradige energiebron kolen vervangen door een energiebron die hernieuwbaar en (ook) klimaatneutraal is.

Vergelijking van de energiebronnen op verschillende dimensies maakt ook keuzemomenten en dilemma's inzichtelijk. Hoe moet bijvoorbeeld kernenergie gewaardeerd worden ten opzichte van het gebruik van aardgas. Kernenergie is weliswaar klimaatneutraal, maar de komende generaties krijgen wel te maken met het radioactieve afval. Dat speelt niet bij aardgas, maar daarbij komen weer broeikasgassen vrij. In de praktijk vinden derhalve *trade-offs* plaats. In de praktijk zal er altijd een balans gevonden moeten worden tussen de soms rivaliserende doelstellingen.¹⁷ Zo heeft een duurzame ('schone') energievoorziening een prijs: wat is de maatschappij bereid te betalen voor duurzaamheid?

2.4 Wereldbeelden in relatie tot christen-democratie

Scenario's in de politiek

Voor een stabiel langetermijnbeleid zijn enorme verschuivingen qua politieke aandacht en prioriteiten een gevaar. Een zo breed mogelijk draagvlak is ook in politiek opzicht nodig. Bedrijven en onderzoeksinstituten (o.a. RIVM) proberen de onzekerheid die door perspectiefwisselingen ontstaat zo goed mogelijk in kaart te brengen. Met dat oog ontwikkelen zij verschillende toekomstbeelden of scenario's.¹⁸

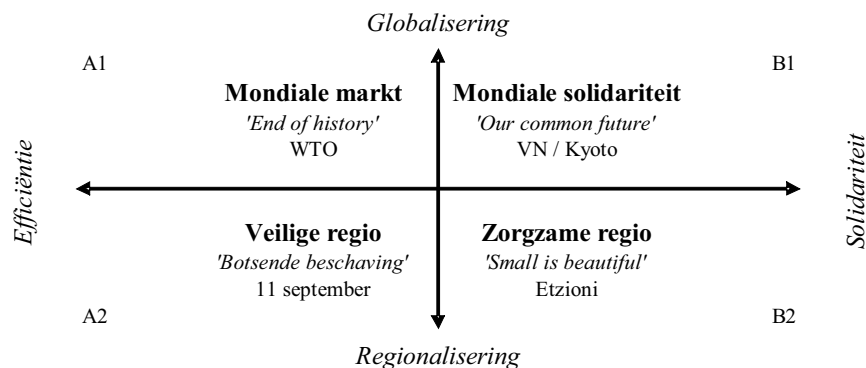
Waardenoriëntaties in wereldbeelden vervat

Het RIVM heeft mogelijke toekomstvarianten geschetst aan de hand van de waardenoriëntatie van Nederlanders. Deze zijn geclusterd in vier hoofdrichtingen, ook mogelijke "wereldbeelden" genoemd. De wereldbeelden geven elk een specifieke kijk weer op de duurzaamheidsvraag: de kwaliteit van leven en de manier waarop die kwaliteit moet worden gerealiseerd (figuur

¹⁷ Energiekeuze(s) belicht, p. 11.

¹⁸ Zie appendix 4 voor de overeenkomsten van diverse scenario's van verschillende auteurs.

1). De wereldbeelden verschillen in de eerste plaats in de mate van internationale verwevenheid van activiteiten (globalisering versus meer regionale ontwikkeling; *verticale as*) en in de afweging tussen efficiëntie en solidariteit (*horizontale as*). De horizontale as is sterk geassocieerd met de keuze tussen marktwerking en overheidscoördinatie.



Figuur 1 Typering van de vier wereldbeelden (Bron: RIVM).

A1-wereldbeeld: Mondiale markt

Dit wereldbeeld geeft een toenemende globalisering en individualisering aan, de prestatimaatschappij, met een hoge economische groei. De ecologische risico's (met name klimaatverandering) zijn hierbij groot. Het gebruik van fossiele brandstoffen blijft hoog.

A2-wereldbeeld: Veilige regio

De aanhangers van dit wereldbeeld zijn sterk gericht op (nationale) veiligheid, orde en gezag. Vrijhandel wordt als bedreiging voor de werkgelegenheid gezien. Men streeft naar minder immigranten en meer beveiliging. Dit leidt tot een wereldbeeld met scherpere tegenstellingen tussen culturele blokken (Huntington's Botsende Beschavingen, 1997). In dit wereldbeeld zet de trend naar hedonisme en individualisme door. Het energiegebruik en CO₂-emisie blijven stijgen.

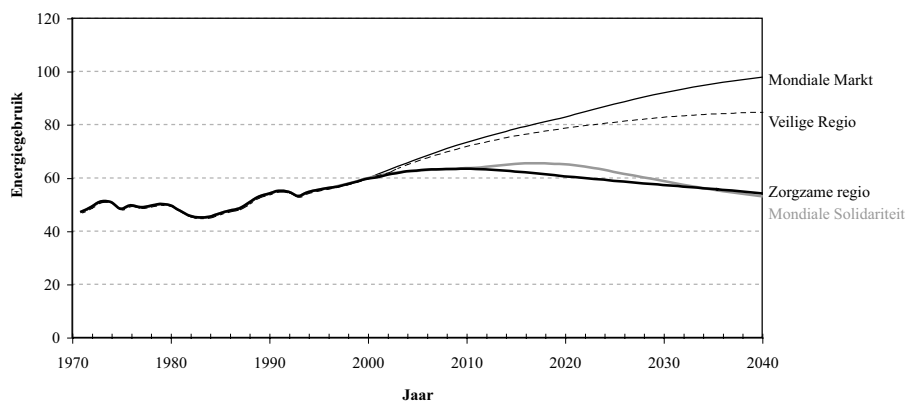
B1-wereldbeeld: Mondiale solidariteit

In dit wereldbeeld wordt getracht de voortgaande globalisering door regels en verdragen in ecologisch en maatschappelijk goede banen te leiden; een voorbeeld is het Kyoto Protocol om de klimaatproblematiek aan te pakken. Er komt een wereldwijde, effectieve overheidscoördinatie tot stand. Sociale rechtvaardigheid wordt als een onmisbaar element gezien om de spanning tussen economie en ecologie op te lossen: De bijbehorende lagere economische groei in Europa wordt in dit wereldbeeld geaccepteerd. Door hernieuwbare energie en besparingstechnologie neemt op termijn het gebruik van fossiele bronnen en de CO₂-emissie af.

B2-wereldbeeld: Zorgzame regio

Gemeenschapszin, burgerlijke verantwoordelijkheid en sociaal-culturele diversiteit staan hoog in het vaandel. Immateriële zaken als vrije tijd en gemeenschappelijke identiteit worden in dit wereldbeeld belangrijk gevonden: geld maakt niet gelukkig. Er wordt gestreefd naar hernieuwbare energiebronnen en besparing, zodat het gebruik van fossiele brandstoffen op de langere termijn gestabiliseerd wordt.

Figuur 2 laat zien hoe groot de ingeschatte invloed is van de wereldbeelden op het toekomstige energiegebruik in de geïndustrialiseerde wereld (OESO-landen).



Figuur 2 Toekomstige energiegebruik in de OESO-landen volgens de RIVM-wereldbeelden.¹⁹

19 [RIVM, 2004]

Politieke oriëntatie

De wereldbeelden en hun mogelijke consequenties zijn door TNS-NIPO in 2003 voorgelegd aan een representatieve steekproef van 2500 Nederlanders.²⁰ Hieruit blijkt dat 70% van de CDA'ers meer hecht aan een primair solidaire wereld (B-werelden), dan een vooral efficiënte wereld. Zij hebben daarbij nog eens een voorkeur voor de zorgzame regio (B2). Zorg voor het klimaat en aandacht voor schone energie staan in deze wereldbeelden voorop.

Welk wereldbeeld zich tenslotte zal ontwikkelen, hangt van een breed scala van factoren af. Het CDA kan wel aangeven welke *elementen* van de diverse verkennende wereldbeelden aantrekkelijk zijn vanuit het normatieve gedachtegoed van de christen-democratie. Daarbij realiseert zij zich dat de genoemde scenario's niet per se een dwingend karakter hebben. Zij laten immers de *mogelijke* consequenties van een wereldbeeld zien, juist om per ideaal geschetst beeld kwetsbaarheden op het spoor te komen. Zijn die kwetsbaarheden bekend dan valt juist daar wellicht op te sturen. Zo kan binnen het globaliserende competitieve wereldbeeld bijvoorbeeld worden gekoerst op technologische innovatie die de duurzaamheid dient, op het creëren van markten voor schone producten (wereldbeeld A1). Een scenario als dat van de veilige regio kan ook andere dan hedonistische impulsen geven. De risico-alertheid kan zich vertalen in een sterke wil niet meer afhankelijk te zijn van regio's als het Midden-Oosten en Rusland en een enorme vaart te zetten achter het streven naar duurzame of meer klimaat-neutrale energiebronnen (zoals wind, zon, water, kernenergie). Een scenario als dat van de zorgzame regio kan op haar beurt erg defensief uitpakken, lam slaan en innovatie doden. Het komt er dan ook op aan om scenario's niet te zien en te hanteren als soort toekomstvoorspellingen. Zij moeten zeker ook niet gezien worden als assen op grond waarvan politieke partijen gemakshalve ingedeeld kunnen worden, maar vooral als heuristische middelen via welke wij risico's en kansen op het spoor kunnen komen. De wereldbeelden dienen ertoe om het te voeren beleid robuust te maken tegen een scala aan mogelijke toekomstige ontwikkelingen.

2.5 Energietransitie in relatie tot andere problemen

Een snelle en effectieve energietransitie is niet alleen vanwege het milieu van belang. In toenemende mate spelen er ook andere afwegingen en gerechtvaardigde belangen een rol. Een aantal hiervan zijn:

²⁰ [RIVM, 2004]

Vrede en veiligheid

De wereldwijde energiebehoefte zal de komende decennia waarschijnlijk verdrievoudigen.²¹ Tegelijkertijd zal het aanbod van fossiele brandstoffen in toenemende mate in handen zijn van slechts enkele spelers (zie hoofdstuk 3). Dat kan gemakkelijk spanningen en wantrouwen oproepen, om over prijsfluctuaties maar niet te spreken. Spanningen op deze markt roepen zelfs spanningen op in termen van vrede en veiligheid. Het gaat immers om cruciale belangen: de energievoorziening raakt het hart van de economie van landen. Bovendien zijn er de gevolgen van een mogelijke klimaatverandering. Ook die kunnen ingrijpend zijn, bijvoorbeeld voor de beschikbaarheid van drinkwater. Ook dat kan geopolitieke spanningen opleveren. Een tijdige energietransitie is daarom noodzakelijk om deze negatieve ontwikkeling te voorkomen.

Armoedebestrijding

Armoede is meer dan een kwestie van inkomensontwikkeling. In toenemende mate zijn het vooral vaste lasten, zoals voor energie, die op het budget van mensen drukken. Mensen kunnen in onze hoogcomplexere samenleving niet meer zonder gas en licht. De lasten zijn de afgelopen jaren behoorlijk gestegen. In sommige gevallen is zelfs sprake van relatieve energiearmoede. Het deel van het inkomen dat men moet besteden aan energiekosten overschrijdt dan een zekere norm (in het Verenigd Koninkrijk ligt deze norm op 10% van het huishoudinkomen). Er is ook absolute energiearmoede: het feitelijke gebrek aan beschikbare energie. Die vorm van armoede gaat vaak hand in hand met extreme armoede: het gebrek aan een besteedbaar inkomen. In dat verband heeft de VN duidelijke doelen geformuleerd. In 2015 moeten zeshonderd miljoen mensen extra kunnen beschikken over elektriciteit. Een ongeveer even zo groot aantal mensen moet voor koken en verwarming de beschikking kunnen krijgen over efficiëntere brandstoffen dan traditionele biomassa.²²

Verbeterde energievoorziening in de ontwikkelingslanden

Een goede en duurzame energievoorziening is ook van belang in het kader van ontwikkelingssamenwerking.²³ Ontwikkeling brengt nu eenmaal energiegebruik met zich mee. Zo bezien zou de toename van het energiegebruik in de ontwikkelingslanden niet als probleem, maar als doelstelling moeten worden geduid. Maar het is wel een doelstelling die - bij succes - juist om een snellere energietransitie in de geïndustrialiseerde wereld vraagt. Per saldo nemen dan immers aanbod en beschikbaarheid van fossiele energiebronnen af.

21 [Nakicenovic, 2000]

22 [IEA, 2004]

23 [DFID, 2002]

De eerste millenniumdoelstelling van de VN is het uitbannen van de grootste armoede en van honger. Een goede energievoorziening kan bijdragen aan deze doelstelling, omdat toegang tot energie de economische groei stimuleert en een tweedeling in de wereld kan voorkomen of bijbuigen. Energie is verder nodig om eten te koken en schoon drinkwater op te pompen.

Basisonderwijs voor iedereen toegankelijk

De millenniumdoelstellingen spreken ook over een voor ieder toegankelijk basisonderwijs en over het bevorderen van een gelijke behandeling van mannen en vrouwen. Beide doelstellingen hebben te maken met de huidige energievoorziening. Die bestaat voor veel mensen in de ontwikkelingslanden uit zogenaamde traditionele biomassa. In de praktijk betekent dit echter dat vooral vrouwen bezig zijn met het verzamelen van hout. Moderne energiebronnen kunnen daar een oplossing voor bieden, waardoor vrouwen meer tijd aan scholing kunnen besteden en ander werk kunnen gaan doen.

Gezondheidszorg

Ook de gezondheidszorg is gebaat bij een moderne energievoorziening. In ziekenhuizen is immers energie nodig voor operatiekamers, voor koeling van vaccins en medicijnen en voor transport naar ziekenhuizen.

Tot slot: in de VN millenniumdoelstellingen is uiteraard ook de doelstelling van een duurzaam milieu opgenomen. Een doelmatiger energiegebruik en schonere brandstoffen zijn nodig om grondstoffen intact te laten en de lokale milieukwaliteit te garanderen.

3 Probleemstelling

3.1 Inleiding

Energie als basis voor onze economie

Economie en energie zijn nauw met elkaar verbonden. De energievraag is ook al heel lang niet meer van de sociale vraag te scheiden. Reeds omstreeks 1900 had de automobielpionier Henry Ford een droom: "... to build a vehicle affordable to the working family and powered by a fuel that boosts the rural farm economy."

Energie vormt de basis voor veel van onze activiteiten: verwarming, verlichting, transport, industrie en communicatie bijvoorbeeld. De forse economische groei in de afgelopen honderd jaar zou onmogelijk zijn geweest zonder de beschikbaarheid en het gebruik van grote hoeveelheden energie. Fossiele brandstoffen vormen de belangrijkste bronnen van energie. Deze brandstoffen zijn relatief goedkoop. Zij zijn ook flexibel in te zetten, zodat aan de sterk wisselende energievraag is te voldoen.

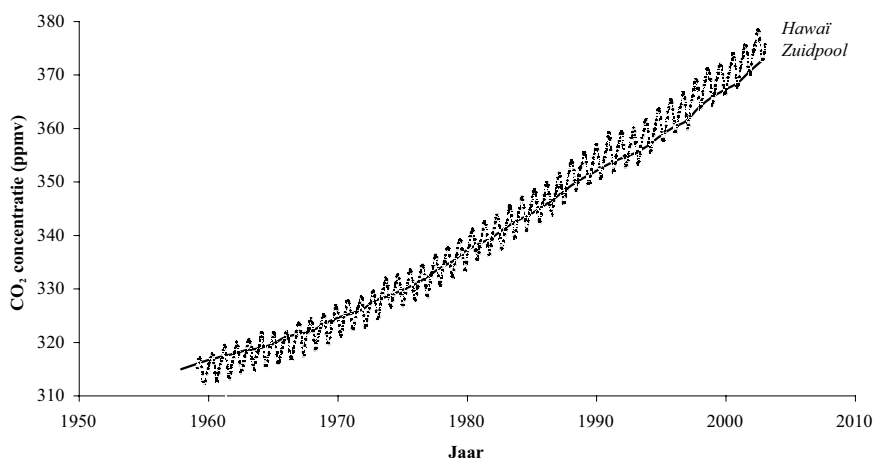
3.2 Uitstoot van broeikasgassen

Fossiele brandstoffen veroorzaken bij verbranding de emissie van kooldioxide (CO₂) naar de atmosfeer, waardoor het natuurlijke broeikaseffect versterkt wordt. De concentratie CO₂ is sinds de industriële revolutie al gestegen van 270 ppmv naar 380 ppmv.²⁴ De toename gaat gestaag voort, zie figuur 3. Eind jaren tachtig besloot de VN dat het klimaatprobleem wereldwijde aandacht verdiende. Het riep het *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) in het leven. Het IPCC heeft nu drie maal een overzicht gegeven van de wetenschappelijke inzichten aangaande het klimaatprobleem. De beleidssamenvattingen van deze drie *Assessment Reports* laten een toenemende wetenschappelijke consensus zien.

- In 1990 rapporteerde het IPCC voorzichtig: er is een natuurlijk broeikaseffect en de mens zorgt voor een stijging van de concentratie broeikasgassen.
- In 1995 formuleerde het IPCC genuanceerd: uit de afweging van alle bewijzen kan worden afgeleid dat er een aanwijsbare menselijke invloed op het wereldwijde klimaat is.²⁵
- In 2001 was het IPCC stellig: er is nieuw en krachtiger bewijs dat het merendeel van de opwarming van de aarde in de laatste vijftig jaar het gevolg is van menselijke activiteiten.

²⁴ ppmv = *parts per million by volume*, dat wil zeggen de volumeconcentratie van een stof.

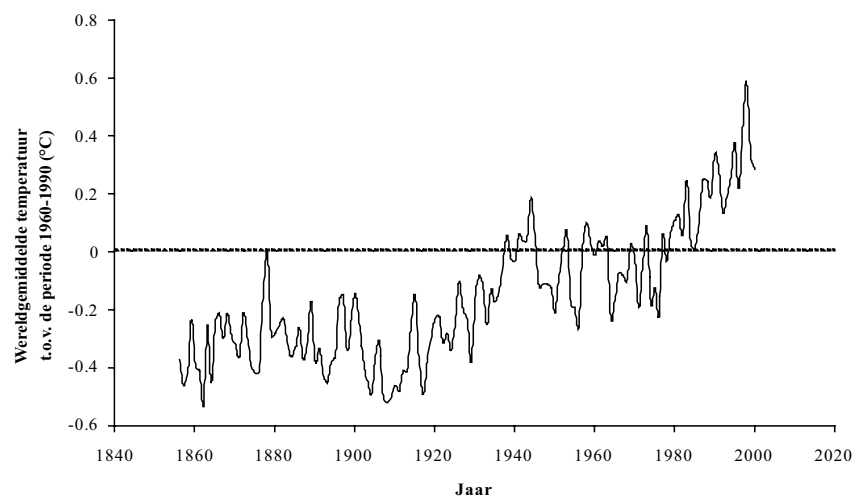
²⁵ "The balance of evidence suggests a discernible human influence on global climate."



Figuur 3 Stijging van de CO₂-concentratie op zowel het noordelijk halfrond (Hawaiï) als het zuidelijk halfrond (Zuidpool).

Bij ongewijzigd beleid leidt deze ontwikkeling naar alle waarschijnlijkheid tot onaanvaardbare temperatuurstijging in de wereld²⁶, met nog onvoorspelbare effecten op de ecologische omstandigheden van de aarde. De voornaamste bijdrage aan het broeikaseffect wordt gevormd door CO₂-uitstoot bij gebruik van fossiele brandstoffen. Methaanemissies, die samenhangen met bijvoorbeeld rijstbouw en veeveelt, dragen ook bij aan het broeikaseffect. Dat geldt ook voor lachgas dat via de katalysatoren wordt uitgestoten door auto's, voor CFK's uit oude koelkasten en voor vele andere stoffen. De concentraties van deze stoffen in de atmosfeer en hun versterkende werking op het natuurlijke broeikaseffect zijn echter beduidend lager dan die van CO₂.

26 [Houghton, 2001]



Figuur 4 Verloop van de gemiddelde temperatuur sinds het begin van de instrumentele waarnemingen rond 1850.

Om de temperatuurstijging beperkt te houden, mogen de concentraties van broeikasgassen in de atmosfeer niet te sterk stijgen. De stijging van de broeikasgasconcentraties heeft al voor een temperatuurstijging op aarde gezorgd, zie figuur 4. Ten opzichte van de periode 1961-1990 bedraagt de stijging al zo'n 0,4°C.²⁷ In Nederland is het door regionale verschillen nog warmer geworden, ca. 1,5°C.²⁸

In een recente studie²⁹ is berekend wat er met de temperatuur en zeespiegel zou gebeuren, als we nu praktisch zouden stoppen met de uitstoot van broeikasgassen. Het blijkt dat de temperatuur in de komende eeuw nog altijd 0,5°C extra zal stijgen. De zeespiegel zal over een eeuw dan enkele decimeters hoger liggen. Er is hier sprake van een zogenaamde *climate change commitment*: deze effecten zullen plaatsvinden. Er valt nu al niets meer aan doen. De oceanen reageren nog trager. Ons gedrag anno 2005 zorgt ervoor, dat de zeespiegel zelfs over 400 jaar nog aan het stijgen is. Beeldender is de notie dat de Noordpool in de zomers na 2090 mogelijk ijsvrij zal zijn. Dit laatste kunnen wij nog wél voorkomen, maar daarvoor is inmiddels een zeer ingrijpende wijziging in onze energievoorziening nodig.

27 Zie ook KNMI website voor commentaar op de temperatuurreconstructies op <http://www.knmi.nl/voorl/nieuws/kritiekklimaatreconstructie.htm>.

28 RIVM natuur- en milieucompendium http://www.rivm.nl/milieu/milieu_en_natuurcompendium/.

29 [Meehl, 2005] en [Wigley, 2005]

3.3 Voorraden van fossiele energie

De behoefte aan energie in opkomende landen als China, India, Brazilië en de Filippijnen is explosief gestegen. Zeker in China draait de economie op volle toeren. Voor deze ontwakende reus was 2004 het jaar van de doorbraak, in ieder geval als energievreter. Velen verwachten concurrentie tussen de Verenigde Staten en China om de fossiele brandstoffen in Azië. Iedere maand wordt in China een nieuwe elektriciteitscentrale in bedrijf genomen. Het IEA neemt aan³⁰ dat in 2030 de wereldwijde vraag naar fossiele brandstoffen 60 procent hoger zal zijn dan deze momenteel is.

Wat de schaarste aan energiebronnen betreft, is het zo dat voor de komende decennia (het IEA bespreekt in de World Energy Outlook 2004 de situatie tot 2030) de voorraad fossiele brandstoffen zeker nog voldoende is. De olievoorraden worden ieder jaar weer ruimer ingeschat. Steenkool en gas zijn nog veel ruimer voorradig. Gebaseerd op data van de United States Geological Survey zijn er in de wereld 717 miljard vaten olie (inclusief aardgasvloeistof) geproduceerd en zijn er nog 2628 miljard vaten ontdekte produceerbare olie over. Dit betekent dat nog 79% goed winbare voorraden beschikbaar zijn. Voorts zijn er nog 7000 miljard vaten niet-conventionele olie (schaalolie, oliezanden, etc.) beschikbaar.

Bovendien zullen ook in de toekomst nieuwe fossiele bronnen ontdekt worden. Indien de olie- en gasvoorraden op de middellange termijn opraken, zal steenkool nog lange tijd een optie voor fossiele brandstof kunnen vormen. Bij toepassing van steenkool zullen de milieuaspecten echter extra aandacht vragen.

Wel zijn er voor de toekomst enkele kanttekeningen bij de winning van fossiele energiebronnen te maken. Op termijn is namelijk sprake van uitputting van goedkoop winbare olie- en gasvoorraden voor Europa. Voor de Nederlandse gasvoorraden geldt dat deze al binnen ca. 30 jaar uitgeput zullen zijn. Wat aardgas betreft zal de aanvoer - naast de import vanuit Rusland en Noorwegen - vooral als vloeibaar gas (LNG) uit Noord-Afrika en het Midden-Oosten plaatsvinden. Europa zal bij de vraag naar gas uit deze gebieden moeten concurreren met de Verenigde Staten en de Aziatische landen. Aangezien de Nederlandse positie de komende decennia zal verschuiven van netto exporteur van gas naar importeur, zullen we tezamen met de andere Europese landen kwetsbaarder worden voor prijsfluctuaties en voor onderbrekingen in aanvoer, onder meer veroorzaakt door politieke instabiliteit of

30 [IEA, 2004]

conflicten in andere delen van de wereld.³¹

Behalve de energiebronnen zelf zijn ook de transportmiddelen in instabiele regio's kwetsbaar. Pijpleidingen lenen zich voor terroristische aanslagen. De Straat van Hormuz en de Straat van Malakka met hun grote aantallen olietankers zijn eenvoudig te blokkeren.³² De gasprijzen zullen volgens World Energy Outlook overigens eerst nog dalen, ten gevolge van toenemende concurrentie in een geliberaliseerde markt. Dit effect zal, vanaf 2030, deels tegengegaan worden door hogere transportprijzen in verband met de grotere afstanden naar de energiebronnen.

3.4 Strategische aanpak

Het huidige energievraagstuk kenmerkt zich door een grote mate van onzekerheid. Hoewel vele duurzame innovatieve technologieën in ontwikkeling zijn om het broeikas effect in principe in bedwang te kunnen houden, blijft het onduidelijk welke ontwikkelings- en implementatiestrategie de beste is en in welk stadium van ontwikkeling deze nieuwe technologieën zich bevinden en wat de kosten dan wel de opbrengsten zijn. Ondertussen ontstaat niet ten onrechte het gevoel dat we met de ontwikkeling en implementatie van nieuwe technologie bijna "te laat" zijn³³ om de effecten van het broeikasgas nog te kunnen ombuigen. Volgens de AER is het hoog tijd dat er bij beleidsmakers de "sense of urgency" doordringt. De opstellers van dit rapport onderschrijven dit.

Er zijn ook stromingen van "non-believers", die de bewijsvoering voor de relatie van de uitstoot van broeikasgassen en klimaatverandering flinterduin achten. Dat neemt niet weg dat ook zij zich zorgen maken. Niet uit een oogpunt van het milieu maar vanwege de risico's rond de beschikbaarheid van energievoorraden. Geopolitieke overwegingen spelen een belangrijke rol. Politieke instabiliteit van de landen waar de traditionele fossiele voorraden worden geproduceerd, kan immers een bedreiging vormen voor een betrouwbare energielevering. Tegelijkertijd vormt de sterke industriële ontwikkeling in China en India een onbekende factor voor de toekomstige ener-

31 "A central message of this Outlook is that short-term risks to energy security will grow. Recent geopolitical developments and surging energy prices have brought that message dramatically home. Booming trade will strengthen the mutual dependence among exporting and importing countries. But it will also exacerbate the risks that wells or pipelines could be closed or tankers blocked by piracy, terrorist attacks or accidents. Rapid worldwide growth in natural gas consumption and trade will foster similar concerns." [IEA, 2004].

32 F.A.M. van den Heuvel, Atlantisch Perspectief, januari 2005.

33 [AER, 2004]

gieverdeling. Reden waarom zij voor het spreiden van het risico's zijn, onder andere door te werken aan de beschikbaarheid van alternatieve energiebronnen.

Zowel voor het beheersen van het klimaat als ter wille van de beschikbaarheid van voldoende en betaalbare energie geldt dat een diversificatie van energiebronnen nodig is. Dit houdt de ontwikkeling in van een portfolio van beschikbare alternatieve energiebronnen, met aandacht voor de economische waarde en mate waarin deze in Nederland kunnen bijdragen aan het terugdringen van het gebruik van fossiele brandstoffen. Zo'n portfolio bestaat uit de echt duurzame energiebronnen (zoals biomassa, wind-, zonne-, geothermische en getijdenenergie en waterkracht) en klimaatneutrale alternatieven zoals kernenergie en fossiele brandstoffen met CO₂-opslag in reservoirs of kolenmijnen. Waterstof verdient daarnaast expliciet aandacht als zeer belangrijke energiedrager van de toekomst. Het kan de basis vormen voor een 'waterstofeconomie'. Met een goed onderbouwde portfolio kunnen we beter onze beleidskeuzes bepalen, waarbij oog gehouden kan worden voor het langetermijnperspectief.

4 Energietransitie

4.1 Inleiding

Op de drempel van transitie

We staan op de drempel van het ontwikkelen en toepassen van nieuwe en duurzame energiesystemen. Transities zijn veranderingsprocessen waarvoor een lange adem nodig is. Zij kenmerken zich door een hoge mate van complexiteit en onzekerheid. De complexiteit heeft alles te maken met het grote aantal verschillende actoren (en sectoren) dat bij de veranderingsprocessen betrokken is, met onzekerheid vanwege de relatieve onvoorspelbaarheid van het verloop van de transitie en met de externe factoren die de transities kunnen beïnvloeden: zie bijvoorbeeld de veranderingen die in het speelveld optreden vanwege liberaliseringsprocessen. Met de transities zijn ook veel kosten gemoeid. Bovendien vereisen de gewenste transities gedragsveranderingen en maatschappelijk draagvlak.

4.2 Over energietransitie en transitie management

Transitiemanagement

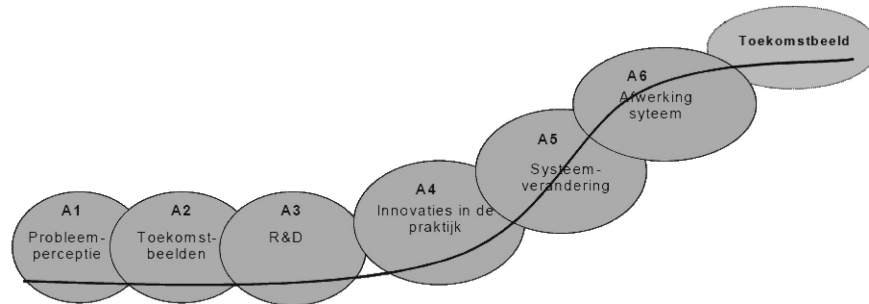
Het concept transitie management is een regulatief sturingsmodel van recente datum. Het vierde 'Nationaal Milieubeleidsplan' heeft bij het op de kaart zetten van dit model een belangrijke rol gespeeld. Op dit moment is er een transitiebeleid door het ministerie van Economische Zaken ontwikkeld rond diverse transitiepaden. Zie voor een overzicht appendix 3.

Transitie is niet rechtlijnig

Het verloop van een transitieproces is weer te geven met een S-curve (zie figuur 5). De S-curve laat zien dat transities zelden lineair verlopen op punten van snelheid van technologieontwikkeling, -toepassing en van marktpenetratie. Ook duurt het in de regel relatief lang voordat veranderingen zichtbaar zijn, ook al is er al veel geïnvesteerd in activiteiten die als het ware het momentum voor de transitie opbouwen (probleem perceptie, toekomstbeelden, onderzoek en ontwikkeling). Daarna treedt een versnelling op in de zichtbare systeemverandering (innovaties in de praktijk, systeemverandering), die uiteraard weer afvlakt als het toekomstbeeld benaderd wordt. De overheid kan de richting en snelheid van transities met transitie management proberen te beïnvloeden. Daarbij is het van belang om na te gaan, op welk punt van de S-curve de transitie zich bevindt.³⁴ Naarmate de transitie verder vordert (A1 t/m A6), ontstaan er meer activiteiten in de samenleving (hoogte van de curve). De veranderingsprocessen komen met

³⁴ Een uitgebreide beschrijving van het transitieproces wordt gegeven in [Rotmans, 2003].

andere woorden vrij langzaam op gang. Pas na de demonstratiefase (A4) tekent zich de transitie sterk merkbaar af.



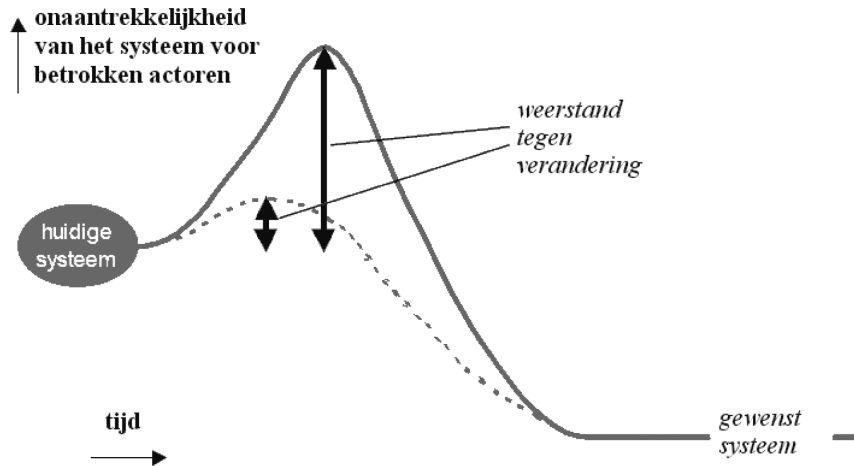
Figuur 5 De S-curve van systeemverandering.

Weerstand tegen verandering

Om de gewenste energievoorziening te bereiken zijn er doorgaans veel barrières te nemen. Vaker nog dan de aantrekkingskracht van het toekomstbeeld zijn het de barrières die de kans van slagen bepalen. Het is van belang om de weerstand onderweg te verkleinen door de onaantrekkelijkheid van de overgangsfase te verlagen (zie figuur 6). Hierin ligt één van de belangrijkste uitdagingen van transitie management.

WT RAPPORT Kantelingen

50



Figuur 6 Het verlagen van de weerstand (barrière) tegen verandering kan cruciaal zijn voor het bereiken van de gewenste energievoorziening.

4.3 Transitiepaden

Energievoorziening is een breed begrip. Het beschrijft de manier waarop wij energie winnen en transporteren en geeft aan hoe wij energie gebruiken. Evenals consumptiegoederen, heeft energie een keten van 'productie' (energiebronnen), 'transport' (infrastructuur en energiedragers) en 'consumptie' (energietoepassingen). Energietransitie brengt in de regel een verandering bij alle onderdelen van de keten met zich mee. Iedere energiebron heeft een eigen transitiepad. Afgeleide transitiepaden hebben niet zozeer betrekking op de energiebronnen als wel op de energiedragers. Zij beschrijven hoe wij de energie vervolgens transporteren (bijvoorbeeld als elektriciteit of in de toekomst wellicht als waterstof) en waar wij de energie voor gebruiken (bijvoorbeeld elektrische apparatuur of verwarming). De verschillende transitiepaden zullen elkaar uiteraard beïnvloeden. Die wederkerigheid speelt met name bij waterstof een grote rol. Reden om waterstof apart te behandelen als transitiepad (zie paragraaf 7.4).

Energiebronnen

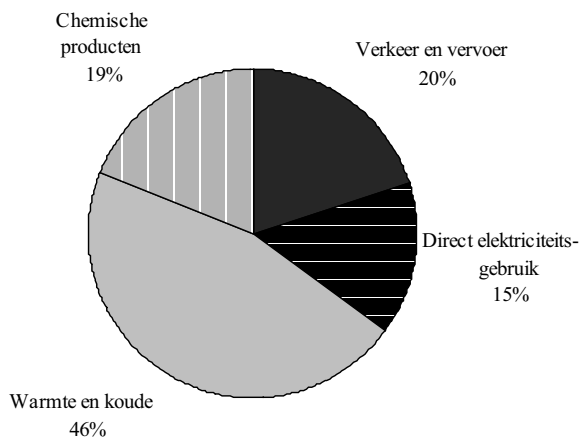
Energiebronnen kunnen worden onderverdeeld in duurzame en klimaatneutrale bronnen (zie tabel 1). Duurzame bronnen zijn die bronnen die het milieu niet of minimaal belasten en bovendien hernieuwbaar zijn (geen uitputting van de bron). In dit rapport beschouwen wij onder meer biomassa, zonne-, wind- en getijdenenergie en geothermische energie als duurzame energiebronnen. Bij een transitie naar een volledig duurzame energievoorziening kunnen zogenaamde klimaatneutrale bronnen of energiedragers van belang zijn. Een voorbeeld hiervan is kernenergie. Maar ook schoon fossiel is daarvan een voorbeeld. Fossiele brandstoffen doen dan dienst als energiebron, terwijl de vrijkomende CO₂ wordt opgeslagen (zie paragraaf 7.2). Ook kan waterstof geproduceerd worden door vóór verbranding CO₂ af te scheiden van de fossiele brandstof. Men spreekt dan van klimaatneutrale waterstof. Zoals paragraaf 7.4 zal uiteenzetten, is waterstof ook uit volledig duurzame bronnen te produceren. Tabel 1 geeft een overzicht van zowel duurzame als klimaatneutrale energiebronnen en -dragers. Voor elke toepassing geeft deze de fase van ontwikkeling aan (demonstratie, onderzoek en ontwikkeling: 'R&D', implementatie). Sommige energiebronnen bevinden zich, afhankelijk van de techniek die men hanteert, in meerdere fases. Windenergie gebruikt men bijvoorbeeld al bij de elektriciteitsproductie, terwijl windenergie op land zich al in de implementatiefase bevindt, maar windenergie op zee nog slechts in de demonstratiefase zit.

Tabel 1 Energiebronnen, -dragers en de fasen van ontwikkeling per toepassingsgebied.

*duurzame energiebronnen, **klimaatneutrale energiebronnen.

	Verkeer en vervoer	Elektriciteitsproductie	Warmte	Chemische producten
Biomassa*	R&D implementatie	demonstratie	demonstratie	R&D bewezen
Zonneënergie*		R&D	implementatie	
Windenergie*		demonstratie implementatie		
Overig duurzaam*		R&D		
Kernenergie**		R&D bewezen		
Schoon fossiel**	demonstratie			
Waterstof	R&D		demonstratie	bewezen

WT RAPPORT Kantelingen



Figuur 7 Verdeling van het totale Nederlandse energiegebruik over de vier toepassingen.³⁵

Energietoepassingen

Figuur 7 laat de huidige verdeling van het energiegebruik over de toepassingen zien. Hieruit blijkt dat de meeste energie (46%) haar weg vindt naar warmte- en koudetoepassingen, zowel in de industrie als in huishoudens.

35 [Van de Pas, 2004]

Een gedeelte van deze energie - met name voor airconditioning - ontlent de gebruikers aan elektriciteit. Het directe elektriciteitsgebruik is eindgebruik ten behoeve van vooral verlichting, computersystemen, huishoudelijke apparaten en dergelijke. De totale elektriciteitsproductie ligt dus belangrijk hoger dan 15%.

4.4 Instrumenten voor een transitiebeleid

De overheid is gehouden om, naast mensen en hun instellingen, ook de natuur tot haar recht te laten komen. Daarom heeft zij de taak (onherstelbare) schade aan de schepping te verhinderen. Een duurzame ontwikkeling van de natuur is van groot belang voor mens en samenleving. Bovendien vertegenwoordigt de natuur een waarde in zichzelf. In christen-democratische kring koppelt men de verantwoordelijkheid van de overheid aan de zogenaamde waarborgfunctie van de publieke gerechtigheid. De overheid dient de duurzaamheid van de schepping en daarmee haar regenererend vermogen te respecteren en te beschermen. In de regel doet de overheid dat door maatschappelijke activiteiten te normeren. Natuurlijk kan zij ook zélf feitelijk presteren door bijvoorbeeld grond aan te kopen om zo aan natuurbescherming te doen. In theorie zou zij zelfs de productie van goederen kunnen nationaliseren om er zo voor te zorgen dat duurzaam wordt geproduceerd. Maar behalve het feit dat een dergelijke beleidsstrategie volstrekt irreëel is en allerlei vrijheidsrechten zou wegdrukken (eigendomsrecht, vrij ondernemerschap etc.), is een dergelijke aanpak ook uit een oogpunt van milieubeheer en -bescherming vaak - niet altijd, overigens - onwenselijk. Juist het gespreid zijn van verantwoordelijkheden draagt bij aan een op duurzaamheid gerichte *samenleving*. Duurzaamheid is geen *exclusieve* aangelegenheid van de overheid en van het openbaar bestuur. Bij een bureaucratisering van het milieubeheer is niemand gebaat. Bovendien zou een dergelijke beleidslijn in strijd zijn met het zogenaamde subsidiariteitsbeginsel. Dit beginsel brengt tot uitdrukking dat de overheid bij de keuze van haar beleidsinstrumenten die middelen moet kiezen die, behalve effectief, ook mensen en hun private instellingen het meest activeren om zélf betrokken te zijn bij de waarden en gerechtvaardigde belangen waaraan recht gedaan moet worden. Dat is meer dan een kwestie van draagvlak verwerven voor de belangrijke (milieu)doelstellingen. Dat is ook meer dan een kwestie van doelmatigheid, in die zin dat meer handen licht werk maken. Deze beleidslijn is vooral ook ingegeven door de wens te werken aan een samenleving die een hoog moreel gehalte heeft, die betrokken is en zich verantwoordelijk weet, niet alleen voor het eigen welzijn, maar ook dat van de ander en van de schepping.

Bij de instrumententypologie die vanuit het (WI voor) het CDA is ontwikkeld, is de subsidiariteitidee dan ook leidend geweest. In de eerste plaats betekent dit dat de overheid voor die instrumenten moet kiezen die burgers en maatschappelijke verbanden aansporen om zoveel mogelijk zélf de duurzaamheid in afwegingen te betrekken. Dat heeft, zoals gezegd, alles te maken met de ambitie om morele afwegingen niet tot een exclusief politieke aangelegenheid te maken en om het draagvlak voor duurzaamheid zo breed mogelijk te laten zijn. In de tweede plaats is het van belang dat - binnen de overheidskolom - die instantie beslissingen neemt die daar krachtens de schaal waarop zij opereert het meest geschikt voor is. Mondiale problemen vragen om mondiale coördinatie, afspraken en toezicht.

De overheid moet dus geen verantwoordelijkheden bij burgers gaan weghalen of (laten) ontmoedigen, maar die juist activeren. Zij heeft tot taak om de goede en welwillende krachten alsmede op duurzaamheid gerichte innovaties een effectieve steun in de rug te geven. Dat doet zij in de regel door te arbitrereren en te ordenen. Daarbij moet zij die methoden kiezen die zoveel mogelijk een appel doen op de verantwoordelijkheid van particuliere personen en instanties. Duurzaamheid moet als het ware in de samenleving zelf worden verinnerlijkt.

Tegen deze achtergrond heeft het (WI voor het) CDA in 1989 de volgende typologie ontwikkeld:

- informatieverstopping;
- structurering van betrekkingen;
- procedurele regelgeving;
- bekrachtiging van zelfregulering;
- overeenkomsten met de overheid (convenanten);
- heffingen;
- materiele wettelijke voorschriften;
- subsidies.

Een korte toelichting is op haar plaats. Daarbij zullen - vanwege de aard van ons onderwerp - telkens voorbeelden uit de sfeer van het milieubeleid als illustraties dienen.

Bij *informatieverstopping* zorgt de overheid ervoor dat mensen en instellingen inzicht krijgen in de stand van zaken van het milieu, in de gevolgen van hun consumerende of producerende handelen etc.

Bij het *structureren* van *betrekkingen* zorgt de overheid er bijvoorbeeld voor dat milieu-organisaties worden geconsulteerd bij besluiten op het gebied van

ruimtelijke ordening, dat bedrijven zich genoodzaakt weten met deze organisaties rond de tafel te gaan zitten etc.

Bij *procedurele regelgeving* valt te denken aan de verplichting om in jaarverslagen melding te maken van de gevolgen die het milieu ondervindt van de activiteiten van een instelling.

De overheid *bekrachtigt zelfregulering* als zij afspraken over bijvoorbeeld verpakkingen, emissies etc. bindend aan een sector of branche oplegt.

Bij *overeenkomsten met de overheid* kan gedacht worden aan afspraken met de verpakkingenindustrie, aan convenanten met energiebedrijven etc.

Bij *heffingen* is sprake van een opslag op de prijs, zodanig dat de milieuschade inzichtelijk wordt gemaakt, of dat er een markt komt c.q. zich een markt kan ontwikkelen voor milieuvriendelijke producten. Heffingen zijn daarom vooral zinvol als er echt *alternatieven* zijn voor de producten die op deze manier duurder worden gemaakt. Dan ervaren mensen de heffing als zinvol en als gedragsregulerend. Ontbreekt het alternatief dan ervaart men de heffing al snel als een beleidsarme belastingverhoging. Soms kan dat nodig zijn, bijvoorbeeld uit een oogpunt van energiebesparing via de weg van volumebeperking. Maar men dien zich wel te realiseren dat verwijzingen naar milieudoelen hier veel sneller contraproductief werken dan bij gedifferentieerde heffingen die aansturen op het gebruik van reëel bestaande alternatieven. Milieu komt al snel in de kwade reuk van heffingen en belastingen te staan, als er geen zicht is op verbeteringen en op alternatieven. De notie dat de vervuiler betaalt, kan daarmee een te beklemmend karakter krijgen, terwijl zij in combinatie met alternatieven juist perspectieven biedt. (Een kwartje van Kok bijvoorbeeld werkte zo omdat er beleidsmatig geen zicht werd geopend op schoner rijden en het openbaar vervoer bovendien niet verbeterde).

Bij *materiële normstelling* geeft de overheid via gebods- en verbodsbepalingen aan welke milieuwwaarden niet overschreden mogen worden. Niet zelden gaat dat gepaard met een overgangperiode. Normstelling is een belangrijk instrument bij ingewikkelde transitiepaden. Transitiepaden waarin de infrastructuur, het consumentengedrag, de producten (bijvoorbeeld auto's) en de technieken gaandeweg bijgebogen moeten worden richting duurzaamheid. Het is dan zinvol om aan te geven dat producten binnen een tijdsbestek van een - uit een zorgvuldig, maar ambitieus transitie-oogpunt - toereikend aantal jaren duurzaam moeten zijn. Normstelling is dan heel goed te combineren met het eerder genoemde instrument van de (gediffe-

rentieerde) heffing. In de aanloop naar het moment waarop producten schoon of schoner moeten zijn, kan de overheid de markt voor de schonere producten gaandeweg aantrekkelijker maken via beïnvloeding van de prijzen. In een transitiepad naar nul-emissie bij de mobiliteit kan de overheid bijvoorbeeld aangeven dat, vanaf het moment dat schone producten technisch binnen handbereik zijn, tarieven/accijnzen zullen differentiëren, namelijk in die zin dat de auto's en brandstoffen die dichterbij deze doelstelling komen minder duur zullen zijn. Naarmate de penetratie van schone producten zich meer aftekent en de productie zich erop heeft kunnen instellen, komt de materiële normstelling dichterbij.

Bij *subsidies* stimuleert de overheid het gebruik van bepaalde praktijken. Te denken valt aan een vergoeding voor energiebesparende apparatuur, aan fiscale tegemoetkomingen voor schoon rijden. De subsidie is het spiegelbeeld van de heffing.

Hoe de instrumenten in te zetten?

De samenleving kan zich een onomkeerbare aantasting van het leefmilieu niet permitteren. Ook uit het oogpunt van de eigen waarde van de natuur moet zij werken aan duurzaamheid. Om zonder al te veel economische en maatschappelijke ongelukken uit de buurt van de kritische grenswaarden van bijvoorbeeld de uitstoot van CO₂ te blijven, blijkt het van buitengewoon belang dat tijdig schone energiebronnen worden ontwikkeld en toegepast. Het is vragen om ongelukken als het daarbij eendaags zal moeten aankomen op het hantieren van harde wettelijke normen om de grenswaarden te respecteren. Een voorproefje van de impasses die dan ontstaan, is afgegeven door de Raad van State terzake van de uitbreiding van het wegennet (overmatige stofdeeltjes).

Veel zal daarom afhangen van de effectiviteit van het complex aan instrumenten dat valt in te zetten voor duurzaamheid. Overzien we die instrumenten dan blijkt al snel dat het in algemene zin mikken op een meer verantwoord consumentengedrag niet effectief genoeg is. Er zijn vaak geen of te weinig doorslaggevende reële alternatieven (bij het autoverkeer bijvoorbeeld is hooguit het tempo van de autonome groei wat af te remmen, nog afgezien van de mondiale toename van de mobiliteit). Het verstevigen van de positie van de consumentenorganisaties en de procedurele regelgeving hebben in de regel wel enig effect: vooral via de band van de reputaties hoeden bedrijven zich ervoor om meer dan gemiddeld te vervuilen. Dit mechanisme helpt ook zeker de innovatie, maar het is de vraag of de prikkel voldoende zal om echt een transitie naar het gebruik van andere energiebronnen te bewerkstelligen. Hetzelfde geldt voor convenanten.

Heffingen en het bekrachtigen van zelfregulering zijn in dat verband effectiever. Zij kunnen er in beginsel voor zorgen dat er markten ontstaan voor schone energie. Het stelsel van verhandelbare emissierechten koerst in dezelfde richting. Door de kosten van fossiele brandstoffen te verhogen, worden bedrijven geprikkeld om naar alternatieven op zoek te gaan en hun creativiteit aan te boren om energie te besparen c.q. nieuwe markten te exploreren. Zeker als het stimuleren van deze markten voor alternatieven begeleid wordt met wettelijke horizonbepalingen (vanaf moment X is het niet meer toegestaan om ...) kan er krachtige impuls van het beleid uitgaan. Het voorbeeld van Californië (rond de katalysator) laat zien wat een 'land' dan zelfs zelfstandig opererend, kan realiseren. Ook een aantal belangrijke voorstellen uit dit rapport kunnen als illustratie voor de combinatie van heffingen en normstelling dienen. Gedoeld wordt op de transities rond de mobiliteit. De commissie stelt voor om te beginnen met het aanmoedigen van het gebruik van aardgas. Dit aardgas is een van de schonere fossiele brandstoffen. Het aanmoedigen van het gebruik vergt een *prijnsbeleid* dat de aanschaf van de auto en het gebruik relatief aantrekkelijk maakt. De infrastructuur van vulstations die voor het op brede(re) schaal tanken van aardgas nodig is, is economisch rendabel aan te leggen als via de accijnzen het gebruik wordt gestimuleerd. De investeringen die dat vergt, vragen wel om een *stabiel overheidsbeleid* rond de accijnzen. Omdat aardgas goed is te mengen met biogas kan via *normstelling* (het is een bestaand en courant product) een tweede stap op de ladder van duurzaamheid worden gezet. Biogas is namelijk minder vervuilend dan aardgas. Om een derde stap te maken, nl. richting waterstof en brandstofcellen, is het van belang dat de nieuwe vulstations geschikt zijn om (later) uit de voeten kunnen met waterstof. De infrastructuur voor aardgas leent zich daar bij uitstek voor. De overheid zou in dit verband - pro-actief - technische *normen* kunnen stellen. Parallel daaraan kan de overheid het gebruik van auto's die via gas op brandstofcellen kunnen rijden fiscaal stimuleren (zoals bij de al courante hybride auto). Deze kunnen weer de opstap zijn naar auto's die op waterstof en brandstofcellen rijden en geen verbrandingsmotor meer nodig hebben. In dit - voorlopige - 'eindplaatje' is er geen gas meer nodig, maar kan worden volstaan met waterstof die is gecreëerd door centrale klimaatneutrale verbranding met CO₂-opslag. Rond 2015 is die stap wellicht te maken. Overigens is dit alles uiteraard zinvol te ondersteunen met de eerder genoemde interventietypen: een goede voorlichting, vormvereisten aan jaarverslagen, bekrachtiging zelfregulering etc.

Uit bovenstaand voorbeeld is al duidelijk dat er soms, voor het creëren van reële duurzame alternatieven, meer nodig is dan een op differentiatie gericht prijsbeleid, eventueel gecombineerd met wettelijke horizonbepalingen. Dat is het zeker het geval als:

- a) alternatieven technisch nog niet voldoende ontwikkeld zijn en
- b) de aanwezigheid geen probleem is maar de schaal waarop het product kan worden afgezet als het ware nog enorm tegenwerkt. Producten zijn dan duur omdat:
 - er nog geen infrastructuur voor is dan wel
 - de massaliteit van de vraag ontbreekt (met daarom nog hoge marginale kosten). De omzet is dan nog dusdanig gering dat de kosten per eenheid product simpelweg te hoog zijn.

In feite doen zich deze twee hick-ups vaak voor *aan het begin van de transitieketen*. Het komt er dan van overheidswege op aan om:

- a) fundamenteel en toegepast onderzoek (bijvoorbeeld naar energie-opslag ter wille van onder meer zonne-energie) aan te moedigen.
- b1) gericht mee te werken aan een infrastructuur voor de producten door belemmeringen weg te nemen, kredieten te verstrekken, via PPS mee te werken aan de aanleg van de infrastructuur etc.
- b2) via een mix van subsidies en prijsbeleid (via gedifferentieerde heffingen) aan de marktintroductie van het nieuwe product bij te dragen.

4.5 Kennisinfrastructuur en onderzoek & ontwikkeling

Een goed opgeleide bevolking en voldoende onderzoeksmiddelen zijn nodig voor de ontwikkeling van nieuwe energiebesparende technieken of duurzame technieken. Historisch gezien is er vaak een relatie geweest tussen fundamenteel academische onderzoek en het toegepaste onderzoek in onderzoeksinstituten en bedrijven. De gehele keten van onderzoek, van schoolbank en tekentafel tot aan werkgelegenheid en productie, kan aangegeleid worden met de kennisinfrastructuur.

Liberalisering en innovatie

De liberalisering van de gas- en elektriciteitsmarkt heeft grote effecten gehad op de bedrijfsstructuur en -cultuur. De vroeger geïntegreerde nutsbedrijven zijn omgevormd tot een combinatie van 'monopoliebedrijf' (voor het beheer van het netwerk) en een 'marktbedrijf' (voor geliberaliseerde activiteiten, zoals productie en levering). Door deze ontwikkeling is de geïntegreerde langetermijnvisie verdwenen. Zeker voor de geliberaliseerde activiteiten is deze vervangen door een kortetermijnfocus.

Het verbaast dan ook niet dat er binnen een geliberaliseerde energiemarkt anders omgegaan wordt met schoon en duurzaam dan in de oude nutsector. Knelpunten hierbij zijn:

- de industrie is meer gericht op de korte termijn dan vroeger, terwijl het

vraagstuk van de energietransitie juist een lange adem vergt;

- onderzoek naar duurzaam - voor zover niet volledig gefinancierd door de overheid - is in sommige gevallen een *marketing tool* die moet concurreren met reclame, voetbalsponsoring, een correcte administratie en cadeautjes voor nieuwe klanten;
- het opbreken van de industrie en de invoering van concurrentie tussen producenten en leveranciers kan ertoe leiden dat de voor research zo belangrijke uitwisseling van kennis belemmerd wordt;
- samenwerking tussen schakels in de sector is complexer geworden vanwege 'unbundlingseisen' en het strenge toezicht daarop door mededingingsautoriteiten;
- er is verschil in belangen tussen schakels in de energiesector. Decentrale stroomopwekking kan bijvoorbeeld interessant zijn voor leveranciers en producenten, maar het is maar de vraag of het netwerkbedrijf daar op zit te wachten. Die wordt door de regulator afgerekend op efficiëntie;
- de voortdurend veranderende wetgeving en regulering, kenmerkend voor een proces als dit, leidt tot extra onzekerheid en daarmee tot risicomijdend gedrag. Liever een oud project herhalen en zo de subsidie opstrijken, dan een nieuwe weg inslaan met onzekere uitkomst.

Keten voor innovatie is subkritisch

De keten van fundamenteel onderzoek tot implementatie van duurzame en innovatieve technieken is in Nederland onderbroken. Nederland besteedt weliswaar een aanzienlijke hoeveelheid geld aan subsidieprogramma's voor fundamenteel onderzoek. Maar de doorwerking is gering. Hiervoor zijn de volgende oorzaken te noemen:

- de kennisinfrastructuur, die noodzakelijk is om technologische doorbraken te bewerkstelligen, dreigt subkritisch te worden. De kennisinstituten lijken steeds verder te worden gemarginaliseerd;
- het aantal voldoende hoogopgeleide technologen neemt drastisch af. Op dit moment worden verschillende (universitaire) technologische afdelingen opgeheven;
- er zijn nauwelijks bestaande industrieën in Nederland aanwezig die de verkregen resultaten vanuit de subsidieprogramma's van SenterNovem kunnen omzetten in demonstratieprojecten en vervolgens kunnen implementeren. M.a.w. de zogenaamde "maakindustrie" is subkritisch geworden;
- de resultaten van geïmplementeerde projecten zijn nauwelijks toegankelijk voor derden;
- er wordt door de overheid niet voldoende langetermijnzekerheid gegeven voor het subsidiebeleid.

Om deze negatieve cirkel te doorbreken, is het van belang dat zich nieuwe coalities van grote investeerders en kennisinstellingen vormen, waaruit zich dan langzaam nieuwe industriële partijen kunnen ontwikkelen. Het uitvoeren van grote demonstratieprojecten waarbij de economische winst tastbaar gemaakt kan worden, is een middel om deze coalitievorming te bevorderen. Daarvoor is het essentieel dat er adequate subsidieregelingen voor demonstratieprojecten beschikbaar zijn.

5 Internationaal klimaatbeleid en scenario's

5.1 Internationaal klimaatbeleid

Inleiding

Het klimaatbeleid vindt plaats op drie niveaus. Op mondiaal niveau is de basis gelegd in het VN-raamverdrag van Rio de Janeiro (1992). Het mondiale beleid is vormgegeven in het uitvoeringsprotocol van Kyoto (1997). Op Europees niveau is beleid deels ten behoeve van de uitvoering van het VN-beleid geformuleerd. EU-wetgeving is ook opgesteld om de introductie van een duurzame energievoorziening te versnellen. EU-doelen zijn hierbij gericht op luchtkwaliteit, duurzame elektriciteitsproductie en op het gebruik van biobrandstoffen. Ook op nationaal niveau is klimaatbeleid noodzakelijk, deels ook weer als uitvoering van het internationale en EU-beleid.

Urgentie van klimaatprobleem

Met het oog op de economische effecten, is een kosten-baten analyse te maken van preventieve en mitigerende maatregelen in het klimaatbeleid. De kosten van het totaal aan maatregelen en van de herstelwerkzaamheden mag de 3-5% van het BNP³⁶ niet overstijgen.³⁷ De 5% norm wordt overschreden indien de gemiddelde wereldtemperatuur meer dan 2°C boven het preindustriële niveau uitkomt. Hetzelfde geldt als de gemiddelde wereldtemperatuur, over een reeks van jaren, sneller stijgt dan 0,2°C per decennium. In beide gevallen lopen we het risico om met zeer grote economische effecten geconfronteerd te worden. In de laatste twintig jaar lag de temperatuurstijging op dit niveau en de temperatuurstijging neemt naar verwachting in de toekomst verder toe.³⁸

62

Het EU-beleid, gericht op een maximale totale stijging van +2°C, streeft naar een *stabilisatie* van CO₂-concentratie op het plafond van 550 ppmv. Alle scenario's van RIVM en CPB die uitgaan van dit CO₂-plafond, overschrijden vervolgens wel de norm van 0,2°C/decennium en - met uitzondering van *Mondiale Solidariteit* - ook de norm van +2°C totaal. Het meest recente inzicht is dat het stabiliseren op het genaamde CO₂-plafond zal leiden tot een stijging van de gemiddelde wereldtemperatuur van tussen 1,9°C en 11,0°C.⁴⁰

36 BNP = Bruto Nationaal Product.

37 Empirische afleiding in: [WBGU, 1995]. WBGU is een adviesorgaan voor de Duitse bondsregering.

38 [WBGU, 2003]

39 [Bollen, 2004]

40 [Stainforth, 2005]

Het niveau van 550 ppmv CO₂-eq⁴¹ is daarom een grens waarboven de CO₂-concentratie niet uit mag komen. Om dit niveau te halen moet de uitstoot van broeikasgassen in geïndustrialiseerde landen in 2020 met 20% verminderd zijn ten opzichte van het 1990-niveau.⁴² Op grond van de literatuur is het zelfs aan te bevelen om een lagere doelstelling te hanteren voor het stabilisatieniveau van CO₂-concentratie. 450 Ppmv CO₂-eq biedt een realistischer getal om de het broeikas effect adequaat te beperken. Een concentratie van 550 ppmv geeft namelijk slechts 10 à 20% kans op een adequate beperking van temperatuurstijging. Een concentratie van 400 ppmv geeft 80% zekerheid.⁴³

Tabel 2 geeft een vertaling van streefwaardes voor de CO₂-concentratie in de atmosfeer naar reducties in CO₂-uitstoot. Om bijvoorbeeld een concentratie van 450 ppmv CO₂ te bereiken, moet de mondiale uitstoot van CO₂ in 2050 met 25% zijn teruggebracht ten opzichte van 1990. Voor de geïndustrialiseerde wereld betekent dit tussen de 10 en 30% reductie in 2020, en 70 tot 90% reductie in 2050.

Tabel 2 Vertaling van doelstelling voor stabilisatie van CO₂-concentratie naar doelstellingen voor CO₂-emissiereductie (t.o.v. 1990) in de geïndustrialiseerde landen.⁴⁴

Streefwaarde (ppmv CO ₂)	Mondiale uitstoot		Uitstoot in de geïndustrialiseerde wereld	
	2020	2050	2020	2050
400	+10%	-60%	-25% tot -50%	-80% tot -90%
450	+30%	-25%	-10% tot -30%	-70% tot -90%
550	+50%	+45%	-5% tot -25%	-40% tot -80%

Lokale luchtkwaliteit

Het gebruik van fossiele brandstoffen gaat ook gepaard met een scala aan schadelijke emissies, waaronder de uitstoot van zwaveldioxide, stikstofoxiden en van fijn stof. Met name deze laatste emissies zorgen voor gezond-

41 Om de gezamenlijke bijdrage van alle uitgestoten broeikasgassen aan het broeikas effect te kunnen vaststellen, wordt gebruik gemaakt van de omrekening naar zgn. CO₂-equivalenten (CO₂-eq). 1 CO₂-eq staat gelijk aan het effect als broeikasgas van de uitworp van 1 kg CO₂. De broeikaswerking van andere stoffen wordt hieraan gerelateerd. Zo telt 1kg CH₄ voor 21 CO₂-eq en 1kg N₂O voor 310 CO₂-eq. Voor de overige broeikasgassen ligt het aantal CO₂-equivalenten tussen 1300 en 24000 per kilogram.

42 [De Beer, 2003], zie ook Tabel 2.

43 [International Climate Change Taskforce, 2005]. In maart 2004 was het jaargemiddelde mondiale niveau 379 ppmv CO₂.

44 [De Beer, 2003]

heidsproblemen.⁴⁵ In de afgelopen jaren is wel veel winst geboekt bij het terugdringen van uitstoot van de gezondheidsschadelijke emissies. Vooral de emissie van stikstofoxiden lijkt echter moeilijk te beperken, ook al kent Nederland sinds kort een handel in NO_x-reductiecertificaten.

VN-beleid

Het klimaatbeleid wordt gevoerd onder de vlag van de VN, vooral omdat de klimaatverandering een mondiaal probleem is. Ook uit oogpunt van eerlijke economische competitie en om het *free-rider* probleem te vermijden, is het zeer wenselijk op mondiale schaal afspraken te maken. Daar komt bij dat CO₂, waar ook ter wereld uitgestoten, zich mengt in de atmosfeer en in oceanen.⁴⁶ Het maakt voor de aanpak van het klimaatprobleem dan ook niet uit waar ter wereld reductie van de uitstoot van kooldioxide plaatsvindt. Dit is van belang omdat de kosten van emissiereducties niet in alle landen hetzelfde zijn. In het ene land kan een technologie efficiënter worden toegepast dan in een ander land. In het ene land zijn meer mogelijkheden om schonere brandstoffen in te zetten (zoals gas in plaats van kolen) dan in het andere.

Kyoto-protocol

In februari 2005 is het zgn. Kyoto-protocol in werking getreden om de uitstoot van CO₂ te verminderen. De deelnemers aan het Kyoto-protocol zijn landen. De landen mogen zelf bepalen hoe zij de CO₂-uitstoot willen beperken. Het zijn ook de landen die worden beboet als zij de uitstoot niet voldoende limiteren.⁴⁷ De landen hebben allemaal emissierechten toegewezen gekregen. Zij moeten er steeds voor zorgen dat hun totale emissie gedekt wordt door een corresponderend aantal emissierechten.⁴⁸

In het protocol is besloten dat de ontwikkelingslanden geen verplichting hebben om de uitstoot te beperken. De geïndustrialiseerde landen hebben een verplichting om de uitstoot van CO₂ te beperken in de periode 2008-2012. Hier ligt één van de belangrijkste bezwaren van de Verenigde Staten.

45 Volgens schattingen zijn in 2001 in Nederland ca. 5000 mensen vervroegd overleden door luchtverontreiniging van ozon en fijn stof. Als nu al aan alle EU-grenswaarden voor luchtverontreiniging was voldaan, zou het geschatte aantal vervroegd overledenen ongeveer 5% lager zijn geweest [RIVM, 2005].

46 Uit: de kleine vraagbaak van het Kyoto-protocol. Brochure RIVM. Deze brochure geeft ook informatie over de instrumenten van het Protocol.

47 De EU heeft een doelstelling van -8% t.o.v. de uitstoot van 1990 op zich genomen. Pas als de Europese Unie als geheel niet aan deze doelstelling voldoet, wordt naar de nationale doelstelling gekeken. Voor Nederland is dat -6% t.o.v. de uitstoot van 1990.

48 Ieder bewijs van emissierechten staat voor 1 Mton CO₂-eq.

Terwijl zij zelf hun uitstoot zouden moeten beperken, hoeven de opkomende industrieën in landen als Brazilië, China en India geen klimaatinvesteringen te plegen. Om draagvlak in geïndustrialiseerde landen te verstevigen, om de effectiviteit van het klimaatbeleid te vergroten en om het *free-rider* probleem tegen te gaan, moeten alle landen uiteindelijk verplicht worden hun uitstoot van broeikasgassen binnen grenzen te houden. Deze 'grenzen' worden ook wel emissieplafonds genoemd.

De geïndustrialiseerde landen hebben vier opties om aan hun doelstelling te voldoen:

1. door intern beleid zorgen dat zij de emissie beperken;
2. door het onderling verhandelen van emissierechten. Besparingen leveren dan extra inkomsten op, terwijl extra vervuiling juist meer lasten met zich meebrengt in de vorm van het aankopen van rechten;
3. het samen met andere geïndustrialiseerde landen realiseren van reducties. De gerealiseerde besparingen kunnen zij onderling verrekenen (joint implementation, JI);
4. zorgen voor emissiebeperking in een ontwikkelingsland door implementatie van efficiënte technologie (clean development mechanism, CDM). Deze reductie wordt getoetst door een VN-orgaan.

De belangrijkste boodschap van het Kyoto-protocol is dat landen zelf mogen bepalen hoe zij de emissiereductie realiseren. Zij kunnen onderling emissierechten verhandelen. Dit biedt prikkels om de meest efficiënte reductieopties te benutten. Hoe meer reductieopties zich aandienen, des te goedkoper en beter is de mondiale reductie te realiseren.

Mondiaal emissieplafond

De opzet van het VN-klimaatverdrag maakt een gegarandeerde mondiale uitstoot van CO₂ mogelijk. Het huidige Kyoto-protocol is echter nog niet toereikend. Hier zijn drie redenen voor aan te voeren:

1. niet ieder land heeft zich via het Kyoto-protocol verplicht tot emissiebeperking (van de geïndustrialiseerde landen hebben de Verenigde Staten, Australië, Kroatië en Monaco het verdrag niet goedgekeurd of geratificeerd);
2. de ontwikkelingslanden hoeven hun CO₂-uitstoot niet te beperken;
3. niemand is verantwoordelijk voor de CO₂-uitstoot van de internationale zeevaart en de luchtvaart.

Alle landen die het Kyoto-protocol hebben goedgekeurd, hebben tevens toegezegd in 2005 besprekingen te beginnen om afspraken te maken voor de periode na 2012. Dat is belangrijk, want een verdeling van de emissierechten

voor de lange termijn kan pas ter sprake komen, als er voldoende draagvlak in de VN is voor het continueren van het VN-klimaatbeleid. De Europese Unie - en Nederland - moet echter ook open staan voor multilaterale klimaatverdragen buiten het platform van de Verenigde Naties. Een van de grootste uitdagingen anno 2005 is het vormen van voldoende sterke klimaatallianties. Het vormgeven van toekomstige klimaatbeleid is dan een vervolgstap.

Europese regelgeving

De Europese Unie heeft veel richtlijnen geformuleerd die gericht zijn op de energievoorziening en op bedrijven in de energiesector. Kaderstellend hierbij zijn de richtlijn voor de luchtkwaliteit⁴⁹ en de regelgeving omtrent de emissiehandel.⁵⁰ De richtlijn voor emissiehandel regelt zowel de emissieplafonds voor bedrijven als het verhandelen van emissierechten tussen bedrijven onderling. Deze richtlijn geeft Europese bedrijven ook de mogelijkheid om aan te haken bij de Kyoto-mechanismes. De emissiehandel beïnvloedt beslissingen van de grote energiegebruikers op de korte termijn. De emissiehandel kan ook de langjarige investeringen van de grote energiegebruikers beïnvloeden, door indirect te zorgen voor internalisering van de milieukosten in de energieprijzen op de lange termijn.

Emissiehandel in Nederland

Uiteraard heeft ook Nederland binnen het Kyoto-protocol een emissieruimte gekregen. Nederland moet in 2010 13 Mton CO₂-eq verminderd hebben ten opzichte van de uitstoot in 1990. Die bedroeg toen 212 Mton CO₂-eq. De Nederlandse overheid heeft reductiedoelstellingen vastgesteld voor alle sectoren in de samenleving. Dit gebeurde in het zogenaamde Implementatieplan Klimaatbeleid. De sector die werkt met grote industriële installaties (>20 MW_{th}), waaronder de elektriciteitscentrales, werkt vanaf die tijd binnen het systeem van emissieplafonds en verhandelbare emissierechten. Voor de periode 2005-2007 heeft de Nederlandse overheid inmiddels emissierechten toebedeeld. Iets meer dan de helft van de nationale CO₂-uitstoot valt onder het systeem van de emissiehandel (zie figuur 8 op pagina 67).

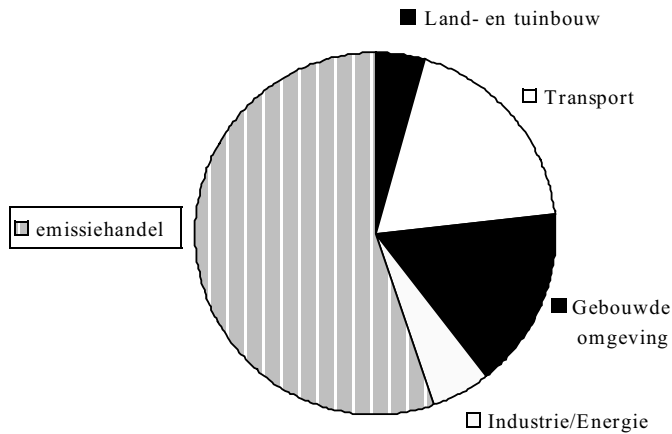
Toedeling

Van groot belang bij de introductie van een systeem van emissierechten is de initiële toedeling van de rechten. Bij het toegepaste systeem worden emis-

49 EU-kaderrichtlijn luchtkwaliteit 1999/30/EG

50 Richtlijn 2003/87/EC. De SER is een groot voorstander van het CO₂-emissierechten systeem, getuige onder andere SER-advies nr. 02/04 "Nationale CO₂-emissiehandel in Europees perspectief". Ook het CDA heeft zich in het verleden voorstander getoond van emissiehandel.

sierechten gratis uitgegeven. Een klein gedeelte van de rechten is achter de hand gehouden om aan nieuwe bedrijven aan te kunnen bieden. Het toedings- of allocatiesysteem is op zichzelf complex en vrij ondoorzichtig, maar in de praktijk is het redelijk werkbaar gebleken.⁵¹ De Europese Commissie heeft een belangrijke taak in de beoordeling van de nationale allocatieplannen, vooral ook om te voorkomen dat via de emissierechten een vorm van nationale industriepolitiek bedreven wordt.



Figuur 8 Verwachte verdeling van CO₂-emissies van Nederland in 2010.⁵² Het grootste gedeelte van de sector 'Industrie/Energie' valt onder de emissiehandel. Dat gedeelte is gearceerd aangegeven, en bedraagt ca. 55%. De gas- en elektriciteitsbedrijven zijn onderdeel van de Industrie/Energie sector.

Rol overheid

Het systeem van verhandelbare emissierechten kent twee componenten, het is een zogenaamd *cap-and-trade* systeem. Het is de *cap* - het emissieplafond - dat voor de uiteindelijke reductie zorgt. De *trade* - het handelssysteem - zorgt enkel dat de reductie zo efficiënt mogelijk kan worden gerealiseerd. Dit sys-

51 Aan bedrijven worden de emissierechten gratis verstrekt op basis van hun historische emissies (gemiddelde van 2001 en 2002), op basis van een factor die bedrijven belooft wanneer hun prestaties op het gebied van energie-efficiëntie beter zijn dan afgesproken in de convenanten, op basis van de geprognosticeerde sectorgroei in de Referentieraming en op basis van een correctiefactor om ervoor te zorgen dat het totaal van gealloceerde rechten binnen de totale emissieruimte blijft [RIVM, 2004].

52 [Boonekamp, 2003]

teem heeft een kortetermijntijdsvoorkeur. Het is namelijk gevoelig voor het *free rider* effect ten aanzien van - in dit geval - innovatie. Hierbij innoveren bedrijven niet zelf om langetermijnopties te ontwikkelen, maar hopen bedrijven dat zij te zijner tijd kunnen profiteren van besparingsopties die door anderen zijn ontwikkeld. De overheid kan hier stimulerend werken, door het transitiebeleid zo in te richten dat het innovaties uitlokt. De overheid kan dan aansluiten bij de nationale 'sterktes', zonder andere reductie-opties of transitiepaden daarbij onmogelijk te maken. Van de overheid mag ten aanzien van de emissiehandel verwacht worden dat er zekerheid geboden wordt over de langjarige emissiereducties, toekomstige allocatieplannen en over toekomstige veiligheidsnormen.

Europese emissiehandel in de praktijk

Het CO₂-handelssysteem is op 1 januari 2005 ingegaan. De eerste jaren, vanaf 2005 tot en met 2007 worden beschouwd als een leerfase. De prijzen (kosten) voor emissierechten komen op de vrije markt tot stand. Vraag en aanbod zijn bepalend. Zij bedroegen in eerste instantie circa 8 € per ton CO₂. Momenteel, in april 2005, zijn deze kosten opgelopen tot circa 17 € per ton CO₂. Weinig zekerheid bestaat over de ontwikkeling van de markt en van de CO₂-prijs. Door de onzekerheid lijken bedrijven de rechten - die behoren bij gerealiseerde besparingen - op te potten in plaats van te verkopen. Hierdoor worden er minder emissierechten aangeboden voor verkoop dan theoretisch beschikbaar zijn. Dit heeft een onnodig prijsopdrijvend effect.

Gevolgen van de emissiehandel

De gevolgen van de internationale emissiehandel zijn vooralsnog beperkt. Een belangrijke oorzaak is gelegen in de norm. Landen zijn gehouden hun uitstoot te beperken tot een percentage van het niveau van uitstoot dat men in 1990 bereikte. Sinds 1990 zijn de economieën in Rusland en Oost-Europa echter ingestort. Daardoor stoten zij nu al veel minder CO₂ uit dan in 1990. Zelfs als deze landen geen klimaatbeleid voeren, hebben zij een heleboel emissierechten 'over', die zij kunnen verkopen op de internationale markt. Men noemt deze emissierechten dan ook wel *hot air*.

De doelstelling voor de EU is beperkt: acht procent reductie van broeikasgasen ten opzichte van 1990. Het merendeel (naar schatting ca. 80%) van deze reductie realiseren de deelnemende bedrijven via interne energiebesparing of interne emissiereductie. Er is daardoor slechts een kleine vraag naar emissierechten op de internationale markt. Tegelijk wordt het aanbod van emissierechten zeer groot, zodra Rusland zijn *hot air* gaat verkopen. In dat geval zal de prijs van emissierechten vermoedelijk fors dalen. Bij een lage prijs zullen bedrijven geen reden zien om kostbare investeringen te plegen ten gun-

ste van een meer duurzame productiewijze.⁵³

Toekomst van de emissiehandel

De emissiehandel, het *cap-and-trade* systeem, begint pas echt te werken als er verdergaande reductiedoelstellingen gaan gelden. De OESO verwacht een overstap van kolen- naar gasinzet als de CO₂-prijs ca. €19/ton CO₂ zal bedragen.⁵⁴ Investeringsbeslissingen vallen anders uit bij een prijs van €23/ton CO₂. Een overstap naar kernenergie vindt volgens de OESO plaats bij €26/ton CO₂, alhoewel de verschillen in kostenaspecten tussen landen groot zijn. Zo is kernenergie in Finland en Frankrijk nu al rendabel. Maar dat geldt niet voor ieder land. Een overstap naar duurzame bronnen vindt geleidelijk plaats vanaf een CO₂-prijs van €30/ton⁵⁵ en zeker bij een prijs van €60/ton.

Het is niet duidelijk hoe de CO₂-prijs zich zal ontwikkelen, maar het is onwaarschijnlijk dat deze voor 2012 al boven de €30/ton CO₂ zal zijn opgelopen.⁵⁶ Op de lange duur echter, rond 2050, geven scenariostudies aan dat de CO₂-prijs kan pieken rond de €200/ton CO₂.⁵⁷ Dit zou impliceren dat dan alle klimaatneutrale opties van minder dan €200/ton CO₂ commercieel inzetbaar zijn. Het *cap-and-trade* systeem kan dus na 2012 een significante bijdrage leveren aan de verduurzaming van de energievoorziening.

Interactie van beleidsinstrumenten

Beleidsinstrumenten die energiebesparing, onderzoek en demonstraties stimuleren zijn van groot belang om het transitieproces vorm te geven. De uitdaging is deze instrumenten zo vorm te geven dat zij zoveel mogelijk het internationale klimaatbeleid versterken, en zo min mogelijk interfereren met de emissiehandel.⁵⁸

53 Anderzijds, zeer hoge CO₂ kosten zijn niet productief zo lang het systeem niet wereldwijd wordt geïmplementeerd. Immers, zeer hoge kosten in Europa zouden er toe leiden dat industriële productie vanuit Europa direct of indirect wordt verplaatst naar landen die niet met het systeem meedoen.

54 [OESO, 2004] Dit rapport verwacht overigens geen massale, sprongsgewijze overstap van kolen naar gas: "The effects of a CO₂ price are based on the power plants' assumptions on an aggregate level and do not include plant specificities.

In reality, details in plant economics will deviate. This will, therefore, smooth out the results found in this paper."

55 Vergeleken met gas (CCGT).

56 [Pew center, 2005] Dit rapport noemt een schatting van €14/ton CO₂ in 2010.

57 [WBGU, 2003]

58 "Ensure that other climate policies and measures are streamlined with respect to the emissions trading scheme." [IEA, 2004a].

5.2 Resultaten van enkele scenariostudies

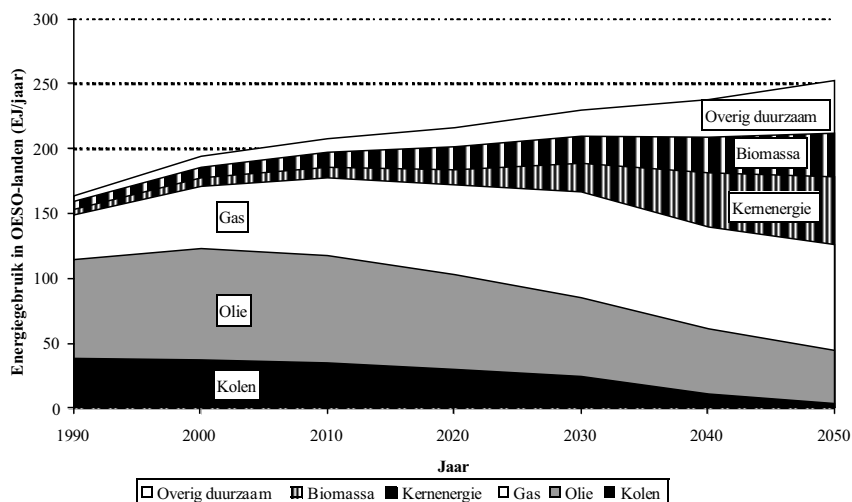
In de volgende hoofdstukken zullen transitiepaden geschetst worden die gezamenlijk kunnen bijdragen aan een duurzame energievoorziening in 2050. Hoe de paden precies zullen gaan lopen is niet volledig te voorspellen. Met behulp van scenario's is het mogelijk daar enig zicht op te krijgen. Men moet zich dan overigens wel rekenschap geven van de aannames in de scenario's.

De energievoorziening kan gezien worden als een groot, log systeem waarbij in de regel slechts langzaam wijzigingen doorgevoerd worden. Wel is duidelijk dat er sprake zal zijn van een geleidelijke afname van gebruik van fossiele brandstoffen en een even geleidelijke toename van duurzame energiebronnen. De uiteindelijke duurzame energiebron is vermoedelijk gebaseerd op zonne-energie. Zonne-energie zal vooral na 2050 tot groot-schalige toepassing moeten komen. Voor die tijd leveren andere duurzame energiebronnen - en dan voor Nederland specifiek biomassa - een belangrijke duurzame bijdrage aan de energievoorziening.

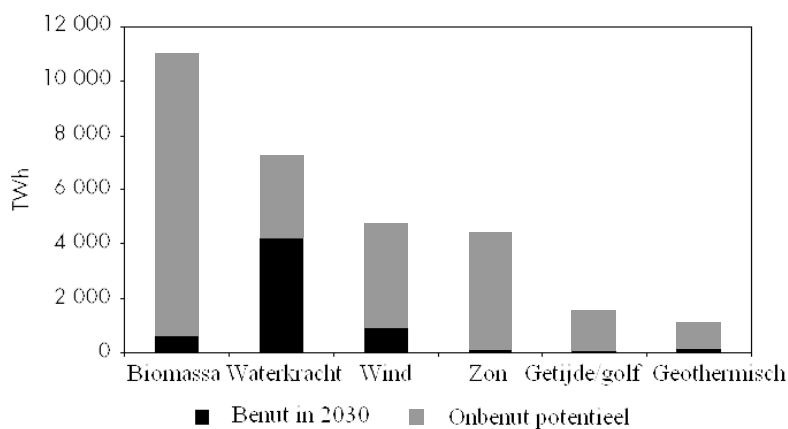
Omdat de verschuiving naar deze duurzame energiebronnen zich slechts langzaam voltrekt en het tempo bovendien onzeker is, zullen andere opties ook beschouwd moeten worden. Deze opties, zoals klimaatneutrale inzet van fossiele brandstoffen en kernenergie, behoren tot een overgangsportfolio gedurende de transitie naar een duurzame energievoorziening.

In figuur 9 staat de energiemix tot 2050 aangegeven voor alle OESO-landen gezamenlijk, op basis van het Sustainable Vision scenario van de IEA.⁵⁹ Dit scenario is een variant van het wereldbeeld van *Mondiale Markt*. De duurzame energiebronnen ontwikkelen zich langzaam in dit scenario. Zij zijn op termijn in staat om te voorzien in de *groei* van het totale energiegebruik. Het scenario laat zien dat veranderingen in de energiehuishouding zich slechts langzaam voltrekken. De afname van gebruik van fossiele brandstoffen wordt opgevangen door een extra inzet van kernenergie, maar deze structurele wijziging vindt, in deze prognose, pas na 2030 plaats. Het IEA-scenario maakt een voorzichtige inschatting over de mogelijkheden van duurzame energie op de middellange termijn. Figuur 10 geeft een overzicht van de mogelijkheden van hernieuwbare energiebronnen voor elektriciteit.

59 [IEA, 2003]



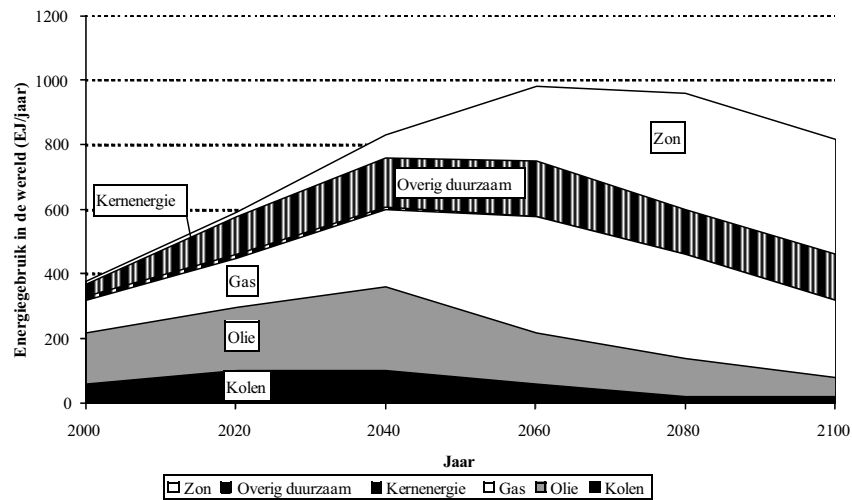
Figuur 9 Inzet van energiebronnen in de OESO-landen in de periode tot 2050, op basis van het Sustainable Vision scenario van de IEA.



Figuur 10 Benut en onbenut wereldwijd potentieel aan hernieuwbare bronnen, volgens de World Energy Outlook 2004 (IEA). (TWh = 10⁹ kWh)

Een scenario dat nog verder in de toekomst kijkt, is het *Mondiale Solidariteit* scenario van de WBGU.⁶⁰ Figuur 11 laat zien dat zonne-energie veel te bieden heeft voor de periode na 2050. Het is uiteindelijk wereldwijd de belangrijkste duurzame energiebron voor de lange termijn.

60 [WBGU, 2003]



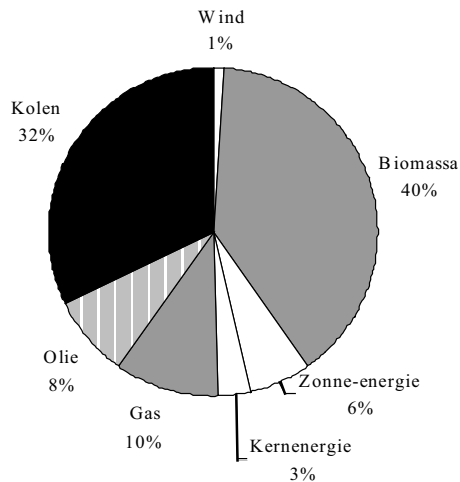
Figuur 11 Wereldwijde inzet van energiebronnen in de periode tot 2100, op basis van het Mondiale Solidariteit scenario van de WBGU.

De studies van de IEA en de WBGU gaan uit van de huidige situatie en geven inzicht in de transitiepaden. De Nederlandse COOL studie⁶¹ gaat uit van een duurzaam eindbeeld⁶², dat zeer waarschijnlijk te optimistisch is.

Vergelijking van enerzijds internationale resultaten van de IEA en de WBGU voor 2050, zoals afgebeeld in respectievelijk figuur 9 en figuur 11, met anderzijds de nationale resultaten van de COOL studie geeft wel een tentatief inzicht in gebieden waar juist voor Nederland beleidsintensivering zinvol zijn. De resultaten van de COOL-studie zijn weergegeven in figuur 12.

61 Uit: [Bruggink, 2004]

62 De eindbeelden van de COOL-studie reduceren de broeikasgasuitstoot in 2050 tot 80% ten opzichte van 1990.



Figuur 12 Verhouding van energiebronnen in Nederland in 2050 met een reductie van broeikasgassen van 80% t.o.v. het jaar 1990 (COOL-studie, Mondiale Markt).

Twee zaken vallen op in figuur 12: enerzijds de grote inzet van biomassa (40%) en anderzijds het omvangrijke gebruik van kolen (32%). De kolen worden in dit scenario klimaatneutraal ingezet, waarbij de CO₂ wordt opgeslagen. Het biomassagebruik is zo hoog, dat veel aandacht gegeven moet worden aan de concurrentieverhouding tussen biomassagebruik en voedselproductie. Ook is het - hiervan uitgaande - nodig om importstromen van biomassa naar Nederland veilig te stellen.

Dit scenario geeft aan hoe de Nederlandse energievoorziening eruit kán zien bij 80% reductie van broeikasgassen. Het geeft een beeld van de gebruiksverhouding in de portfolio aan hernieuwbare en klimaatneutrale opties in 2050. Het scenario is echter erg optimistisch over het aandeel biomassa, met name vanwege de noodzaak tot grootschalige import van geschikte biomassa.

5.3 De opties naast elkaar gezet

Uit de drie scenario's blijkt dat de duurzame energiebronnen alleen niet voldoende zijn om een duurzame energievoorziening in 2050 te bereiken. Andere vormen van klimaatneutrale energie moeten ook overwogen worden, zie tabel 3 op pagina 73 voor een overzicht van maatschappelijke kosten van diverse klimaatneutrale energiebronnen. In de eerste fase van de energietransitie kan het relatief schone aardgas zelfs een belangrijke rol spe-

len als 'eerste transitiegas', om de transitie te verlichten en versoepelen. Paragraaf 7.3 behandelt kernenergie als klimaatneutrale bron van energie. Aardgas wordt behandeld in hoofdstuk 8 en gedeeltelijk in hoofdstuk 10 omdat deze optie tot de specifieke sterktes van Nederland behoort.

Tabel 3 Indicatieve maatschappelijk kosten van enkele klimaatneutrale opties in 2010.⁶³ De onzekerheidsmarge van de gepresenteerde waardes is groot.

	(€/vermeden ton CO ₂)	Opmerkingen
Wind op land	30-80	Kosten hangen sterk af van het aantal lasturen per jaar en de toekomstige kostendaling.
Wind op zee	50-110	Kosten hangen sterk af van het aantal lasturen per jaar en de toekomstige kostendaling.
PV-zonne-energie	600	
Zonthermisch (bijv. zonneboilers)	200	
Warmtepompen	500	
Biomassa	10-200	
Biobrandstoffen	100-200	
Tuinbouw (agrarische bemesting)	5-10	
Schoonfossiel waterstof	45-100	Kosten afhankelijk van infrastructuur en energiedistributiesystemen. Rendementsverlies nu 20%.
Enhanced Coal Bed Methane	40-80	Relevantie pas te bepalen na demonstratie.
CO ₂ -opslag (geconcentreerde stromen)	5-50 ⁶⁴	Kosten vooral afhankelijk van CO ₂ -infrastructuur.
CO ₂ -opslag (rook/stookgassen)	45-350	Kosten vooral afhankelijk van CO ₂ -afscheiding en infrastructuur. Rendementsverlies nu 20%.

63 [MinEZ, 2003]; [Menkvelde, 2004]; [OESO, 2004].

64 De commissie acht kosten onder de €30/ton CO₂ op grote schaal niet waarschijnlijk.

Tabel 4 zet diverse energiebronnen af tegen landgebruik en meerkosten voor een dekking van 10% van de huidige Nederlandse energiebehoefte. Zeker voor biomassa is de beschikbare hoeveelheid land belangrijk om de noodzaak van import in te schatten. Deze tabel is zuiver indicatief van aard. Ter relativering zij verder opgemerkt dat vaak meervoudig ruimtegebruik mogelijk is. Zo is de grond onder windturbines goed te gebruiken. Ook is het oppervlak voor biomassa te combineren met voedselproductie en is zonne-energie te integreren in bestaande structuren (gebouwde omgeving). Mijnbouw ten behoeve van kolen vindt onder de grond plaats, terwijl locaties voor uraniumdagbouw na beëindiging van de activiteiten een nieuwe toepassing kunnen krijgen. Voor deze bronnen is het landgebruik ten gevolge van mijnbouw dus verwaarloosbaar.

Tabel 4 Indicatieve kosten en landgebruik van opties om in 10% van de Nederlandse energiebehoefte te voorzien. (*duurzame energie; **klimaatneutrale energie)

	Opbrengst (PJ/km ²)	Oppervlak ⁶⁵ bij 300 PJ, of 10% van de Nederlandse energiebehoefte
Windenergie*	0,08	3500 km ²
Biomassa*	0,02	14000 km ²
Zonne-energie*	0,3	1000 km ²
Kolen + CO ₂ -opslag **	>300	10 centrales
Kernenergie **	>300	7 centrales

65 Bron: De Ingenieur, 5 februari 2005. Het oppervlak van Nederland is ca. 34000 km² vasteland en 60000 km² continentaal vlak.

6 Energiebesparing en duurzame energiebronnen

6.1 Inleiding

Zoals in paragraaf 2.3 aangegeven vormen energiebesparing en de inzet van hernieuwbare energiebronnen een belangrijke basis voor de duurzame energiehuishouding waarnaar we, vanuit de christen-democratie, streven. Energiebesparing (paragraaf 6.2) matigt immers de problemen die in hoofdstuk 3 besproken zijn (CO₂-uitstoot en voorzieningszekerheid). Hernieuwbare of duurzame energiebronnen stellen ons in staat de benodigde energie op een duurzame wijze te produceren. Achtereenvolgens komen aan de orde: windenergie (paragraaf 6.3), zonne-energie (paragraaf 6.4), biomassa (paragraaf 6.5) en de overige duurzame bronnen (paragraaf 6.6). Ten slotte zal ingegaan worden op de stimulering van het gebruik van duurzame energiebronnen voor de *elektriciteits*productie (paragraaf 6.7).

6.2 Energiebesparing

Energiebesparing betekent minder energie gebruiken. Energiebesparing kan op korte termijn al grote winst opleveren, ofschoon er wel eerst geïnvesteerd moet worden. Het wordt beschouwd als een van de belangrijkste instrumenten in de energietransitie. De rijksoverheid heeft doelen geformuleerd voor energiebesparing. Mede op initiatief van het CDA is het uiteindelijke doel van energiebesparing gezet op 2% per jaar. Energiebesparing wordt gemeten ten opzichte van de normale economische groei. Als de economie bijvoorbeeld met 2% groeit, en de gerealiseerde energiebesparing is ook 2% per jaar, dan middelen deze cijfers elkaar uit. Het totale energiegebruik blijft in het voorbeeld constant, ondanks een groei van de economie.

Gericht beleid

Slechts een deel van de energievoorziening valt onder het systeem van emissiehandel. De energiebesparing bij consumenten valt er bijvoorbeeld niet onder. Er gaat van de emissiehandel dus geen prikkel uit aan consumenten om energie te besparen. Omdat het niet wenselijk en uitvoerbaar is om burgers te belasten met het systeem van emissiehandel, moeten andere methoden gehanteerd worden voor de consumentenenergiebesparing en het aanschaffen van energiezuinige apparaten. Het emissiehandelssysteem zorgt ervoor dat producenten enkel belang hebben bij een zo energiezuinig mogelijk *productieproces* van hun apparaten en niet bij een beperking van het energiegebruik tijdens de *gebruiksfase* van de apparaten.

De prijselasticiteit van energie is uitermate gering. We blijven autorijden, of benzine nu veel kost of weinig. Wel blijkt dat consumenten (en bedrijven) bij aanschaf van goederen in toenemende mate geïnteresseerd te zijn in het

energiegebruik. Beleid dat tot doel heeft het energiegebruik van apparatuur te verminderen dient zich derhalve te richten op het aankoopmoment. Naast *labeling* en voorlichting kunnen fiscale maatregelen helpen. Zo zou de BPM bij auto's moeten worden gerelateerd aan het brandstofverbruik. Eerder al stelde het WI dat voor in zijn studie *Schoon en Bereikbaar*.

Vervanging voor EPR

Via de Energie Premie Regeling hebben consumenten een prikkel om energiezuinige apparaten te kopen. Een alternatief is om bedrijven een regeling aan te bieden waarbij alle besparing van CO₂-uitstoot die bereikt wordt met de door het bedrijf ontwikkelde technologie, een voordeel voor het bedrijf oplevert. Voor iedere door de consumenten vermeden ton CO₂ zou het bedrijf bijvoorbeeld een premie ter grootte van de CO₂-marktprijs kunnen ontvangen. Duidelijkheid hoort te bestaan over de *baseline* (t.o.v. welk energiegebruik is een besparing) en over de periode waarin het bedrijf voor zijn ontwikkelde apparaat in aanmerking komt voor de premie. Deze regeling is aantrekkelijk in een markt met vele kleine producenten. Onderstaand tekstkader geeft een alternatief stimuleringsbeleid op grond van certificaten dat meer geschikt is voor sectoren met grote producenten, zoals de automobiel-industrie.

Verhandelbare CO₂-rechten voor consumentengoederen [Rooijers, 2004]

Een maatregel met beperkte maatschappelijke gevolgen is een systeem van verhandelbare CO₂-credits voor de auto-industrie: eerst wordt een gemiddelde norm voor de uitstoot van CO₂ per auto vastgesteld. Als uitgangspunt kan de door de Europese Commissie aangegeven doelstelling voor 2010 van 120 gram CO₂/km worden genomen. Vervolgens wordt voor iedere autofabrikant vastgesteld wat de gemiddelde CO₂-uitstoot is van alle auto's die deze verkocht heeft in één jaar. Indien de gemiddelde uitstoot van de in een bepaald jaar verkochte auto's van een fabrikant hoger ligt dan de norm, dan moet deze credits bijkopen op de markt. Indien de uitstoot lager ligt dan de norm, dan kan de fabrikant CO₂-credits verkopen. Als er onvoldoende credits zijn volgen boetes. Dit systeem heeft onder meer de volgende voordelen:

- het geeft fabrikanten flexibiliteit en een positieve prikkel;
- het systeem sluit aan bij de bestaande convenanten;
- het systeem laat nog steeds de verkoop van 'energieslurpers' toe zolang maar credits worden gekocht. Hierdoor blijft de markt open voor fabrikanten die alleen maar auto's in het dure segment verkopen.

Normstelling op termijn kan ter ondersteuning dienen van dit beleid, waarbij de meest milieuvriendelijke goederen op termijn geweerd worden.

6.3 Windenergie

Wind is een duurzame energiebron. Als het waait, verplaatsen zich grote luchtmassa's. Al vroeg ontdekte de mensheid dat er in deze luchtverplaatsing veel energie aanwezig was. De oude Perzen bouwden in de 7^e eeuw na Christus waarschijnlijk al de eerste windmolen. Vele eeuwen later is half Holland drooggelegd met behulp van windenergie. Aan het einde van de 19^e eeuw wekte, in de Verenigde Staten, de eerste windmolen elektriciteit op.

Technologische ontwikkelingen

De techniek van windenergie via windturbines is redelijk ontwikkeld. Dat wil zeggen dat er op dit gebied geen doorbraaktechnologie meer is te verwachten. Wel is er sprake van voortdurende schaalvergroting. De eerste windmolens voor elektriciteitsproductie in Nederland hadden een vermogen van ongeveer 0,075 MW, terwijl tegenwoordig windmolens met een vermogen van 5 MW geplaatst kunnen worden. Deze 5 MW is overigens alleen beschikbaar als het flink waait: gemiddeld genomen is er sprake van een benutting van een windturbine voor ongeveer 20%, althans in Nederland. Een groot windturbinepark met een geïnstalleerd vermogen van 1000 MW levert gemiddeld dus ongeveer 200 MW aan opbrengsten, dat is ruim 1% van de totale elektriciteitsvraag in Nederland. Zowel het vermogen van een windturbine als haar rendement zal in de toekomst verder toenemen. Naarmate schaalgrootte en rendement toenemen, zullen de kosten van windenergie afnemen. Op dit moment kost elektriciteit uit windenergie veel meer dan de marktprijs. Om windenergie te bevorderen, betaalde de overheid via de MEP-subsidie een bijdrage ter grootte van ca. 7 €/ct/kWh en voor wind op zee 9,7 €/ct/kWh. Ter vergelijking: de marktprijs van elektriciteit bedraagt circa 3,5 €/ct/kWh. Recentelijk is echter bepaald dat wegens een ontoereikend budget nieuwe projecten voor windenergie op zee tot 2007 niet meer gesubsidieerd worden.

Locatie van windturbines

Grote elektriciteitscentrales stonden vroeger dichtbij of zelfs in grote steden. Het aanbod van elektriciteit wilde men vlakbij de vraag naar elektriciteit hebben. Kennis van de milieuoverlast was blijkbaar nog gering. Locatie en capaciteit van het elektriciteitsnetwerk zijn hiermee nog steeds vaak verbonden. In het centrum van een gebied is de meeste capaciteit; in de periferie de minste. In Nederland speelt dit trouwens minder dan in andere landen. Windturbines staan bij voorkeur op plaatsen met de meeste wind en met veel ruimte. Windturbines worden daarom juist meestal in de periferie geplaatst en dan nog het liefst op zee. De plaats waar windturbines op het elektriciteitsnet worden aangesloten, is daarom vaak op een plaats met geringere capaciteit.

Kosten

Tot 3000 MW lijkt het inpassen van windparken in Nederland (op land en op zee) weinig problemen op te leveren. Daarboven kunnen de kosten oplopen tot in totaal 3 miljard euro voor 6000 MW:

- € 300 miljoen euro investeringen voor verzwaringen in het landelijke elektriciteitsnet;
- € 700 miljoen euro voor de verbindingen van het landelijke net tot en met de onderstations op zee;
- € 1800 miljoen euro voor de verbindingen van de onderstations met de windparken.

De vraag is wie deze kosten moet betalen. Als enkel de producenten van windenergie deze kosten moeten betalen, stijgt de onrendabele top van windenergie met ca. 1,08 eurocent/kWh.

Frappant is overigens dat de Nederlandse overheid dure (diepe) gebieden heeft aangewezen voor windparken, terwijl Groot-Brittannië de windparken veel dichterbij de kust plaatst en daardoor stukken goedkoper uit is. Door leereffecten en schaalvergroting zal de productieprijs van windenergie verder kunnen dalen. Versteviging van het elektriciteitsnet zal mogelijk ook nodig zijn voor andere vormen van duurzame, decentrale elektriciteitsopwekking zoals in de toekomst zonne-energie. De toekomst van windenergie zal afhangen van de internationale kostenontwikkelingen van windturbines en het beschikbare budget dat Nederland heeft voor stimulering van windenergie op zee.

Vraag en aanbod

Afname en opwekking van elektriciteit moeten - voor de stabiliteit van het systeem - op elk moment in balans zijn. De verantwoordelijkheid voor de balanshandhaving ligt bij TenneT, de beheerder van het landelijk hoogspanningsnet. De wind waait niet constant en laat zich zeker niet sturen. De totale hoeveelheid opgewekte elektriciteit moet evenwel wel bestuurbaar zijn om de benodigde balans te kunnen handhaven. (Bijvoorbeeld iedere keer dat iemand thuis een elektrisch apparaat aan- of uitzet, moet de hoeveelheid opwekking aangepast worden.) Bij een klein aandeel van windenergie en andere fluctuerende bronnen in de elektriciteitsvoorziening kunnen de overige opwekeenheden het gebrek aan bestuurbaarheid nog wel opvangen, maar naarmate het aandeel van windenergie en andere fluctuerende energiebronnen groter wordt, komt het er wel op aan om extra voorzieningen te treffen om het net stabiel te houden. Op de korte termijn kunnen flexibel inzetbare gasturbines het fluctuerende aanbod van windenergie compenseren, op de lange termijn zijn grotere opslagsystemen voor elektriciteit wenselijk. Ook als Nederland zelf geen windturbines meer bij zou plaatsen, zullen we in de

toekomst te maken krijgen met toenemende schommelingen in het elektriciteitsnet door de windturbines die in het buitenland staan opgesteld.

Opslagsystemen

Een succesvol project waarin windenergie gecombineerd wordt met energieopslag zou een belangrijke doorbraak voor de grootschalige inpassing van windenergie betekenen. Het vroegere plan van het ingenieursbureau Lievense voor de opslag van water in een kunstmatig spaarbekken is een voorbeeld van energieopslag. Onderzoek en ontwikkeling zouden zich dan ook moeten richten op het ontwikkelen van nieuwe technieken, zoals bijvoorbeeld conversie van elektriciteit in waterstof en de verdere ontwikkeling van persluchttopslag in de ondergrond. Twee installaties in Duitsland en de Verenigde Staten passen momenteel persluchttopslag al toe. Het opslagrendement van deze centrales is met 50% nog steeds vrij laag. Op dit moment zijn er technieken in ontwikkeling die het rendement van deze opslagmethode aanzienlijk verhogen.

Maatschappelijke weerstand

Windturbines veroorzaken geluidsoverlast en hinder voor vogels. Een goede inpassing van windmolens is daarom belangrijk. Bij 1000 MW aan windvermogen is de verwachting dat er, afhankelijk van de precieze locatie, 20.000 vogels per jaar omkomen door windmolens. Ter vergelijking: hoogspanningsleidingen veroorzaken 1.000.000 ornithologische slachtoffers per jaar.⁶⁶

Werkgelegenheid

De Europese windenergie verschaft op dit moment werk aan 100.000 mensen. Ook Nederland had tot vijftien jaar geleden een bloeiende windindustrie. Toen begin jaren negentig de overheidssteun voor windenergie wegviel, terwijl de rest van Europa juist windenergie begon aan te moedigen, vertrok de windindustrie uit Nederland.

Concurrentiepositie

Windenergie kan nu nog niet concurreren op de vrije elektriciteitsmarkt. De kansen zijn nog steeds sterk afhankelijk van overheidsstimulering en -steun. Van alle alternatieve energiebronnen is het wel de goedkoopste.

Op termijn zal de prijs van elektriciteit stijgen. Is het niet vanwege de CO₂-emissieplafonds⁶⁷, dan wel wegens de moeilijk voorspelbare oliepijzen en de investeringen die nodig zijn voor de vervanging van de bestaande (door de overheid gefinancierde) elektriciteitscentrales. Zo tekent zich een beleidsafweging af voor Nederland. Nu windenergie stimuleren of wachten totdat

⁶⁶ [Van de Pas, 2004]

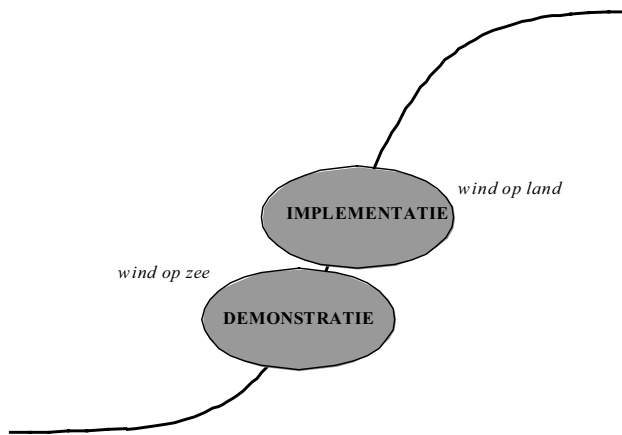
⁶⁷ Windenergie wordt rendabel bij een prijs voor CO₂-emissierechten van 30 tot 50 euro per ton CO₂. [Menkveld, 2004].

windenergie door kostendrukkende, in het buitenland geïnitieerde en ontwikkelde technieken rendabel wordt.

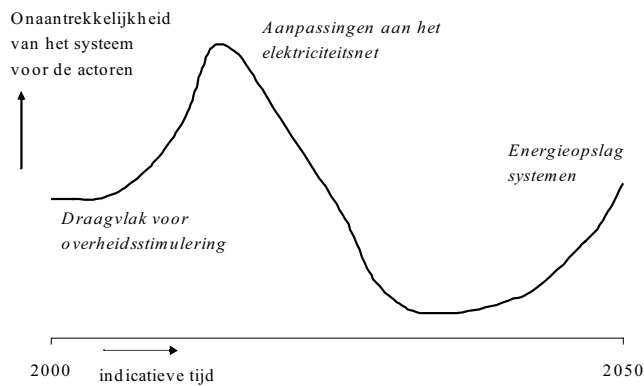
Toekomstplannen

De Nederlandse plannen voor windenergie op land bevatten een doelstelling van 1500 MW in 2010 (volgens het BLOW-akkoord⁶⁸). Zij bevatten tevens een langetermijndoelstelling voor wind op zee. De intentie is om, via stapsgewijze uitbreiding van het opgestelde vermogen, op zee uiteindelijk op 6000 MW in 2020 uit te komen. Dit vermogen op zee is voldoende om in 2020 aan een kleine 10% van de totale elektriciteitsvraag te voldoen en voor circa 1,5% aan de totale Nederlandse energiebehoefte. Deze doelstelling is niet beïnvloed door het besluit om nieuwe windenergieprojecten op zee tot 2007 niet meer te subsidiëren.

Windenergie op zee is nog relatief nieuw. De specifieke problemen van de beperkte beschikbaarheid voor onderhoud en de slijtage door het zoute zee-water maken specialisatie noodzakelijk. In Nederland vindt nog onderzoek plaats naar onderhoudsoptimalisaties en ook de Nederlandse offshore-industrie kan een grote rol vervullen bij aanleg van windparken op zee. Het zijn deze leereffecten die voor de Nederlandse industrie aantrekkelijk zijn en de gerichte inzet van MEP-subsidies rechtvaardigen. In figuur 13a is de transitiefase van windenergie aangegeven in de S-curve: de technologie van windturbines op zee bevindt zich in de demonstratiefase, windturbines op land in de implementatiefase. In figuur 13b zijn de barrières aangegeven, die overwonnen moeten worden bij de introductie van windenergie.



Figuur 13a Transitiefase van windenergie.



Figuur 13b Toekomstige barrières voor de transitie van windenergie.

Windenergie: mogelijk transitiepad (RIVM/ECN)
<i>Vanaf heden:</i>
Realiseren van een offshore demonstratiewindpark (vergroot tevens maatschappelijke draagvlak voor windenergie)
Overheid stimuleert windenergie, met doel leereffecten te bereiken
Overheid stelt plafonds voor toekomstige MEP-uitkeringen (tot nu toe open-einde regeling)
Doelstelling halen van 1500 MW op land conform het BLOW-akkoord
Doelstelling halen van 6000 MW offshore opgesteld vermogen, waarbij eventuele budgetkaders bepalend zijn voor het jaar waarin deze doelstelling gehaald wordt

6.4 Zonne-energie

Zonnecellen en zonneboilers zijn methoden om zonne-energie om te zetten in respectievelijk elektriciteit of warmte. De toepassing van zonneboilers zal bij het thema 'warmte' behandeld worden in paragraaf 9.2. In onderstaande passage gaat het over zonnecellen.

Zonnecellen zetten zonlicht om in elektriciteit. Zij worden ook wel PV-cellen genoemd (PV = Photo-Voltaïsch). De eerste experimentele PV-cellen zijn in de 19^e eeuw ontwikkeld. Men wist toen nog niet waarom de PV-cellen elektriciteit konden maken. Men ontdekte dat eigenlijk bij toeval. De bijbehorende theorie is door Einstein ontwikkeld in 1904. Hij ontving daarvoor de Nobelprijs. De eerste succesvolle toepassing van zonnecellen kwam tot stand aan het eind van vijftiger jaren in de ruimtevaart.

Locatie

Zonnecellen hoeven niet aan het elektriciteitsnet gekoppeld te worden. Zij zijn ook geschikt om afgelegen apparatuur van stroom te voorzien. Overdag fluctueert het aanbod van zonlicht echter en 's nachts is er helemaal geen aanbod. Daarom is het nodig om de afgelegen toepassingen van zonne-energie ook te voorzien van een batterij of accu. Hierdoor daalt het milieurendement van de zonnecellen echter. Zonne-energie zal vooral een bijdrage aan de transitie kunnen leveren, als de zonnecellen gekoppeld worden aan het elektriciteitsnet. Zonnecellen bewegen niet en zijn geruisloos. Zij kunnen goed ingepast worden in de gebouwde omgeving. Het grote voordeel van zonnecellen is dat zij elektriciteit opwekken op de plaats waar die ook wordt geconsumeerd. Regionale aanpassingen aan het elektriciteitsnet zijn voorlopig ook niet nodig. Alleen op de lange termijn zullen opslagsystemen voor elektriciteit nodig zijn: een behoefte die ook al ontstaat door grootschalige inzet van windenergie op de lange termijn.

Concurrentiepositie en technologische ontwikkelingen

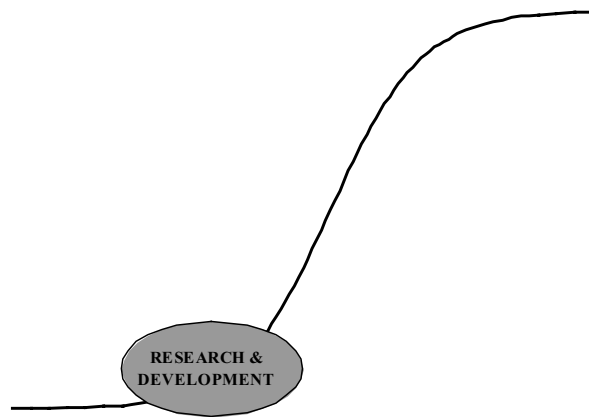
De productie van zonnecellen is momenteel nog erg duur. Er zijn nog enkele doorbraken nodig in de technologie voordat zonne-energie kan concurreren met andere vormen van elektriciteitsproductie. Het tijdspad rond doorbraaktechnologieën is uiteraard moeilijk in te schatten, maar men is op zoek naar het gebruik van andere grondstoffen en flexibeler materiaal dan in de huidige PV-cellen wordt toegepast. In Nederland wordt bijvoorbeeld fundamenteel onderzoek verricht naar zonnecellen uit polymeren en toegepast onderzoek naar dunne-film (oprolbare) zonnecellen. Wat de toekomst brengt, zonnecellen gemaakt uit biomassa, of zelfs zonnecellen als muurverf, is ongewis. Nu is elektriciteit uit zonnecellen nog tien tot twintig keer zo duur als de

marktprijs van elektriciteit. Als we de transitie van zonne-energie op de lange termijn een kans willen geven, zullen we nu kunstmatig een markt voor zonnecellen in stand moeten houden. Tevens zien we zonnecellen verschijnen in allerlei nichemarkten, zoals tuinlampen, rekenmachines, in speelgoed, verkeersborden en op daken van caravans. Toepassingen van zonne-energie voor de elektriciteitsvoorziening is in moeilijk toegankelijke gebieden in ontwikkelingslanden nu al lonend. Al deze ontwikkelingen zijn uitermate bevorderlijk voor de verdere transitie van zonnecellen.

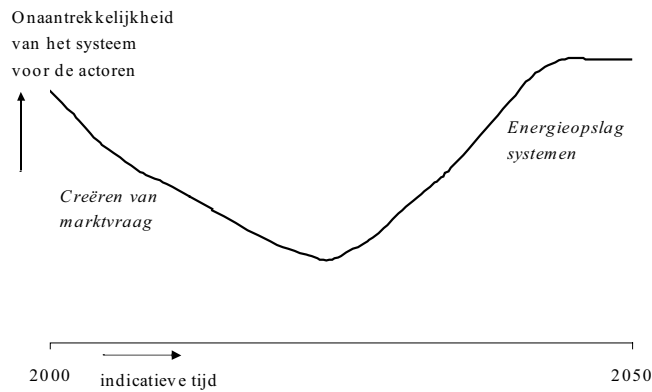
Werkgelegenheid

Voor de introductie van de huidige MEP-regeling, werd zonne-energie gesubsidieerd via de EPR (Energie Premie Regeling). Op dat moment werkten in Nederland ca. 1000 mensen in de zonne-industrie met een jaarlijkse omzet van ongeveer 100 miljoen euro.⁶⁹ Het sterk wisselende overheidsbeleid in Nederland zorgt echter voor onzekerheid bij marktpartijen. De kennisinstellingen in Nederland op het gebied van zonne-energie behoren tot de wereldtop, maar de productie van zonnecellen vindt grotendeels buiten Nederland plaats. Duitsland heeft in tegenstelling tot Nederland al jaren een zeer actief beleid om zonnecellen te stimuleren, en de Duitsers zijn een grote producent van zonnecellen geworden. Holland Solar zegt: "Wat wij nodig hebben is een samenhangend en consequent beleid waardoor de diverse belanghebbenden worden gestimuleerd tot samenwerking. Daaruit kan ook een gezonde concurrentie op Europees en wereldniveau voortkomen." Figuur 14b laat de barrièrekaart zien voor het transitiepad van zonnecellen. Daarbij valt wel op dat men ervan uitgaat dat het creëren van voldoende markt vraag uiteindelijk stimulerend genoeg is om technologische doorbraken te realiseren en om de daarvoor benodigde R&D inspanningen te genereren.

69 [Holland Solar, 2005]



Figuur 14a Transitiefase van zonne-energie (PV).



Figuur 14b. Barrières voor zonne-energie (PV).

Zonne-energie voor elektriciteitsproductie: mogelijk transitiepad (RIVM/ECN)
<i>Vanaf heden:</i>
Een actiever op onderzoek en demonstratie gericht beleid
Vraagstimulering in de gebouwde omgeving via voortgaande verlaging van de EPN (zie paragraaf 9.2)
Zonvriendelijke verkaveling van woningen, daken op zuiden
Het installeren van een dubbele elektriciteitsmeter in huizen (in- en uitgaande stroom)
Barrières voor netvoeding slechten
Stimuleren demonstratieproject voor energieopslagssystemen

6.5 Biomassa

Vóór de industriële revolutie was biomassa de enige grootschalige energiebron. Voor koken en verwarming gebruikte men simpelweg hout. Omdat gekapte bomen niet teruggeplant werden, was dit biomassagebruik niet duurzaam. Aan het eind van de Middeleeuwen waren er nog maar weinig bossen in West-Europa over. Uiteindelijk is het traditionele biomassagebruik vervangen door kolen. In de huidige wereld neemt traditionele biomassa nog steeds ruim 7% in van het totale energiegebruik.⁷⁰ Het gebruik beperkt zich vrijwel uitsluitend tot de ontwikkelingslanden. Biomassa kan een duurzame bron van energie zijn en hier wordt dan ook gesproken over moderne biomassa.

6.5.1 Biomassa voor elektriciteit

Ladder van Lansink

Moderne biomassa is ruwweg op twee manieren te verkrijgen: uit biomassa-teelt of uit organische reststromen. Bij biomassateelt is sprake van het verbouwen van een landbouwgewas speciaal met het oog op gebruik als grondstof of brandstof. Deze vorm van biomassateelt zou in principe ten koste kunnen gaan van de voedselproductie, maar kan ook juist een sterke synergie met de voedselproductie hebben. Landbouwers kunnen echter vaak (en vooralsnog) meer verdienen aan het verbouwen van voedselgewassen dan van energiegewassen. Daarom kan biomassa nu nog niet concurreren met voedselproductie, althans als wij spreken over Nederland.

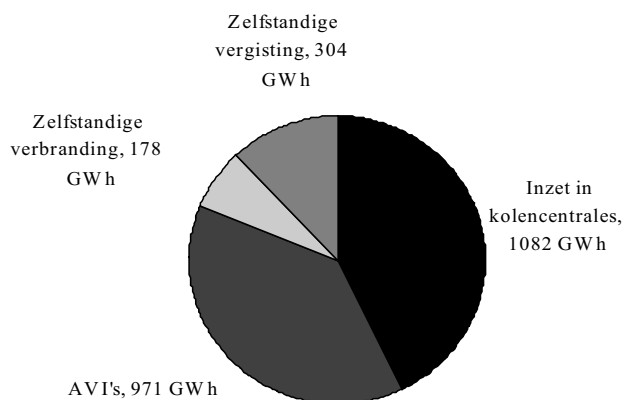
Speciaal geteelde biomassa voor de energievoorziening is eigenlijk een vorm van zonne-energie, maar het rendement is zeer laag: ongeveer 2% van de invallende zonne-energie wordt omgezet in energie in biomassa. Hier staat tegenover dat biomassaproductie, op eventuele bemesting na, geen energie kost.⁷¹ Wil Nederland echter biomassa grootschalig inzetten in haar energievoorziening dan zal ons land grote hoeveelheden biomassa moeten importeren. Transport is daarbij op de keper beschouwd - en gezien vanuit een energie-oogpunt - geen probleem, aangezien ook nu nagenoeg alle olie en kolen geïmporteerd wordt. Wel moet onderzocht worden of het energetisch rendabel is de biomassa van ver te importeren omdat olie en kolen een grotere energiedichtheid hebben dan biomassa. Enige voorbewerking in het land van herkomst is gewenst. De financiële transportkosten over zee zijn

⁷⁰ [IEA, 2004]

⁷¹ Ter vergelijking: PV-cellen kunnen een rendement van 15% halen. De productie van PV-cellen kost echter wel veel energie. Een PV-cel moet 5 jaar functioneren, voordat hij meer energie levert dan dat zijn productie gekost heeft. De energetische terugverdientijd is dus momenteel 5 jaar.

marginaal, dat geldt niet voor de kosten van overslag en landtransport. Ook dit pleit voor voorbereiding in het land van herkomst, zodat hoogwaardige producten getransporteerd worden.

Organische reststromen kunnen altijd voor de energievoorziening gebruikt worden. De zogenaamde ladder van Lansink⁷² geeft aan dat recyclen de voorkeur heeft boven verbranden en verbranden weer de voorkeur boven storten. Ook op biomassa is de ladder van Lansink van toepassing. Biomassa wordt al veel ingezet in de elektriciteitsproductie, waarbij voornamelijk reststromen gebruikt worden. Figuur 15 geeft een overzicht, waaruit blijkt dat biomassa op dit moment vooral wordt ingezet bij kolencentrales (1082 GWh).



Figuur 15 Elektriciteitsproductie uit biomassa in Nederland in 2002 [Menkveld, 2004]. (GWh = 10^6 kWh)

88

De twee grootste bijdragen in de elektriciteitsproductie uit biomassa zijn inzet in kolencentrales en afvalverbrandingsinstallaties (AVI's). In de AVI's wordt grijs en groen afval verbrand. Alleen het groene afval telt als biomassa. Verbranding van het grijze afval stoot wel CO₂ uit, daarom is deze vorm niet klimaatneutraal.⁷³ Inzet in kolencentrales van zuivere biomassa gaat uiteraard gepaard met het gebruik van kolen. In enge zin is er in dat geval geen sprake van klimaatneutraliteit, maar voor de korte termijn levert het wel degelijk een wenselijke en efficiënte vorm van klimaatneutrale energie op.

72 Oud CDA-kamerlid Ad Lansink beschreef de preferentieketen in 1979.

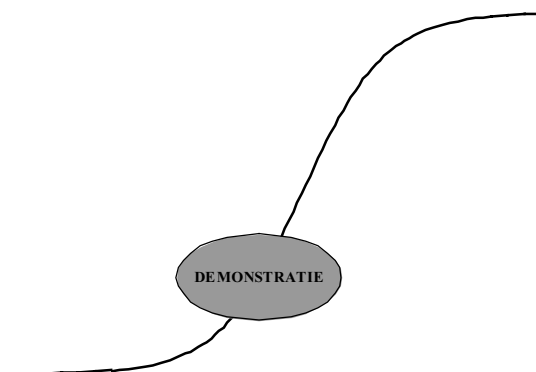
73 Dit onderscheid in CO₂-uitstoot tussen groen en grijs afval is conform de IPCC-methodologie.

Elektriciteit

Zelfstandige biomassa-installaties zijn veelal kleinschalige verbrandingsinstallaties die overwegend lokaal hout uit bossen, plantsoenen of landschap inzetten. Daarnaast zijn er nog enkele vergistinginstallaties in Nederland. De kleinschalige biomassacentrales en bio-WKK's zijn vooralsnog de meest duurzame vormen van elektriciteitsopwekking uit biomassa. Nieuwe initiatieven zijn in voorbereiding, maar dit zijn er slechts enkele: Nuon Almere-Poort (6 MW, 27 MW_{th}), Cogas (1 MW) en Twence (14,5 MW).⁷⁴ Het Projectbureau Duurzame Energie zegt hierover dat ook hier geldt dat investeerders voor relatief nieuwe technieken niet staan te springen om risicodragend te zijn en dat vergunningstrajecten lang zijn. Meerdere initiatieven zijn in diverse stadia van ontwikkeling, maar deze zullen pas gerealiseerd worden nadat de huidige initiatieven operationeel zijn. In de praktijk kost het traject om alle vergunningen te verkrijgen veel tijd vanwege de lokale uitstoot (NIMBY-effect) en vanwege het transport van grote volumes.

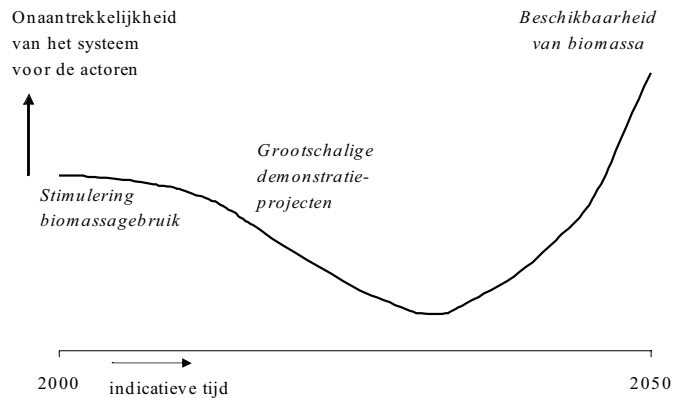
Biogas

Stortgas, maar ook het gas dat geproduceerd wordt uit mest en/of andere reststromen in vergistingscentrales, wordt ook wel groen gas of biogas genoemd. Biogas lijkt in veel opzichten op aardgas. Halverwege de 19^e eeuw gebruikte een ziekenhuis in Bombay al biogas voor een verwarmingsinstallatie. Zowel India als Engeland gebruikten vanaf 1896 biogas voor straatverlichting. Biogas is voor dezelfde toepassingen te gebruiken als aardgas. Het is (na zuivering) bij te mengen in het aardgasnet. In figuur 16a is de transitiefase voor biomassa voor elektriciteitsproductie weergegeven, in figuur 16b de barières die overwonnen moeten worden.



Figuur 16a Transitiefase van biomassagebruik voor de elektriciteitsproductie.

74 [Van de Pas, 2004]



Figuur 16b Barrières voor biomassagebruik voor de elektriciteitsproductie.

Biomassa voor elektriciteitsproductie: mogelijk transitiepad (RIVM/ECN)
<i>Vanaf heden:</i>
Het opschalen van demonstratieprojecten om door schaafeffecten de technieken economisch-optimaal in te kunnen zetten
Het creëren van gunstige marktcondities voor biomassa ten opzichte van de goedkope fossiele energiebronnen; en het bewaken van een <i>level-playing field</i> in de elektriciteitssector ⁷⁵
Het verkorten van de vergunningsprocedures
Innovatie bij industrie en instituten voor verbetering van de bestaande technologie en ontwikkeling van nieuwe technologische concepten ⁷⁶
<i>Na 2010:</i>
Grootschalige bio-elektriciteitscentrales starten

6.5.2 Biobrandstoffen

Uit biomassa kunnen transportbrandstoffen gehaald worden. Het idee is niet nieuw, als men bedenkt dat Rudolph Diesel zijn motoren op plantaardige olie wilde laten lopen en Henry Ford al dacht aan het gebruik van bio-ethanol als brandstof. De variatie aan biobrandstoffen is groot. Commercieel

⁷⁵ Het *level-playing field* in de elektriciteitssector zou bijvoorbeeld verstoord kunnen zijn doordat oude elektriciteitscentrales inmiddels financieel afgeschreven zijn. Nieuwe elektriciteitscentrales, en dus ook biocentrales, leveren duurdere elektriciteit omdat daar (nu nog) wel kapitaallasten op drukken.

⁷⁶ Bijvoorbeeld: a. Ontwikkelen van biomassa(rest)producten met lagere kostprijs door benutting van de plantencomponenten met hogere economische waarde dan slechts de verbrandingswarmte;

b. Verhogen van de kwaliteit van de restfracties waardoor grotere hoeveelheden biomassa in kolencentrales kunnen worden meegestookt zonder dat asproblemen ontstaan.

verkrijgbaar zijn momenteel al plantenolie (PPO), biodiesel, bio-ethanol en olie uit reststoffen.

Concurrentiepositie

Biomassateelt kan in Nederland vooralsnog niet concurreren met de traditionele landbouw, voorzover de enige reden voor teelt gelegen is in het benutten van de verbrandingswaarde. Daarom zal ons land afhankelijk zijn van de import van biomassa uit het buitenland. Biobrandstoffen kunnen tevens een bijdrage leveren aan de vermindering van de afhankelijkheid van geïmporteerde olie. Omdat biobrandstoffen in Europa duurder zijn dan conventionele brandstoffen, kan de vraag naar biobrandstoffen alleen aanzienlijk groeien als er door middel van beleid gunstiger marktcondities gecreëerd zijn. Bij stimuleringsbeleid kan men denken aan een (tijdelijke en gedeeltelijke) accijnsvrijstelling en/of een verplichtstelling (verplichte bijmenging).

De inzet van biomassa voor biobrandstoffen is overigens economisch minder effectief, gemeten in geïnvesteerde euro per bespaarde ton CO₂-uitstoot dan de inzet van biomassa voor de elektriciteitsproductie.⁷⁷ Tot nu toe is er in Nederland nauwelijks beleid gevoerd ter stimulering van de productie en het gebruik van biobrandstoffen. Echter, op Europees niveau is een belangrijke stap gezet om een vraag naar biobrandstoffen te creëren door de Europese 'Richtlijn ter bevordering van het gebruik van biobrandstoffen of andere hernieuwbare brandstoffen in het vervoer' (2003/30/EG). Deze richtlijn houdt in dat in 2010 in Nederland biobrandstoffen 5,75% van alle verkochte motorbrandstoffen uitmaken. Deze moet in Nederland nog in nationaal beleid worden omgezet, waarbij Economische Zaken heeft aangegeven het beleid te willen richten op de ontwikkeling en introductie van goedkopere biobrandstoffen, de zogenaamde tweede generatie biobrandstoffen.⁷⁸ Deze brandstoffen worden uit biomassagrondstoffen geproduceerd die slechts na een voorbewerking omgezet kunnen worden in bio-ethanol of -diesel. Daarnaast liggen er kansen waarbij de productie van grondstoffen voor de chemie en voor transportbrandstoffen middels bioraffinagetechnologie uit akkerbouwproducten voortkomt. Het is een grote opgave om te voldoen aan de genaamde Europese richtlijn en Nederland loopt al achter. Gezien de urgentie van de onderliggende problemen en het belang van Nederland om tijdig aan te haken bij nieuwe kansen, dient er een inhaalslag gemaakt te worden om alsnog aan de biobrandstoffenrichtlijn in 2010 te voldoen.

77 [Kampman, 2003]

78 Verslag over 2003 aan de Europese Commissie inzake richtlijn 2003/30/EG. De eerste generatie biobrandstoffen is bijvoorbeeld ethanol uit makkelijk vergistbare suikers zoals suiker en zetmeel.

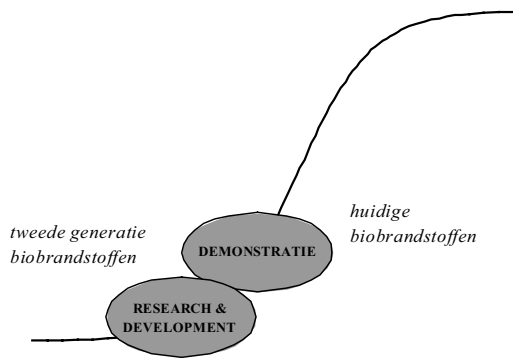
Achterstand

De meest gebruikte biobrandstof wereldwijd is bio-ethanol. Deze alcohol ontstaat door plantaardige grondstoffen, zoals rietsuiker (Brazilië), maïszetmeel (Verenigde Staten), tarwezetmeel of bietsuiker, te vergisten. De Europese Unie heeft op deze landen een forse achterstand. In Brazilië, waar men 14 miljoen ton bio-ethanol per jaar produceert, rijdt 30% van de auto's op bio-ethanol. Doordat Brazilië in de loop der jaren veel kennis heeft opgebouwd is nu een kostprijs bereikt die kan concurreren met benzine en diesel uit aardolie. Twintig jaar geleden was de kostprijs nog vergelijkbaar met het niveau dat we nu in Nederland kennen. In de Verenigde Staten produceert men 9 miljoen ton, terwijl dit in de Europese Unie in 2002 slechts 0,2 miljoen ton bedroeg. In Zweden bevat alle benzine 5 procent bio-ethanol. Daarnaast staan er verspreid over het land zo'n 120 benzinestations waar de automobilist ook bio-ethanol E85 kan tanken, dat is gewone benzine vermengd met 85% ethanol. In Frankrijk vindt tot 5% bijmenging van bio-ethanol in de benzine plaats. In Duitsland heeft men stevig geïnvesteerd in biodieselproductie uit raapzaad. De productie bedraagt in 2004 circa 1,2 miljoen ton biodiesel. De industrie en de boeren werden gemotiveerd door een volledige accijnsvrijstelling op biobrandstoffen.

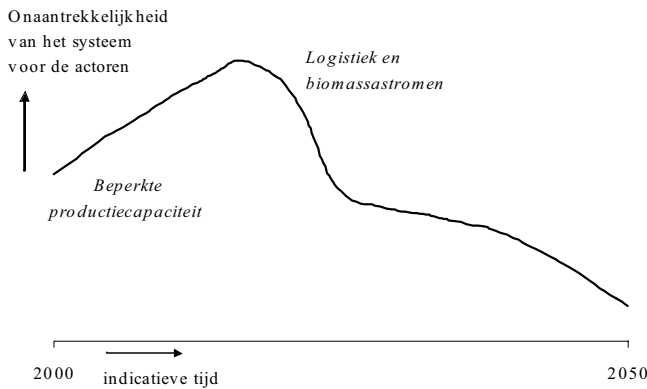
In Nederland verwacht het ministerie van Economische Zaken echter dat het niet mogelijk is om in 2010 5,75% biobrandstoffen te gebruiken. Het ministerie denkt dat 2% voor 2010 een realistischer schatting is. Beperkingen van Nederland om de doelstelling van 5,75% te bereiken zijn volgens het ministerie een te gering aanbod van biomassa en niet voldoende productiecapaciteit van biobrandstoffen. Een vertragende factor bij het opstarten van de productie van biobrandstoffen is dat deze ook aan de kwaliteitseisen voor benzine of diesel moet voldoen.⁷⁹ Een legitieme reden om af te wijken van de EU-richtlijn is een beperkte beschikbaarheid van biomassa in eigen land.⁸⁰ Import van biomassa, of biobrandstoffen, kan bijdragen aan het sturen van de biomassastromen. Nederland kan als distributieland belangrijk voordeel hebben bij deze biomassastromen. Zo importeert Zweden nu al via de haven van Rotterdam zo'n 200 000 ton ethanol uit Brazilië. Niet zozeer vanuit het oogpunt van stimulering van biobrandstoffen, maar vanuit de gewenste toekomstige rol van Nederland in de biomassaketten, is het gewenst via import aan de biobrandstofrichtlijn te voldoen. De ervaringen van Zweden en Frankrijk leren dat het bijmengen van 5% bio-ethanol in benzine al meteen doorgevoerd kan worden. Voor E85 is samenhangend beleid nodig, omdat ook voorzieningen aangepast moeten worden.

79 [NOVEM, 2003]

80 EU-richtlijn 2003/03/EG, artikel 4 lid 1, a.



Figuur 17a Transitiefase voor biobrandstoffen.



Figuur 17b Barrières voor biobrandstoffen.

Biomassa voor mobiliteit: mogelijk transitiepad (RIVM/ECN)
<i>Vanaf heden:</i>
Het ontwikkelen van import- en doorvoerrelaties voor biomassa
Voldoen aan de doelstelling van de EU van 5,75% biobrandstoffen in 2010
Tijdelijke en accijnsverlaging voor biobrandstoffen
Stimuleren innovatieonderzoek voor tweede generatie biobrandstoffen en bioraffinage technologie

6.5.3 Biomassa als grondstof voor de chemische industrie (zie appendix 1)

Biomassa kan ook als grondstof gebruikt worden; voor veel producten kan de chemische structuur van biomassa zelfs geschikter gemaakt worden dan de chemische structuur van oliegrondstoffen. Door biomassacomponenten als grondstof voor de petrochemie in te zetten, valt per ton ingezette biomassa meer fossiele grondstoffen te besparen dan bij het inzetten voor elektriciteit of transportbrandstof. Dat verduurzaamt de economie. Bovendien is

het bij die toepassing van biomassa zelfs op Nederlandse bodem aantrekkelijk voor deze markt te verbouwen en te concurreren met het huidige landbouwgebruik. Wanneer we systeemdoorbraken mogelijk willen maken is er veel langdurig onderzoek nodig. Als we al wisten wat er in akkerbouwproducten die nu al verwerkt worden, veranderd zou moeten worden, kost het nog zeker 10 jaar voordat we deze planten industrieel kunnen inzetten. Wanneer bovendien een nieuw verwerkingsproces opgezet moet worden zijn we nog eens 5-10 jaar langer bezig. Wil Nederland de mogelijkheden benutten - voortbouwend op sterke economische sectoren als de landbouw, de bulkchemie en de logistiek - om biomassa als grondstof te gebruiken, is het urgent om de ontwikkeling nu reeds te stimuleren. Deze mogelijkheden worden behandeld in hoofdstuk 10 over de kansen voor Nederland. Juist de Nederlandse boer kan door een deel van de waardevermeerdering zelf uit te voeren, zijn economische positie verbeteren. De Nederlandse boer is hoog opgeleid en in Nederland hebben we door de korte afstanden veel meer integratiemogelijkheden dan in de meeste anderen landen. Tevens hebben wij meer kansen ook in apparatuur te investeren voor verwerking op het boerenbedrijf.

Biomassa als grondstof: mogelijk transitiepad (appendix 1)
<i>Vanaf heden:</i>
Geïntegreerd research op het gebied van landbouw en chemie
Implementatie in petrochemie via samenwerkingsprojecten van de Rotterdamse haven en landbouwinstellingen. De overheid kan hier katalysator bij spelen door partijen bij elkaar te brengen, cultuurverschillen te helpen overwinnen en kortetermijndoelstellingen te overbruggen.

6.5.4 Conclusie biomassa

94

Biomassa als duurzame energiebron heeft dus verschillende mogelijkheden. Aangezien in Nederland de hoeveelheid biomassa, gegeven het benodigde landoppervlak, beperkt is, is het nodig ons te richten op de toepassingsmogelijkheden die op den duur het aantrekkelijkste zijn: hoe de biomassa de grootste toegevoegde waarde voor de economie heeft. Toepassing van biomassa als grondstof is op termijn het meest kansrijk. Bij deze toepassing kunnen in principe ook beperkt grondstoffen voor biobrandstoffen en elektriciteit geproduceerd worden. Daardoor kunnen de verschillende in biomassa voorkomende componenten op hun hoogste waarde ingezet worden. In combinatie met de productie van chemicaliën worden daardoor ook biobrandstoffen en de inzet voor de elektriciteitsvoorziening economisch haalbaar. Biogas, verkregen uit overige reststromen, kan bovendien in hoogrendement (gas)toepassingen worden gebruikt.

In het huidige beleid wordt biomassa vooral toegevoegd aan kolen in kolen-centrales voor elektriciteitsopwekking. Op korte termijn levert dat een nuttige beperking van de CO₂-emissie op, zeker zo lang er meer dan voldoende biomassa beschikbaar is. Voor landen met beperkt grondoppervlak wordt op termijn deze toepassing suboptimaal, namelijk als er meer mogelijkheden komen om biomassa als grondstof te gebruiken. Die toepassingen zullen naar verwachting zonder steunmaatregelen rendabel zijn. Wanneer er voldoende grond beschikbaar is, kunnen ook geschikte soorten biomassa toegepast worden voor elektriciteit mits de kostprijs van teelt en transport concurrerend blijft met die van kolen. Uiteraard geldt dit ook voor het importeren van dit soort biomassa in landen met gering grondoppervlak.

6.6 Overige duurzame bronnen

Er zijn nog talrijke andere duurzame bronnen dan wind, zon en biomassa. Waterkracht wordt gebruikt bij grote hoogteverschillen, zoals in de bergen, of bij rivieren met een grote waterverplaatsing. Waterkracht wordt op beperkte schaal in Nederland toegepast. Er zijn ook weinig uitbreidingsmogelijkheden. Waterkracht is overigens wel een bijzonder goedkope energiebron. In bergrijke gebieden wordt waterkracht ook veel gebruikt als opslagmedium voor elektriciteit. Er zal ook een elektriciteitskabel worden aangelegd van Nederland naar Noorwegen, om met waterkracht opgewekte elektriciteit uit Noorwegen te kunnen importeren. Geothermische energie maakt op haar beurt gebruik van aardwarmte. Golfslagenergie haalt energie uit de golven in de zee, getijdenenergie wint energie uit het verschil tussen eb en vloed.

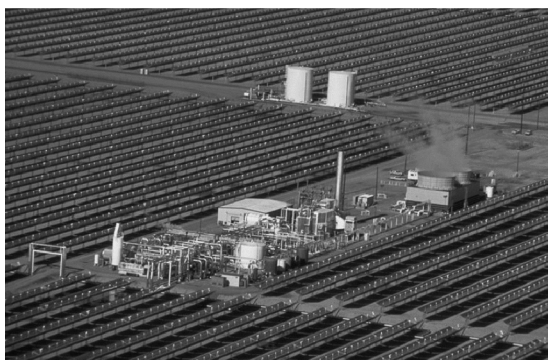


Foto van een zonthermische centrale. Bron: www.kjcsolar.com

Zonthermische centrales gebruiken grote spiegelinstallaties om zonlicht te bundelen en daarmee een vloeistof tot een hoge temperatuur te verhitten van ca. 400°C. Deze sterk verhitte vloeistof wordt gebruikt om een traditio-

nele turbine aan te drijven. Zonthermische centrales staan al sinds de jaren 80 van de vorige eeuw in Californië en er zijn plannen om een demonstratiecentrale in Zuid-Spanje te bouwen. De Nederlandse energievoorziening en industrie hebben geen direct voordeel van deze ontwikkeling. Ieder land moet zijn eigen kansen benutten. Hoe mooi sommige principes ook zijn: Nederland hoeft niet alles te stimuleren. Het blijft zaak scherp te zijn op geheel nieuwe ontwikkelingen. Zo wordt er ook gesproken over *blauwe energie*⁸¹, waarbij via membranen energie gewonnen wordt uit het verschil in zoutgehalte van zoet en zout water. De Afsluitdijk kan een geschikte locatie zijn voor een eerste praktijkexperiment.

6.7 Stimulering hernieuwbare energie voor de elektriciteitsproductie (MEP)

Historische ontwikkeling

De Nederlandse overheid heeft een aantal jaren een zeer vooruitstrevend beleid trachten te voeren met betrekking tot de stimulering van duurzame energie. Uitgangspunt daarbij was dat stimulering van duurzame energie het beste zou werken via een vraaggestuurd stimuleringsstelsel. Met de invoering van de regulerende energiebelasting (REB) werd tegelijkertijd een (gedeeltelijke) belastingvrijstelling geïntroduceerd voor de verkoop van duurzame energie. Als een klant duurzame energie van een energieleverancier kocht, hoefde de energieleverancier voor deze klant geen energiebelasting in te houden en af te dragen. Om voor deze REB-vrijstelling in aanmerking te komen, moest voor de duurzame elektriciteit een 'groencertificaat' worden overgelegd.

Deze groencertificaten werden uitgegeven aan producenten van elektriciteit opgewekt uit duurzame energiebronnen voor de door hen opgewekte hoeveelheid groene stroom. Deze certificaten konden door deze producenten vervolgens verhandeld worden. Zo kon een markt voor 'groencertificaten' ontstaan. In de praktijk was de vraag van consumenten naar groene stroom groot, wat waarschijnlijk mede veroorzaakt werd doordat energieleveranciers deze groene stroom aanboden tegen dezelfde prijs als 'grijze stroom'. Dit konden de energieleveranciers doen omdat de gemiddelde prijs van een groencertificaat lager lag dan de hoogte van de REB-vrijstelling. Ook het feit dat het consumenten al in 2001 mogelijk werd gemaakt om van leverancier te wisselen, (slechts) indien ze zouden overstappen naar groene stroom (terwijl de 'algemene' marktopening voor de kleinverbruikers uiteindelijk pas in 2004 plaatsvond), zal aan het succes van de afname van groene stroom hebben bijgedragen.

81 Natuur&Techniek, 10 mei 2004.

De idee achter een dergelijk certificatiesysteem is dat de productie van duurzame energie uitwisselbaar is en duurzame energie daar geproduceerd kan worden waar dit het goedkoopste kan. Naast deze belastingvrijstelling, gekoppeld aan de verkoop van duurzame elektriciteit, werd een deel van de energiebelasting ook besteed aan het stimuleren van de productie van duurzame elektriciteit.

Waarom ging het fout?

Hoewel de groenestroommarkt zich in een snel tempo ontwikkelde, bleken er toch nogal wat haken en ogen te zitten aan deze systematiek:

- de ontwikkeling van de productie van groene energie binnen Nederland bleef stagneren. De prikkel voor producenten was onvoldoende (in hoogte en voor wat betreft de zekerheid over de duur) zodat er weinig productie van de grond kwam;
- aangezien de overheid geen onderscheid kon maken tussen energieproductie binnen en buiten Nederland werd er vanuit het buitenland elektriciteit geproduceerd met bestaande buitenlandse installaties en tegen een hogere prijs ingekocht. Met andere woorden buitenlandse productie, zoals bijvoorbeeld waterkracht, werd in Nederland ingevoerd tegen een hogere prijs dan daarvoor. In dat geval kwam er geen groene kWh in Europa bij terwijl er wel belastingvrijstelling was toegekend.
- alle vormen van duurzame energie werden in feite gelijk 'gestimuleerd'. Enerzijds is dat zoals marktwerking moet zijn; anderzijds betekende dat wel dat goedkope vormen (zoals de bestaande waterkracht uit het buitenland of (dierlijk)afval voor meestook in elektriciteitscentrales) in dezelfde mate gestimuleerd werden als duurdere vormen van energieopwekking zoals schone biomassa en windenergie;
- investeringen bleven uit omdat ieder jaar de regeling weer kon wijzigen en er derhalve geen zekerheid bestond bij de investeerders.

Met name het feit dat er Nederlands belastinggeld naar het buitenland vloeide was reden om deze vorm van stimulering via de *vraag* om te zetten in een rechtstreekse stimulering van energieproductie binnen Nederland.

Opgedane ervaringen

Uit de ervaringen die we hiermee hebben opgedaan valt te leren dat een *vraaggestuurde systematiek van productiestimulering* (want om dat laatste gaat het uiteindelijk) alleen maar kan werken als:

- in de ons omringende landen eenzelfde systematiek geldt;
- er consensus over bestaat dat het niet uitmaakt waar in Europa duurzame elektriciteit wordt geproduceerd;
- er consensus bestaat over het feit dat nieuwe duurdere technieken buiten de boot zullen vallen (deze concurreren namelijk met de goedkopere, traditionele opties).

Huidige systematiek

Nadat de gedeeltelijke vrijstelling van energiebelasting geleidelijk is afgebouwd, is sedert medio 2003 de MEP-stimulering ingevoerd (MEP staat voor 'milieukwaliteit van de elektriciteitsproductie'). Deze regeling genereert haar middelen via een opslag op het netwerktarief voor elektriciteit. Uit deze middelen keert de netbeheerder MEP-subsidie uit tegen inlevering van productiecertificaten. Deze subsidie is gerelateerd aan de zogenaamde 'onrendabele top'. Dat wil zeggen dat voor de verschillende opties (zon, wind, biomassa etc.) een verschillende subsidie per kWh geldt afhankelijk van de extra kosten die gemaakt moeten worden om een dergelijke kWh te produceren. De regeling garandeert een 10 jaar lange subsidie die vooraf vaststaat en stimuleert daarmee de investeringen optimaal.

Er is een plafond vastgesteld van 9,7 €/kWh. De MEP subsidieert alleen de onrendabele top en deze is voor iedere energiebron weer anders. Voor productie uit mengstromen (organische deel) geldt bijvoorbeeld een tarief van 2,9 €/kWh). Zeer recentelijk⁸² heeft minister Brinkhorst echter aangegeven wegens een ontoereikend budget, tot 2007 geen subsidie meer beschikbaar te kunnen stellen voor nieuwe projecten voor windenergie op zee en voor grootschalige biomassa.

Beoordeling MEP

Met de introductie van de MEP-stimulering is er daadwerkelijk duurzame energieproductie van de grond gekomen. Voordelen van het huidige systeem zijn:

- zekerheid voor investeerders (vanwege stimulering gedurende 10 jaar);
- gevarieerde stimulering per optie op basis van onrendabele top;
- daadwerkelijke productie in Nederland.

82 Zie brief van minister Brinkhorst aan de Tweede Kamer van 10 mei 2005.

Budgetten

Door de sterke groei van de productie in Nederland dreigt er een tekort aan MEP-gelden te ontstaan. Dit is een zorgelijke ontwikkeling. Uiteraard hoeft de overheid vooralsnog niet verder te gaan dan tot het niveau van haar doelstelling om de productie van duurzame energie te bevorderen. Zij moet echter wel in staat zijn om voldoende middelen ter beschikking te stellen. In de afgelopen jaren was er een tekort van 20 tot 30 miljoen euro op jaarbasis voor de MEP-regeling. Voor de komende jaren wordt een tekort verwacht van enkele honderden miljoenen. De regeling heeft in korte tijd veel investeringen in windenergie en biomassa gestimuleerd; dit succes is sneller ingetreden dan voorzien was in de budgettering. In een brief aan de Kamer heeft EZ al aangegeven tenminste uit te gaan van 402 miljoen euro aan MEP-subsidies in 2007. Op dit moment zijn er twee problemen:

- de uiteindelijk hoogte van het budget
- de groei van de productie waardoor eerder dan verwacht een beroep op het budget gedaan wordt.

De regering heeft daarom besloten voorlopig (tot 2007) geen MEP-subsidies meer beschikbaar te stellen voor windenergie op zee en grootschalige biomassa voor elektriciteitsproductie en op lange termijn de MEP-regeling te gaan herstructureren. Zij wil de subsidiëring meer in lijn brengen met een geleidelijke groei naar de doelstelling van 9% van het elektriciteitsverbruik. Hoewel een dergelijk beleid een zekere logica in zich draagt moet wel bedacht worden dat het bieden van investeringszekerheid de enige mogelijkheid is om daadwerkelijk investeringen in grootschalige duurzame energieproductie van de grond te krijgen. Het is gewenst dat op korte termijn duidelijkheid ontstaat voor investeerders met betrekking tot de stimulering van de ontwikkeling van met name grootschalige duurzame energieproductie in Nederland.

Europese Unie

Ook in Europa is een discussie gaande over de meest adequate stimulering van duurzame energie. De Europese Commissie heeft een inventarisatie laten uitvoeren en komt tot de conclusie dat er erg veel verschillen binnen Europa bestaan. Enerzijds is dat verklaarbaar vanuit de natuurlijke situaties waarin landen verkeren (waterkrachtcentrales in Oostenrijk bijvoorbeeld; waardoor dit land reeds 80% duurzame energie produceert) anderzijds heeft dit te maken met de verschillende doelstellingen en stimuleringsmaatregelen.

Het meest effectief blijken de zogenoemde ‘feed in’ stimuleringen te zijn.⁸³ Duitsland kent zo’n systeem en ook het Nederlandse systeem kan als zodanig gezien worden. De systemen gebaseerd op vraagsturing zijn alleen beperkt effectief indien de grenzen met het buitenland gesloten zijn. Effectieve marktwerking bij open grenzen kan alleen als er in alle betrokken landen een gelijk schaarstesysteem ingevoerd wordt. Er moet derhalve overall een gelijke behoefte aan duurzame energie gecreëerd worden en de sancties dan wel beloningen dienen eveneens gelijk te zijn. Is dit niet het geval dan vloeit alles toe naar de landen met de laagste sancties of de hoogste beloningen. Daarmee wordt de lastenverdeling tussen de deelnemende landen ongelijk en daarmee ongewenst.

Ook worden wel quotasystemen voorgesteld: deze bestaan uit het verplicht opleggen van aandelen duurzame energie aan producenten of leveranciers. Net als met alle andere systemen van het stimuleren van duurzame elektriciteitsproductie hangt de effectiviteit samen met de specifieke vormgeving van het quotasysteem. Een systeem met één enkel quotum voor ‘duurzame elektriciteit’ (zonder onderscheid), kan (net als bijvoorbeeld vraagsturing) tot eenzijdige productie leiden. De goedkoopste opties brengen immers evenveel op als de duurder. Een meer gedifferentieerd quotasysteem zou dat probleem kunnen oplossen, maar dat vergroot natuurlijk wel de complexiteit.

Eén uniform Europees systeem van stimulering is in theorie te beschrijven maar moeilijk in de praktijk te brengen. Het zou namelijk betekenen dat:

- er een uniform certificatenstelsel komt (iedere geproduceerde groene kWh identiek certificeren);
- er Europa-breed sprake moet zijn van acceptatie terzake van alle certificaten;
- de doelstelling duurzame energie per land geheel is afgestemd op verkoop van certificaten (i.p.v. productie) en:
- er in ieder land gelijke schaarste aan certificaten komt.

De Europese Commissie heeft echter al aangekondigd niet van plan te zijn om één Europees stimuleringsstelsel voor te schrijven.

Conclusies

Ook al zou een ander stimuleringsstelsel dan de MEP meer voordelen bieden, dan is het niet verstandig de komende jaren wéér een ander stimuleringsstelsel voor duurzame elektriciteitsproductie in het leven te roepen.

⁸³ Bij zo’n systeem is er meestal een plicht om invoeding van duurzame elektriciteit op het netwerk te accepteren en wordt er een bepaald bedrag vergoed aan de producent.

Wel kan getracht worden de leereffecten van nieuwe technologieën verder te versterken door middel van de MEP.

Het huidige systeem van stimulering van groene energieproductie begint vruchten af te werpen. Het is wel zaak steeds zorgvuldig naar de hoogte van de stimulering te kijken. De hoogte van het budget verdient aanpassing aan de invulling van de nationale doelstelling. Het is zaak niet opnieuw op zoek te gaan naar een totaal andere systematiek van stimulering. Dat schaadt het vertrouwen van de markt in de overheid en leidt tot stagnatie van de ontwikkeling. Zo mogelijk is het zaak mee te werken aan een ideaal Europees systeem, maar het is niet zinvol daarop te anticiperen, gezien de onzekerheden die daarmee opnieuw worden opgeroepen.

Handhaaf MEP-regeling voor hernieuwbare elektriciteit

Pas de MEP-regeling aan. Ten eerste zou het de houdbaarheid van de MEP-regeling op termijn ten goede komen om het open-einde karakter ervan af te schaffen. Het (maximale) budget zal afgestemd moeten worden op de beleidsdoelen die met de regeling beoogd worden. Binnen de door het beleid gestelde kaders zou vervolgens gericht subsidie verstrekt kunnen worden aan projecten, waarbij steeds voor een bepaalde termijn zekerheid wordt geboden.

De keuze van de projecten die voor subsidieverlening in aanmerking komen, zou kunnen gebeuren op basis van de volgende selectiecriteria:

- 1) kosten per opgewekte kWh (kan per technologie verschillen, EZ geeft richtbedragen);
- 2) mate van samenwerking in gehele keten;
- 3) (inter)nationale kennisuitwisseling (wie krijgt onderzoeksgegevens ter beschikking);
- 4) leereffecten voor deelnemers per euro;
- 5) actieve deelname van industrie in leerproces;
- 6) diversiteit van technologie (niet in enig jaar bijvoorbeeld alleen windparken subsidiëren).

7 Klimaatneutrale opties

WT RAPPORT Kantelingsen

7.1 Inleiding

De in het vorige hoofdstuk besproken opties (energiebesparing en duurzame energiebronnen) zullen op de lange termijn het fundament (moeten) vormen voor een duurzame energiehuishouding. Zoals in hoofdstuk 3 besproken, zullen we op de korte termijn de CO₂-uitstoot fors terug moeten brengen en zullen we een begin moeten maken om de voorzieningszekerheid voor de lange termijn veilig te stellen. Duurzame energiebronnen en energiebesparing hebben echter op de korte termijn nog onvoldoende potentieel om de benodigde reductie van de CO₂-uitstoot te behalen. De commissie ziet dan ook als optie om op die korte en middellange termijn de CO₂-uitstoot te verlagen met in eerste instantie klimaatneutrale bronnen.

In dit hoofdstuk zullen de klimaatneutrale bronnen 'schoon fossiel' (paragraaf 7.2) en kernenergie (paragraaf 7.3) besproken worden. Voor 'schoon fossiel' (dat is het gebruik van fossiele energiebronnen waarbij voorkomen wordt dat de vrijkomende CO₂ in de atmosfeer terecht komt) is nog enige technologische ontwikkeling nodig. Kernenergie wordt al enkele tientallen jaren toegepast en is een energiebron waarvan de toepassing veel debat heeft opgeroepen en dat nog steeds doet. Om die reden zal het onderwerp kernenergie - om tot een evenwichtig oordeel te komen - wat uitgebreider behandeld worden dan de meeste andere energiebronnen.

In dit hoofdstuk zal ook een (nieuwe) klimaatneutrale energiedrager aan bod komen. Sommigen hebben immers grote verwachtingen omtrent de rol die waterstof in de toekomst zou kunnen spelen als energiedrager (paragraaf 7.4). In potentie zou waterstof vele toepassingsmogelijkheden hebben, waardoor we in de toekomst misschien wel naar een 'waterstofeconomie' toe zouden kunnen gaan. Voor de grootschalige productie van waterstof lijken we in eerste instantie aangewezen op ofwel schoon fossiel, ofwel kernenergie. Ook om deze reden past bespreking van waterstof in dit hoofdstuk.

7.2 Schoon fossiele voorzieningsketens

Fossiele energiebronnen zullen nog lang een hoofdrol spelen in de energiehuishouding. Omdat er tegelijkertijd sprake is van een ambitieus milieu- en klimaatbeleid, is het een belangrijke optie om de fossiele energiebronnen schoon te gaan gebruiken.

Schoon fossiel is een compacte benaming voor het gebruik van fossiele brandstoffen waarbij geen significante emissies vrijkomen in de atmosfeer,

in ieder geval geen CO₂. Schoon fossiel kan op twee manieren worden bereikt: door vooraf de koolstof uit de brandstof te halen (er blijft waterstof als brandstof over) of door de CO₂ na afloop van het verbrandingsproces uit de afgassen te halen. In beide gevallen dient CO₂ te worden opgeslagen. Beide methoden resulteren evenwel in een rendementsverlies. De introductie van schoon fossiel leidt daarom tot een stijging van het energiegebruik en staat dus op gespannen voet met het tweede uitgangspunt voor een duurzaam energiebeleid: de voorzieningszekerheid.⁸⁴

Opslag

Opslag van CO₂ kan plaatsvinden in kolenmijnen, met als bijkomend voordeel dat daarbij een zekere hoeveelheid aardgas kan vrijkomen uit de kolenlagen. Ook is het mogelijk om CO₂ in olie- en gasvelden te injecteren, waardoor er in een aantal gevallen meer olie of aardgas kan worden gewonnen. Tenslotte is CO₂ op te slaan in diepgelegen waterdragende lagen. Er is dan een (klein) risico van verzuring van het drinkwater. Daarom is die optie minder gewenst.

Het potentieel voor CO₂-opslag in Nederland

Nederland beschikt op land over een ondergrondse opslagcapaciteit voor meer dan 10 Gton CO₂.⁸⁵ Dit is inclusief het Groningengasveld van ca. 6,5 Gton CO₂. Het is echter nog de vraag of het Groningengasveld voor CO₂-opslag in aanmerking komt. Vooralsnog produceert Groningen immers nog voor zo'n 30 jaar (steeds minder) gas. Op dit moment loopt er een *offshore* demonstratieproject in Nederland waarin Gaz de France CO₂ dat vrijkomt bij de productie van aardgas terugvoert in een gasveld.

104

In drie gebieden ligt opslag van CO₂ voor de hand, namelijk bij Rotterdam, bij de IJmond en bij de Eemmond. Vanaf 2010 zal hier voldoende opslagcapaciteit vrijkomen om per jaar ruim 10 Mton CO₂ op te slaan, tegen redelijke kosten. De potentiële opslagcapaciteit is, zoals aangeven, vele malen hoger. Juist de grote opbergcapaciteit zorgt ervoor dat het transitiepad naar schoon fossiel voor Nederland potentieel van grote betekenis is.

Wel moeten de veiligheidsrisico's rond de opslag van CO₂ nog verder geëvalueerd te worden, met name voor de dichtbevolkte gebieden. Zodra CO₂ uit de opslagreservoirs zou ontsnappen, zou zich namelijk een verstikkende

⁸⁴ Desondanks, indien CO₂-opslag wordt toegepast kunnen extra kolencentrales worden ingepast. Gegeven de geografische spreiding van de kolenreserves in de wereld vermindert dat de afhankelijkheid van de olie- en gasproducerende landen en CO₂-opslag kan daardoor toch bijdragen aan de voorzieningszekerheid.

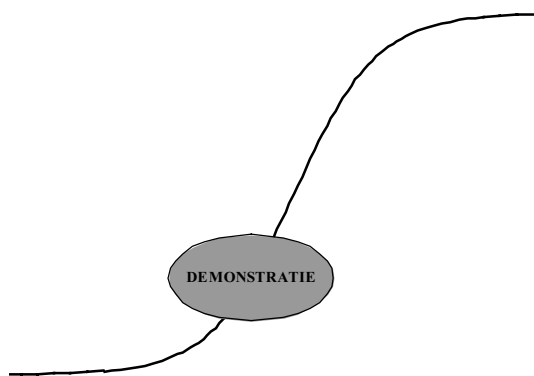
⁸⁵ [Stuij, 2003]

deken over de grond uitspreiden. Dat komt doordat CO₂ een hogere dichtheid heeft dan de lucht. Het blijft daardoor laag boven de grond hangen. De kans hierop lijkt echter verwaarloosbaar klein te zijn. Opslag op zee is weliswaar duurder, maar er is waarschijnlijk sneller maatschappelijk draagvlak voor te vinden vanwege de veronderstelde veiligheidsaspecten.

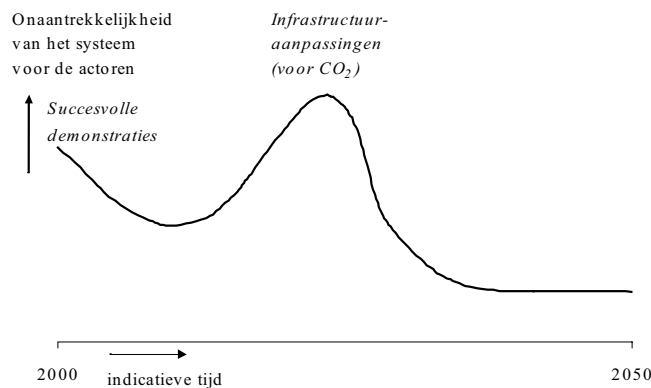
Overigens gaat het steeds om opslag *en/of hergebruik*. CO₂ is namelijk ook als grondstof te gebruiken voor de chemische industrie en als bemesting voor de tuinbouw. Zo is bij de productie van methanol, een gedeelte van het aardgas te vervangen door CO₂. Ook kan CO₂ dienen als grondstof voor de productie van keukenzeil (melamine). Het hergebruik in Nederland kan op termijn oplopen tot 1,5-2 Mton per jaar.

Kansen voor industrie

Meer in het algemeen heeft Nederland voor de middellange tot lange termijn een goede positie op het punt van schoon fossiel. Vanwege de goede grensoverschrijdende gasinfrastructuur en het grote potentieel voor CO₂-opslag is berging in Nederland interessant voor ons omringende landen. Emissiehandel, heffingen en/of fiscaal beleid kunnen financiële impulsen geven aan de toepassing van deze techniek en zekerheid over eigendomsrechten en aansprakelijkheid bij CO₂-opslag neemt institutionele problemen weg.



Figuur 18a Transitiefase voor schoon fossiel.



Figuur 18b Barrières voor schoon fossiel.

Schoon fossiel: mogelijk transitiepad (SenterNovem)
<i>Vanaf heden:</i>
Eigendomsrechten en aansprakelijkheid regelen van CO ₂ -opslag
Uitvoeren van demonstratieprojecten, bijv. bij kolencentrales
Aandacht voor maatschappelijke inbedding (veiligheid)

7.3 Kernenergie

7.3.1 Inleiding

Kernenergie weer actueel

Kernenergie is sinds de jaren zeventig een onderwerp van discussie in Nederland. Centraal stond daarbij steeds de vraag of de Nederlandse overheid het initiatief moest nemen met de bouw van nieuwe kerncentrales, vanwege de verwachte schaarste aan energiebronnen. In het debat kwamen onder meer onderwerpen als veiligheid van kerncentrales, kernafval en proliferatie aan de orde. Kernenergie kon daarbij rekenen op grote publieke aandacht.

Halverwege de jaren zeventig was circa 50 procent van de bevolking tegen de bouw van nieuwe kerncentrales. Dit aandeel nam toe tot 85 procent na het ongeluk met de kerncentrale in Harrisburg in 1979. Tot 1984 bleef dit aandeel constant. Desondanks besloot de Nederlandse regering na een Brede Maatschappelijke Discussie (van 1981 tot 1983) tot de bouw van drie nieuwe kerncentrales. Daarna nam het aandeel tegenstanders van de bouw van

nieuwe kerncentrales af tot 50 procent, maar het steeg weer tot 85 procent na het ongeluk in Tsjernobyl in 1986.⁸⁶

Kernenergie voor een duurzame energievoorziening?

Recentelijk is dit onderwerp weer actueel geworden in het kader van de klimaatdiscussie. Zoals elders in dit rapport is aangegeven⁸⁷, zal het aandeel van duurzame energie in de totale energievoorziening in de komende tientallen jaren niet voldoende stijgen om het probleem van temperatuurstijging tengevolge van de uitstoot van broeikasgas te kunnen beheersen. In het licht van dit klimaatrisico en van de eerder geschetste geopolitieke onzekerheden voor onze energievoorziening, is het opportuun om de nieuwe ontwikkelingen op het gebied van kernenergie te verkennen.

7.3.2 De principes van kernenergie

Bron van energie

De fysieke wereld is opgebouwd uit atomen en moleculen.⁸⁸ In de structuur van het materiaal zit energie opgeslagen. In de energievoorziening wordt een gedeelte van deze energie afgetapt en bijvoorbeeld in elektriciteit omgezet. De traditionele energievoorziening is gebaseerd op fossiele energie. De winbare energie zit daarbij opgeslagen in moleculen van biologische oorsprong, ook wel organisch materiaal genoemd. Dit organisch materiaal bestaat hoofdzakelijk uit de atomen koolstof, waterstof en zuurstof. Door dit materiaal te verbranden, gaan de atomen zich herschikken. Het organisch materiaal wordt omgezet in water en kooldioxide (CO₂). Bij deze chemische reactie komt warmte of energie vrij en deze wordt benut. In de traditionele energievoorziening veranderen dus de moleculen.

Bij kernenergie daarentegen worden door kernreacties niet de moleculen, maar de atoomkernen veranderd. Het blijkt dat er gigantische hoeveelheden energie vrijkomen als zware atoomkernen (uranium, plutonium) splijten, of lichte atoomkernen (waterstof, helium) fuseren. In beide gevallen wordt de totale hoeveelheid materie minder. Het verlies aan materie wordt omgezet in energie. De energie die dan vrijkomt, valt te berekenen volgens Einsteins beroemde formule $E=mc^2$. Kernsplijting wordt toegepast in de huidige kerncentrales en is een belangrijke bron van elektriciteit in de Europese Unie. Kernfusie is een methode die in het beginstadium van ontwikkeling is. Een

86 [Slingerland, 2004]

87 Zie paragraaf 5.2.

88 Moleculen bestaan uit een combinatie van atomen. Zo bestaat een watermolecuul (H₂O) bijvoorbeeld uit twee waterstofatomen (H) en één zuurstofatoom (O).

groot voordeel van kernenergie boven traditionele fossiele energiebronnen, is dat de elektriciteitsproductie in kerncentrales geen CO₂ uitstoot.

7.3.3 Kernsplijting

Inleiding

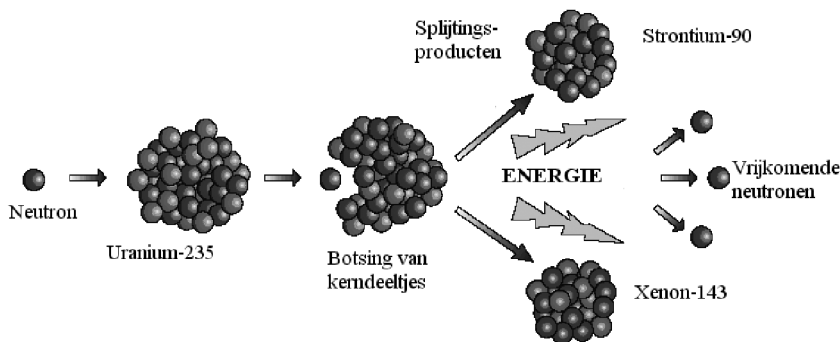
Ieder atoomtype kan in een aantal varianten voorkomen, die 'isotopen' worden genoemd. Sommige isotopen zijn radioactief, d.w.z. dat ze instabiel zijn en dat ze na verloop van tijd zullen vervallen onder uitzending van straling. De snelheid waarmee de isotopen vervallen wordt aangeduid met de *halveringstijd* (de tijd die het duurt totdat gemiddeld gesproken de helft van het aantal oorspronkelijke kernen is vervallen). Een andere veel gebruikte term is de *levensduur* van radioactief afval. Hiermee wordt de tijd bedoeld die het duurt totdat het stralingseffect van het materiaal is gereduceerd tot dat van het oorspronkelijke uraniumerts.

Enkele isotopen hebben de eigenschap dat ze vrij gemakkelijk kunnen splijten in lichtere isotopen, onder afgifte van grote hoeveelheden energie. Bepaalde isotopen van uranium en plutonium hebben deze eigenschap. Zij hebben slechts een klein zetje nodig, typisch door een neutron (klein deeltje zonder lading) in de atoomkern in te vangen en dan is er een kans dat een kernsplijting volgt. Dit is het proces waar de kernsplijtingscentrales zoals Borssele op zijn gebaseerd.

Uranium

De in de natuur meest voorkomende isotopen van uranium zijn uranium-235 en uranium-238. De huidige generatie kerncentrales kan alleen uranium-235 gebruiken voor het splijtingsproces. Helaas bestaat slechts 0,7% van de mondiale uraniumvoorraden uit uranium-235. Voor een beter splijtingsproces wordt het uraniummengsel verrijkt, zodat het twee tot vijf procent uranium-235 bevat. Figuur 19 geeft grafisch het splijtingsproces weer. Voor toepassing in kernwapens dient het uranium nog veel verder verrijkt te worden.

Een neutron treft door toeval een uranium-235 (²³⁵U) kern. Bij de botsing kan de kern splitsen in, bijvoorbeeld, strontium (⁹⁰Sr) en xenon (¹⁴³Xe). Ook springen er een aantal extra neutronen vanaf. Deze neutronen kunnen op hun beurt weer nieuwe kernen doen splitsen. Bij de splitsing komt er warmte vrij. Met deze warmte kan vervolgens op traditionele manier elektriciteit worden opgewekt.



Figuur 19 Grafische voorstelling van het splijtingsproces.

Restproducten

Niet iedere neutronenvangst is succesvol. Bij een vangst zonder splijting ontstaat een zwaardere atoomkern, zoals plutonium. Plutonium is radioactief (met een levensduur van honderdduizenden jaren). Het kan echter worden gebruikt als splijtingsgrondstof en dient dus in beginsel niet als afval te worden beschouwd. Om het overgebleven plutonium en uranium te kunnen hergebruiken, moet de gebruikte splijtstof uit kerncentrales worden opgewerkt. Dit houdt in dat via een chemisch proces het uranium en plutonium, die gezamenlijk 96% van de gebruikte splijtstof uitmaken, worden gescheiden van het werkelijke afval, dat wordt verglaasd ter immobilisatie van radioactief materiaal. Het verglaasde afval bevat voornamelijk splijtingsproducten en americium. Dit verglaasde afval moet veilig worden opgeborgen, vanwege de grote radiologische en biologische giftigheid en de lange levensduur van de stoffen die erin zitten (duizenden jaren). Door het opwerken van gebruikte splijtstof wordt de mogelijkheid geschapen de grondstof optimaal te benutten en wordt de afvalstroom sterk verkleind. Uitgaande van het duurzaamheidsbeginsel is opwerken dan ook positief te waarderen.

Opwerking vindt plaats op een andere locatie. Het transport tussen kerncentrale en opwerkingscentrale is vaak onderwerp van protest geweest. Plutonium is evenals uranium goed splijtbaar en vertegenwoordigt dus een potentiële economische waarde. Door de zeer lage uraniumprijs is de huidige economische waarde van plutonium echter nihil.

Afvalproblematiek

De kerncentrale in Borssele, met een bruto vermogen van 480 MW, heeft ieder jaar 10 ton aan splijtstof nodig. De restproducten zijn 30 à 40 kubieke meter licht radioactief afval per jaar; 1,4 kubieke meter hoogradioactief splijtingsafval (in glas gegoten) en 2 kubieke meter samengeperste hoogradioactieve metaaldelen (splijtstofbuizen e.d.). Het hoogradioactief afval

bestaat - na opwerking - uit splijtingsproducten (450 kg per jaar voor Borssele) met een levensduur van 250 jaar en een tiental kg americium, met een levensduur van ongeveer 5000 jaar. In opdracht van het Ministerie van Economische Zaken is een studie verricht naar de opties voor opslag van radioactief afval (CORA-studie). De hoofdconclusies zijn zeer kort weergegeven in deze paragraaf.

Noch langdurige bovengrondse opslag, noch ondergrondse berging in zout of klei, kent problemen die de technische uitvoering in de weg zouden kunnen staan, al zijn er met name voor klei nog onzekerheden. Terugneembaarheid kan, met de huidige technieken, alleen gegarandeerd worden voor enkele honderden jaren. Een opbergtraject bestaat naar verwachting uit een in de tijd gefaseerde combinatie van bovengrondse opslag en ondergrondse terugneembare berging. Als de berging kernsplijtingsafval van de kerncentrales bevat, kan door verwaarlozing, na ongeveer 100.000 tot 200.000 jaar, in de biosfeer een lage tot zeer lage stralingsbelasting optreden. Alle berekende stralingsdoses zijn echter beduidend lager dan het gemiddelde natuurlijke stralingsniveau in Nederland.

Transmutatie⁸⁹ van afval bevindt zich nog in een vroeg stadium van ontwikkeling. Bovendien wordt het kernsplijtingsafval, dat bij de opwerking van gebruikte splijtstof ontstaat, ingesmolten in glas. Dit vormt een belangrijke belemmering, indien men in de toekomst het reeds opgeslagen afval alsnog zou willen transmuteren.

Temeer daar de Nederlandse hoeveelheid radioactief afval relatief beperkt is, vraagt de technische en maatschappelijke complexiteit van de bergingsproblematiek om internationale bundeling van kennis en ervaring. Verder kan samenwerking bijdragen aan Europese oplossingen voor het afval, met name ook voor de aanzienlijke hoeveelheid radioactieve reststoffen van natuurlijke oorsprong als gevolg van verscherpte Europese richtlijnen.

De kernenergiecyclus van de huidige kerncentrales

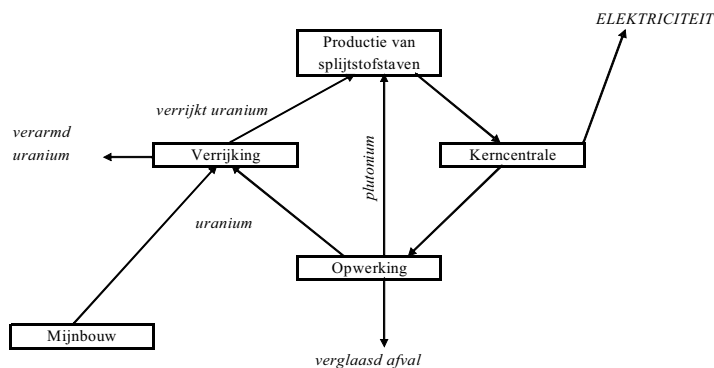
De kernenergiecyclus kan in hoofdlijnen gezien worden als:

- winning van uranium (in Canada, Australië);
- verrijking van uranium (bijvoorbeeld in Almelo);
- elektriciteitsopwekking van uranium (bijvoorbeeld in Borssele);

⁸⁹ Transmutatie is het door bestraling omzetten van langlevend radioactief materiaal (in het afval) naar kortlevend radioactief materiaal. In theorie zou door transmutatie de levensduur van het kernafval verkort kunnen worden tot enkele honderden jaren.

- opwerking van afval (buiten Nederland, bijvoorbeeld in La Hague);
- tijdelijk opslag van afval (bijvoorbeeld COVRA in Borssele);
- definitieve opslag van afval (nog geen besluit over genomen).

Ter illustratie is figuur 20 opgenomen.



Figuur 20 Versimpelde weergave van de kerncyclus.

7.3.4 Nieuwe ontwikkelingen

Veiligheid

Ten opzichte van twintig jaar geleden is er sprake van een stapsgewijze ontwikkeling op het gebied van veiligheid van kerncentrales. Het onderzoek hiernaar gaat door, maar er zijn geen 'doorbraken' geweest in de zin van nieuwe reactorconcepten die in de praktijk getest zijn en die algemeen worden erkend als 'inherent veilig'. De Pebble-bedreactor wordt gezien als een, in termen van veiligheid en commerciële toepassing, veelbelovend reactorconcept. Dit type reactor is meer dan 20 jaar in bedrijf geweest in Duitsland. In Zuid-Afrika is de bouw van een modulair toe te passen reactor van dit type gepland. In China is een dergelijke reactor in gebruik.

Proliferatie

Het non-proliferatieverdrag en aanvullende veiligheids- en controlebepalingen zijn een belangrijk institutioneel instrument om proliferatie van kernwapens en nucleaire technologie tegen te gaan.

Terrorisme

Terrorisme is een relatief nieuw onderwerp bij kernenergie. De gevaren van terrorisme zijn uitgebreid onderzocht na 11 september 2001. De conclusies over de risico's van aanslagen op nucleaire installaties lopen uiteen. Verschillende studies schatten de risico's als beperkt in; andere studies sug-

gereren substantiële risico's op specifieke punten. Aanslagen met 'vuile bommen' zijn een ander potentieel veiligheidsrisico.⁹⁰

Transmutatie van afval

Sinds een aantal jaren wordt er veel onderzoek gedaan naar 'transmutatie'. Transmutatie is het door bestraling omzetten van langlevend radioactief materiaal (in het afval) naar kortlevend radioactief materiaal. De hierbij gebruikte technieken kunnen worden gezien als een verdere ontwikkeling op het gebied van opwerking. Bij transmutatie probeert men om - nadat het uranium en plutonium door opwerking uit de gebruikte splijtstof zijn gehaald - de resterende langlevende isotopen door bestraling in een reactor te bewerken. In principe kan daardoor de levensduur van het kernafval verkort worden tot enkele honderden jaren.

In Nederland richt onderzoek van NRG (Petten) zich op transmutatie. Volgens NRG zal echter toepassing hiervan op bedrijfsmatige schaal tenminste nog "enkele decennia" op zich laten wachten. Van belang daarbij zijn met name ook de kosten van deze techniek. Op dit moment maken de kosten van afvalverwerking circa 5 procent uit van de totale kosten van kernenergie. Door het toepassen van transmutatie verwachten onderzoekers dat de kosten van afvalverwerking verder zullen stijgen, maar onduidelijk is met welk bedrag. Langetermijnopslag van hoogradioactief afval blijft echter ook dan noodzakelijk, aangezien niet alle elementen volledig kunnen worden 'getransmuteerd'. [Slingerland, 2004]

7.3.5 Kernenergie in Nederland

112

Kennisinfrastructuur

Hoewel Nederland nog slechts een enkele commercieel operationele kerncentrale heeft - in Borssele - is Nederland nog steeds in het bezit van een kennisinfrastructuur op het gebied van kernenergie. Van de verschillende stappen in de kernenergiecyclus vinden verrijking, elektriciteitsproductie en (tijdelijke) opslag ook in Nederland plaats. Daarnaast wordt er in Nederland op verschillende plaatsen nucleair onderzoek gedaan. Figuur 21 geeft de locaties aan waar op dit moment in Nederland toepassing van kernenergie of nucleair onderzoek plaatsvindt. In Nederland is sinds de sluiting van de centrale in Dodewaard nog één centrale die elektriciteit voor het net produceert. Deze centrale in Borssele, een zogenoemde Pressurized Water Reactor in eigendom van het elektriciteitsproductiebedrijf EPZ, produceerde in 2002 3,69 TWh elektriciteit, ofwel 4 procent van de totale elektriciteitsvraag in Nederland. In

⁹⁰ Een vuile bom veroorzaakt geen grote kernexplosie, maar verspreidt radioactief materiaal over een groot gebied.

Borssele is ook een tijdelijke opslagplaats voor hoogradioactief afval (COVRA). Verrijking van kernsplijtingsmateriaal vindt plaats bij Urenco in Almelo. In Petten is naast het onderzoek van NRG met de hoge en lage flux-reactor ook een Joint Research Centre van de EU ondergebracht. Verder worden er radionucliden geproduceerd voor medische toepassingen. Ander nucleair onderzoek in Nederland vindt plaats in Delft (Reactor Instituut Delft, voorheen IRI), in Groningen (cyclotron), Eindhoven en Amsterdam (versnellers) en Nieuwegein (kernfusieonderzoek). [Slingerland, 2004]. Zie figuur 21.



Figuur 21 Kerntechnologische industrie en kennisinstututen.

Besluitvorming

Randvoorwaarden voor kernenergie op het gebied van veiligheid, afval en proliferatie worden steeds meer op supranationaal niveau (IAEA, EU) bepaald. Ook op het gebied van voorzieningszekerheid wil de EU volgens een 'green paper' uit 2001 meer harmonisatie nastreven. Op dit moment is de invloed van nationale beleidsoverwegingen echter nog steeds richtinggevend. Landen verschillen van mening over de vraag of kernenergie al dan niet een optie voor de toekomst is. Nationale overheidsbeslissingen lopen daarbij uiteen van het verlenen van een vergunning voor de bouw van een nieuwe kerncentrale of gedachten daarover (Frankrijk, Finland)⁹¹ tot geleide-

⁹¹ Volgens een bericht in The Observer "Secret papers reveal new nuclear building plan" van 8 mei 2005, wil de Britse regering voorstellen om enkele nieuwe kerncentrales te realiseren.

lijke uitfasering van kernenergie (Duitsland, België, Zweden). Met de geliberaliseerde energiemarkt is het initiatief voor het bouwen van nieuwe kerncentrales verschoven van de overheid naar private investeerders.

7.3.6 Kernfusie

De schone optie voor de toekomst?

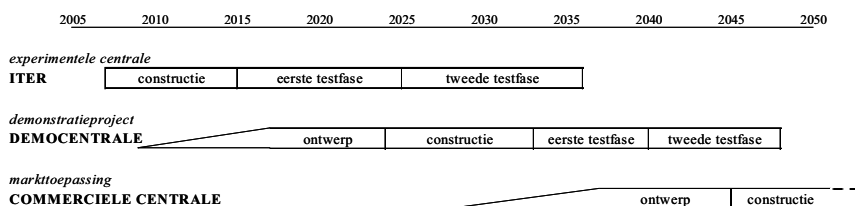
Kernfusie wordt over het algemeen beschouwd als een aantrekkelijke duurzame methode. Of dit in de praktijk ook inderdaad het geval is, zal nog moeten worden aangetoond. In de huidige concepten voor een kernfusiecentrale worden de onderdelen van de centrales namelijk wel degelijk blootgesteld aan hoge doses radioactiviteit.

Atoomkernen fuseren niet zomaar. Zij stoten elkaar zo sterk af, dat zij nooit spontaan zullen botsen of fuseren. Kernfusie vindt van nature plaats in sterren. Sterren als de zon bestaan grotendeels uit gaswolken van waterstof en helium. Als gaswolken zwaarder en dichter worden, kunnen de atomen botsen onder invloed van de extreme zwaartekracht. Bij de botsing en daarop volgende fusie van atomen, ontstaat zoveel warmte, dat ook andere atomen in botsing geraken en fuseren. Dit proces blijft vervolgens miljarden jaren voortduren: een ster is geboren.

Stand van zaken

Willen wij op aarde de energie van kernfusie benutten, dan zullen we zelf het proces van kernfusie in gang moeten kunnen zetten en moeten controleren. Het betekent dat we waterstof(plasma) met een temperatuur van meer dan 100 miljoen graden Celcius moeten beheersen. Het onderzoek op het gebied van kernfusie gaat gestaag voort, en men zoekt mogelijkheden voor een nieuwe experimenteercentrale, ITER genaamd. ITER is een internationaal project van China, de EU (via Euratom), Japan, Rusland, de Verenigde Staten en Zuid-Korea, onder auspiciën van het Internationaal Atoom Energie Agentschap (IAEA). Mogelijke locaties zijn Cadarache in Frankrijk en Rokkasho-mura in Japan. ITER kan operationeel worden in 2015.⁹² (zie figuur 22).

92 Bron: ITER-website (www.iter.org).



Figuur 22 Tijdschema van de meest voortvarende introductie van commerciële kernfusiecentrales.

In het meest gunstige scenario is ITER een succesvol experiment en is de daaropvolgende DEMO-centrale een adequaat prototype voor de commerciële fusiecentrales. In dat scenario zal al ruim voor 2050 inzicht verkregen kunnen worden in de economische haalbaarheid van fusiecentrales. Echter, commerciële inzet van fusiecentrales is - zelfs in het meest gunstige scenario - niet te verwachten in de periode tot 2050 .

7.3.7 Standpunt van de commissie ten aanzien van kernenergie

Bij de afweging welke rol kernenergie (uit kernsplijting⁹³) kan spelen in de Nederlandse energievoorziening in de hier behandelde periode (tot 2050) is een aantal vragen van belang.

Kernenergie klimaatneutraal

Ten eerste moet bepaald worden in hoeverre kernenergie een rol kan spelen in het 'toekomstbeeld' van een duurzame energievoorziening. Het is evident dat kernenergie naar zijn aard niet hernieuwbaar is, hoewel in de praktijk de voorraden splijtbaar materiaal wel zodanig zijn dat gesproken kan worden van een praktisch onuitputtelijke voorraad. Het radioactief afval dat bij kernsplijting overblijft, is - naar de huidige technieken - weliswaar zodanig op te bergen dat het afval niet schadelijk is voor ons, maar gezien de lange tijd (enkele duizenden jaren) gedurende welke het afval opgeslagen moet blijven, zaden we volgende generaties wel op met een 'erfenis'. Daar staat tegenover dat bij kernenergie geen CO₂ uitgestoten wordt: kernenergie is klimaatneutraal. Ook dat is in het belang van volgende generaties, omdat het kan helpen de klimaatverandering te beheersen. De veiligheid van kernsplijting heeft in het verleden veel aandacht gekregen, maar het lijkt er inmiddels op dat die veiligheid acceptabel is. Hoewel kernenergie dus niet een 'ideaal-optie' is⁹⁴, lijkt het wel een redelijke klimaatneutrale optie.

93 Aangezien elektriciteitsopwekking uit kernfusie naar verwachting in 2050 nog niet operationeel zal zijn, wordt in deze paragraaf slechts ingegaan op elektriciteitsopwekking met behulp van kernsplijting.

94 Vergelijk paragraaf 2.3.

Rol van kernenergie bij transitie

Ten tweede moet overwogen worden of de huidige inzet van kernenergie gecontinueerd of vergroot zou moeten worden in de *transitie* naar een duurzame energievoorziening. Bij deze afweging dient de optie kernenergie afgewogen te worden tegen andere energiebronnen, waaronder ook niet-duurzame fossiele brandstoffen. Elders in dit rapport is immers aannemelijk gemaakt dat de inzet van duurzame energie en energiebesparing de komende tientallen jaren nog niet voldoende is om het aandeel van fossiele brandstoffen terug te dringen tot een niveau waarbij de effecten van het broeikaseffect beheersbaar zijn. In het afwegingsproces verdienen de voor- en nadelen van kernenergie een nuchtere afweging. De voordelen liggen in de sfeer van voorzieningszekerheid en de bijdrage die kernenergie kan leveren aan een vermindering van de broeikasgasemissies; de nadelen liggen vooral bij de afvalproblematiek. Ook de afweging van de kosten van kernenergie tegenover die van andere energiebronnen zou mee kunnen wegen. Of kernenergie goedkoper of duurder is dan alternatieven, valt op voorhand in zijn algemeenheid niet te zeggen, maar hangt af van de specifieke omstandigheden van het geval.

Kernenergie niet uitsluiten

Gezien de ernst van de (mogelijke) gevolgen van het broeikaseffect voor het klimaat en gezien ook het belang van voorzieningszekerheid, kunnen we het ons niet permitteren de optie kernenergie in de transitie naar een volledig duurzame energievoorziening uit te sluiten. Dit klinkt ook door in het CDA-verkiezingsprogramma voor 2003-2007 waarin is bepaald dat “om tijdig aan de Kyoto-doelstelling te voldoen het CDA kiest voor het openhouden van de kerncentrale Borssele zolang deze veilig kan functioneren.”

Tevens zou kernenergie een goede opmaat kunnen bieden voor een ‘waterstofeconomie’, omdat een efficiënte productiewijze voor waterstof kan ontstaan als bijproduct van kernenergie. Hierbij worden de hoge temperaturen van de reactor gebruikt om water in waterstof om te zetten.

Kerncentrale Borssele

Bij het verkennen van de mogelijke rol van kernenergie in een *transitiefase* moet onderscheid gemaakt worden tussen bestaande centrales en nieuw te bouwen centrales. Overigens ziet de commissie zich genoodzaakt de discussie hier te beperken tot kerncentrales in Nederland. Iedere EU-lidstaat is zelf verantwoordelijk voor de keuze omtrent inzet van kernenergie. In Nederland is op dit moment nog één kerncentrale in gebruik, de kerncentrale Borssele. De commissie is van mening dat het openhouden van Borssele, zolang deze veilig kan functioneren, verstandig is.

Nieuwe kerncentrale

Voor het bouwen van *nieuwe* kerncentrales in Nederland is het afwegingskader iets anders van karakter. Aangezien zulke centrales geacht worden tientallen jaren mee te gaan en het neerzetten van zo'n centrale ook enkele jaren duurt, zou een nieuwe kerncentrale een vrij groot deel van de hier beschreven transitieperiode een rol spelen in de energievoorziening. Tegen dit licht moet de wenselijkheid van (een) nieuwe kerncentrale(s) afgewogen worden.

Beheersbaarheid van afvalproblematiek

Een belangrijk aspect in deze afweging is de beheersbaarheid van de afvalproblematiek. Bij het opstellen van het CDA-verkiezingsprogramma 2003-2007 werd de afvalproblematiek nog zodanig zwaar ingeschat dat "gezien de afvalproblematiek nieuwe kerncentrales niet aan de orde zijn". De maatschappij mag van de overheid en de bij de nucleaire technologie betrokken organisaties verwachten dat steeds aangegeven kan worden hoe - naar de actuele stand van wetenschap en techniek - op korte en lange termijn op de meest verantwoorde wijze met het geproduceerde en nog te produceren radioactief afval omgegaan zal worden. Zoals eerder aangegeven blijven de technieken om de problematiek van het radioactief afval te beheersen zich ontwikkelen. Een verbetering van de afvalproblematiek zou kunnen bestaan uit een vermindering van de levensduur van het nucleaire afval via transmutatie (nucleaire omzetting) tot enkele eeuwen. Indien op een dergelijke wijze de ernst van het afvalprobleem verminderd kan worden, zal er naar verwachting ook een stabiel (maatschappelijk) draagvlak kunnen ontstaan voor een grotere inzet van kernenergie. Volgens het CORA-rapport biedt op dit moment de combinatie van opwerking en ondergrondse berging van het resterend afval (gering in volume met een levensduur van enkele duizenden jaren) een adequate, zij het niet ideale, oplossing.

Toepassing van nieuwste technologie

Het spreekt vanzelf dat een eventuele nieuwe kerncentrale gebruik zou moeten maken van de beste technologieën wat betreft de veiligheid van een kerncentrale. Ook zal het uiterste moeten worden gedaan om het volume van het (radioactief) afval te minimaliseren en de levensduur ervan zo veel mogelijk te reduceren.

Zekerheid ten aanzien van vergunningverlening

Aangezien in de huidige, geliberaliseerde markt voor elektriciteitsproductie het initiatief voor het bouwen van een nieuwe elektriciteitscentrale, en dus ook voor een kerncentrale, bij marktpartijen ligt (en niet bij de overheid), dient de overheid aan marktpartijen vooraf voldoende zekerheid te bieden

ten aanzien van de vergunningverlening. Het moet helder gemaakt worden onder welke voorwaarden (bijvoorbeeld qua veiligheid en qua afval) een nieuwe kerncentrale acceptabel is. Exploitatie van zo'n kerncentrale zou mogelijk moeten zijn zolang aan de (veiligheids)normen wordt voldaan. Deze duidelijkheid is cruciaal nu in de huidige marktomstandigheden het initiatief voor een kerncentrale bij marktpartijen ligt.

In de ogen van de commissie zou de overheid deze duidelijkheid over de voorwaarden waaronder een nieuwe kerncentrale acceptabel is, ondubbelzinnig moeten geven. Kernenergie is volgens de commissie immers een realistische optie binnen het portfolio aan mogelijkheden in het kader van de energietransitie. Daarom moet de overheid een zodanig stabiel en helder kader (wetgeving en vergunningvoorwaarden) scheppen dat het voor marktpartijen - nu en in de toekomst - mogelijk zal zijn om de bouw van een (of meer) nieuwe kerncentrale(s) serieus af te wegen tegen andere alternatieven.

Kennisinfrastructuur

In dit kader wil de commissie tevens wijzen op het belang van het voortzetten van onderzoek naar (verschillende aspecten van) kernenergie om zo de huidige kennisinfrastructuur te continueren en indien nodig uit te breiden, alsmede om nieuwe technologieën te ontwikkelen. Deelname aan samenwerkingsverbanden op Europees niveau geeft de mogelijkheid om grotere onderzoeksprojecten te kunnen financieren.

Parallel hieraan moet Nederland actief deelnemen aan een discussie op Europees niveau om criteria op te stellen voor de berging van radioactief afval en om de keuzemogelijkheden van locaties vast te stellen.

7.4 Waterstof en de brandstofcel

De waterstofeconomie.

Sinds enige jaren wordt waterstof wereldwijd als een voorname energiedrager voor de toekomst beschouwd. De Verenigde Staten en Europa hebben waterstof als een schone energiedrager voor de lange termijn geïdentificeerd (zgn. nulemissie). Japan is de leider op het gebied van nieuwe waterstof toepassingen. Het richt zich vooral op brandstofcellen.

Waterstof in combinatie met brandstofcellen is een veelbelovende techniek, zowel voor stationaire toepassing (micro-WKK voor verwarming en elektriciteitsopwekking in gebouwen), als voor elektriciteitsopwekking aan boord van schone voertuigen. Introductie van deze brandstofcellen wordt rond 2015 verwacht. Echter, het tijdspad voor de ontwikkeling van deze industrie

is nog niet bekend en zal sterk afhangen van toekomstig overheidsbeleid, technologische ontwikkelingen en industriële visie.

Waterstofproductie

Evenals elektriciteit, kan waterstof geproduceerd worden uit diverse energiebronnen. Dat kunnen fossiele brandstoffen, duurzame bronnen of nucleaire bronnen zijn. De technologie om fossiele brandstoffen in waterstof om te zetten is reeds lang in gebruik bij diverse chemische industrieën. Om waterstof klimaatneutraal te maken, zal de vrijkomende CO₂ uiteraard in reservoirs opgeslagen moeten worden (waterstof wordt dan schoon fossiel genoemd). De technologie voor CO₂-injectie in reservoirs is een veeltoegepaste methode bij de olie- en gasindustrie in de Verenigde Staten.

De chemische samenstelling van de energiebron is overigens wel van belang. Bij het omzetten van aardgas is de verhouding koolstof/waterstof 1/4, bij olie 1/2 en bij kolen 1/1. Naast het rendement in termen van verkregen waterstof is ook de prijs van de energiebron natuurlijk van betekenis. Wanneer de marktprijs van kolen in de toekomst daalt en die van aardgas stijgt, zou waterstofproductie uit kolen vanuit economische overwegingen aantrekkelijker kunnen worden.

Waterstof kan ook geproduceerd worden uit biomassa, met behulp van vergassing bij hoge temperatuur (850°C) en onder beperkte toevoer van lucht of zuurstof. Deze methode is echter nog niet geïmplementeerd en zal zeker gedurende lange tijd kostbaar blijven.

De productie van duurzame waterstof via elektrolyse met duurzame energie (wind, zon) kan een oplossing vormen voor het probleem dat zulke energiebronnen een fluctuerende energieproductie hebben, die niet afgestemd is op de vraag naar energie. Elektrolyse is het proces waarbij water met elektriciteit als drijvende kracht wordt ontleed in waterstof en zuurstof. In zekere zin wordt de opgewekte elektriciteit dus 'opgeslagen' in de vorm van waterstof, dat dan fungeert als buffermedium. Vanwege het energieverlies dat optreedt bij het omzetten van elektriciteit naar waterstof via elektrolyse en vervolgens opnieuw bij elektriciteitsproductie uit waterstof is deze optie alleen zinvol als er geen alternatieven zijn.

Naar verwachting zullen over 10 tot 15 jaar nieuwe typen kernreactoren ontwikkeld zijn, waarbij men de zeer hoge temperatuur gebruikt om, parallel aan de opwekking van elektriciteit, rechtstreeks water in waterstof om te zetten. Wereldwijd, waaronder aan het IRI (Delft), wordt op dit moment onderzoek hiernaar verricht. Ook in Frankrijk wordt aan dit onderwerp,

gezien het belang van kernenergie voor dat land, veel aandacht besteed.

In het algemeen geldt dat grootschalige productie van waterstof de komende decennia slechts haalbaar is via schoon fossiel en via kerncentrales. Het spreekt voor zichzelf dat het gebruik van schoon fossiel (klimaatneutrale waterstof) duurder is dan het gebruik van de fossiele brandstoffen zelf. Er treedt immers ca. 20% energieverlies op bij het omzetten van fossiel naar waterstof. Extra kosten moeten ook worden gerekend voor de ondergrondse opslag van CO₂.

Opslag van waterstof

De volledige omschakeling naar een waterstofeconomie voor de mobiliteit is alleen te maken als het probleem van waterstofopslag aan boord van een personenauto is opgelost. Het vloeibaar maken van waterstof kost namelijk (te) veel energie. Hogedrukopslag (700 bar) is met succes uitgetoetst, maar vraagt ook veel energie. Verder onderzoek is nodig.

Waterstofinfrastructuur

Om de introductie van een waterstofeconomie mogelijk te maken, is het noodzakelijk dat er een distributie-infrastructuur komt. Dat is een dure aanleg. Ondertussen ontspringen hier en daar initiatieven in provincies en gemeenten (zoals het bussenproject in Amsterdam). De Rotterdamse haven, met de reeds aanwezige waterstofinfrastructuur, biedt de mogelijkheid om met nieuwe infrastructuur hierbij aan te haken.

Brandstofcellen ook mogelijk zonder waterstofinfrastructuur

Voor de introductie van brandstofcellen is in principe geen waterstofeconomie nodig. Brandstofcellen kunnen zelfs effectief functioneren op aardgas. Daarbij wordt het aardgas in het toestel zelf omgezet in waterstof. Grootschalige centrale omzetting van aardgas in waterstof is efficiënter dan decentrale omzetting in het toestel zelf. Echter, de brandstofcel heeft zo'n hoog rendement, dat het zelfs aantrekkelijk is om deze techniek zowel voor verwarming (micro-WKK voor huizen) als bij automobielen toe te passen met gebruik van aardgas of ethanol/methanol als energiebron. Een brandstofcel is namelijk zeer efficiënt en haalt uit dezelfde hoeveelheid energie (gas of bio-ethanol die vervolgens omgezet wordt in waterstof) een dubbel zo grote afstand als de conventionele auto met verbrandingsmotor.

Maatschappelijke acceptatie

De technologie en apparatuur om waterstof te produceren, op te slaan en veilig te distribueren bestaat al vele jaren in de industrie. Het is echter een andere zaak om de burger een totaal nieuwe brandstof te laten accepteren.

Het Hindenburg-ongeval heeft een enorme waakzaamheid opgeleverd. Veiligheidsnormen zijn dan ook wezenlijk.

Publiek-private partners

Wil het echt iets worden met de waterstofauto, dan moeten er betaalbare brandstofcelauto's in de winkel staan en moet de automobilist makkelijk en snel op vele plaatsen kunnen tanken. Maar zonder brandstofcelauto's komen er geen waterstoftankstations en zonder die tankstations zullen deze auto's niet verkocht worden.

Volgens Shell Hydrogen zullen voor het doorbreken van het bovengenoemde dilemma grote samenwerkingsverbanden moeten worden gevormd, bestaande uit grote kapitaalkrachtige maatschappijen.⁹⁵ Hierbij kan gedacht worden aan publiek-private samenwerkingsverbanden met autofabrikanten, energiemaatschappijen, technologieontwikkelaars, beheerders van grote aantallen auto's en overheden. Het is daarbij waarschijnlijk dat hierbij verschillende landen betrokken zullen zijn.

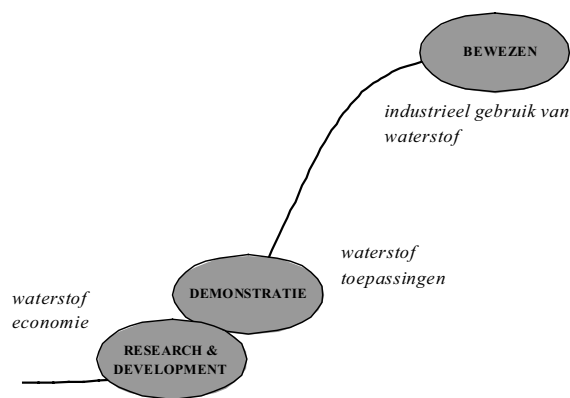
Enkele bestaande samenwerkingsprojecten

Versillende samenwerkingverbanden krijgen inmiddels subsidie van de Europese Commissie. Te wijzen valt op HYPNET (European information network), CUTE (demonstratie van brandstofcelbussen van Daimler Chrysler in 9 steden, waaronder Amsterdam) en op het zogenaamde Texel project (ECN en derden). In HYWAYS wordt een Europese routekaart voor waterstofinfrastructuur ontwikkeld. Nederland is hier vertegenwoordigd via SenterNovem en ECN.

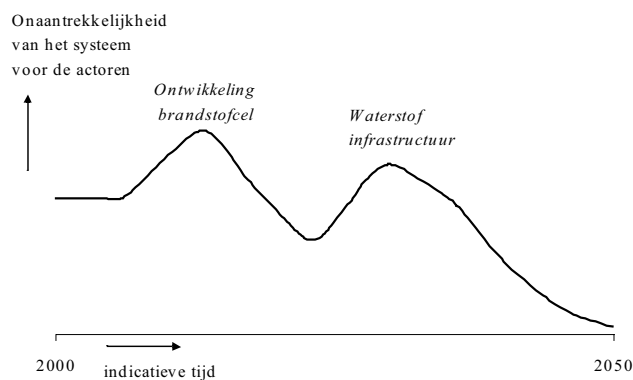
IJsland, een uniek initiatief.

IJsland is het eerste land ter wereld waar op korte termijn een waterstofeconomie is gepland. Het doel is om alle olie-import in 2030 te stoppen en over te schakelen op waterstof. Als energiebron wordt geothermische energie gebruikt, waarvan de energiehoeveelheid globaal gelijk zou zijn aan dat van 15 kerncentrales. Deze bronnen leveren de elektriciteit om waterstof via elektrolyse te produceren.

95 Zie interview Shell Venster, nov/dec 2004.



Figuur 23a Transitiefase van waterstof.



Figuur 23b. Barrières voor waterstof.

WT RAPPORT Kantelingen

Waterstof als energiedrager: mogelijk transitiepad
<i>Actiepunten vanaf heden:</i>
Onderzoek naar mogelijkheden voor het opzetten van waterstofproductie en infrastructuur
Uitbreiden van demonstratieprojecten met waterstofbussen in steden
Visiedocument op Ruimtelijke Ordening behandelt waterstofnetwerken (zgn. routekaart)
Publiekprivaat demonstratieproject met regionaal waterstofnet
<i>Actiepunten na 2010:</i>
Stimuleren van aanleg van waterstofnet, of als overheid zelf waterstofnet ontwikkelen
Ontwikkeling van nieuwe waterstof opslagtechnieken

8 Aardgas

8.1 Inleiding

Waar energiebesparing en de inzet van duurzame en klimaatneutrale energiebronnen het gebruik van fossiele brandstoffen onvoldoende kunnen terugdringen, rest de mogelijkheid om binnen de fossiele brandstoffen de schoonste optie te kiezen. Binnen de fossiele brandstoffen is aardgas de schoonste bron, die bovendien met relatief hoge efficiëntie kan worden ingezet. Aardgas kan bovendien een rol vervullen als brug naar een duurzame(re) energiehuishouding. Zo kan aardgas de opmaat zijn tot een toekomst met *waterstof als schone energiedrager*.

8.2 Aardgas als overgang naar duurzaam

Ook de meest optimistische prognoses omtrent duurzame energie gaan ervan uit dat fossiele brandstoffen nog geruime tijd massaal zullen worden ingezet. Dit betreft dan kolen, olie en aardgas. Kolen veroorzaakt de hoogste CO₂-emissie en aardgas de minste: zie tabel 5. Dat komt enerzijds omdat aardgas een relatief schone brandstof is, anderzijds omdat aardgastoepassingen in het algemeen een hoger rendement hebben dan toepassingen met olie of kolen. Naast deze voordelen heeft het gebruik van aardgas nog andere milieuvoordelen waaronder een lagere uitstoot van schadelijke gassen (NO_x en SO₂) en minder uitstoot van fijn stof.

Tabel 5 Energie-inhoud en CO₂-emissies van fossiele brandstoffen.⁹⁶

Brandstof	Stookwaarde, LHV	ton CO ₂ /TJ _p
Aardgas (Groningenkwaliteit)	31,65 MJ/m ³	56,1
Zware olie	41 GJ/ton	77
Lichte oliën (HBO, diesel, benzine)	42,2 GJ/ton	73
Steenkool	28,5 GJ/ton	94

Gedreven door steeds stringenter milieueisen is in Europa een geleidelijke overgang gaande van kolen en olie (vooral zware stookolie) naar aardgas. Met name het gebruik van zware stookolie neemt steeds meer af. Deze tendens zal naar verwachting nog een zetje in de rug krijgen vanwege de emissiehandel en de daarmee samenhangende kosten voor CO₂-emissierechten. Op dit moment bouwt men in de Europese elektriciteitssector eigenlijk alleen nog maar gascentrales.

Door extra inzet van aardgas zijn bestaande CO₂-emissies in de EU vergaand terug te brengen. Het vervangen van een bestaande kolencentrale door een

⁹⁶ Bron: Verificatiebureau.

nieuwe gascentrales of een gasgestookte WKK-installatie kan de CO₂-emissie met 60 tot 70% terugdringen. Wie beseft dat de totale uitstoot van de kolen-centrales in de 15 'oude' lidstaten van de EU circa 600 Mton bedraagt (3 keer de totale uitstoot van Nederland), kan concluderen dat de aardgasoptie een aanzienlijke bijdrage kan leveren aan het bereiken van CO₂-reductie.

Desalniettemin, de aardgasvoorraad is eindig en uitstoot van CO₂ blijft aanwezig. Aardgas dient daarom gezien te worden als een overgangsbrandstof voor de periode waarin duurzame energie nog geen economisch haalbaar alternatief is.

Het gebruik van aardgas is in Nederland reeds zeer hoog. Ongeveer 50% van de totale energievraag wordt gedekt door aardgas. Het Europese gemiddelde bedraagt ongeveer 25%. Er is in ons land sprake van een hoge penetratiegraad in de huishoudens (98%). Bovendien draait in Nederland vrijwel de gehele industrie op aardgas. Dat geldt ook voor circa 70% van de elektriciteitscentrales. De efficiëntie van de aardgastoepassingen in Nederland is relatief hoog. Er staat relatief veel WKK vermogen opgesteld, de energie-efficiëntie van de Nederlandse industrie is relatief goed en de huizen en gebouwen zijn naar Europese maatstaven uitstekend geïsoleerd, terwijl hoogrendement CV-ketels ook nog eens de standaard zijn geworden bij nieuwbouw en vervanging. Niettemin is er nog veel winst te halen uit rendementsverbeteringen. Het is belangrijk aan deze rendementsverbeteringen te blijven werken.

8.3 Aardgas en voorzieningszekerheid

De keuze voor aardgas is niet onomstreden. Europa is reeds afhankelijk van de import van aardgas en naarmate het aandeel aardgas op de energiebalans van Europa groeit, zal die afhankelijkheid toenemen.

Er is weliswaar naar alle waarschijnlijkheid voorlopig ruim voldoende aardgas voorradig op de wereld, maar de vindplaatsen zijn geconcentreerd in een beperkt aantal landen en bovendien, uit politiek oogpunt, in kwetsbare gebieden: Rusland, Noord-Afrika en het Midden-Oosten. Nederland bezit momenteel nog ruime voorraden aardgas, maar dat aardgas raakt onherroepelijk op. Ook Nederland zal dan afhankelijk zijn van import.⁹⁷ Vanwege de grotendeels op aardgas gebaseerde energievoorziening is Nederland extra

⁹⁷ Eigenlijk is dat nu ook al zo. In 2004 heeft Nederland circa 30% van het benodigde aardgas geïmporteerd. Vooral nog overtreft de Nederlandse export evenwel deze import.

kwetsbaar voor storingen in de import. Alle reden voor Europa, inclusief ons land, om zeer goed toe te zien op de zekerheid van de aardgasvoorziening. Hier ligt een kritische succesfactor bij het kiezen voor het relatief schone aardgas als overgang naar een wereld met duurzame energie.

Het vraagstuk van de voorzieningszekerheid heeft betrekking op a) de feitelijke beschikbaarheid en b) de betaalbaarheid van aardgas. Beide hangen natuurlijk ook samen: schaarste verhoogt de prijs. Manipulatie van het aanbod vertaalt zich in prijsopdrijving en prijsschommelingen. Reden waarom de geopolitieke dimensie van groot belang is. Het is een zelfstandige reden om de transitie naar alternatieve energiebronnen zo spoedig mogelijk te maken.

De oplossing van dit vraagstuk moet gezocht worden in een tweeledige aanpak, die overigens al sinds vele jaren door aardgasimporterende landen als Duitsland, Frankrijk en Italië in de praktijk is gebracht. Deze praktijk komt erop neer dat deze landen mikken op langetermijnimportcontracten met producerende landen en actief werken aan voldoende (reserve)aardgas in bergingen om zo onverwachte problemen in de toevoer van gas het hoofd te kunnen bieden.

De eerste maatregel betreft de importcontracten. Deze kennen over het algemeen een zeer lange duur, gewoonlijk tussen de 20 en 30 jaar. Zij worden met meerdere exporterende landen afgesloten. Enerzijds geven deze contracten voldoende garanties aan producenten om de investeringen in productie en transport te gaan realiseren. Anderzijds zorgen dergelijke contracten voor een sterke en langdurige wederzijdse afhankelijkheid. Dat bevordert de stabiliteit. De contracten kennen een stabiele risicospreiding tussen producent en afnemer. De gasprijs is gebaseerd op marktconforme en niet gemakkelijk door de partijen te beïnvloeden indicatoren: gewoonlijk de wereldmarktprijs van gasolie en stookolie.

In de tweede plaats is er - zoals gezegd - de noodzaak van het aanleggen van strategische reserves. Er zijn vele bergingen in verschillende Europese landen. Toch kan Nederland hier met behulp van het Groningegasveld een belangrijke rol gaan spelen. Dit veld kan immers naar believen tijdelijk veel meer gas produceren en op die manier de uitval van importgas elders compenseren. Deze rol van Groningen zal langzaam maar zeker moeten worden overgenomen door ondergrondse bergingen. In Nederland zijn talrijke zeer geschikte gasvelden die kunnen worden omgebouwd tot berging. En omdat die bergingen ook nog geschikt zijn voor het leveren van flexibiliteit kan Nederland in Europa met behulp van zijn bergingen tevens zijn rol als leve-

rancier van flexibiliteit behouden en vermoedelijk zelfs uitbouwen, ook als 'Groningen' haar einde nadert. Europa importeert inmiddels al veel aardgas. Het is sterk importafhankelijk. Dat heeft in de afgelopen decennia nooit tot problemen geleid. Ook niet tijdens de koude oorlog, terwijl Rusland toch een sterke positie heeft als leverancier voor landen als Duitsland, Frankrijk en Italië. Blijkbaar biedt de combinatie van langetermijncontracten in combinatie met strategische bergingen inderdaad voldoende waarborgen voor de leveringszekerheid. Ook strategische 'spelletjes' met het doel van prijsopdriving zijn nooit gespeeld. De liberalisering verandert echter het Europese speelveld. Er ontstaan andere marktstructuren, andere spelers en de focus verplaatst zich gemakkelijker naar die van de korte termijn. Er is daarom reden de vinger aan de pols te houden.

8.4 Aardgas als transitiebrandstof in de mobiliteitssector

Aardgas als transportbrandstof is bestaande technologie. Bijzonder beleid naar fabrikanten is dus niet nodig. In Australië is aardgas in het verkeer al de standaard brandstof. We kennen allemaal de milieuvoordelen van LPG, aardgas is in veel opzichten vergelijkbaar. Een logistiek voordeel ten opzichte van LPG kan zijn dat aardgas per pijpleiding is aan te voeren. Dat hoeft dan niet meer met tankwagens.

Achtergrond

De mobiliteitssector levert een grote bijdrage aan de emissie van schadelijke stoffen. In 2000 was de transportsector verantwoordelijk voor 29% van de EU-emissies van CO₂. Dit aandeel groeit nog steeds. Voor de verzuring, mede veroorzaakt door de uitstoot van NO_x, is het wegverkeer voor zo'n 60% verantwoordelijk. Op mondiaal niveau zijn met name de emissies van CO₂ relevant, maar daarnaast geldt dat op lokaal niveau de uitstoot van allerlei schadelijke stoffen en deeltjes (roet) een zeer negatief effect op de lokale luchtkwaliteit en daarmee op de gezondheid van mensen heeft. Momenteel zijn de huidige brandstoffen in de mobiliteitssector vrijwel uitsluitend afgeleid van ruwe olie, namelijk benzine, diesel en LPG. Een alternatieve voertuigbrandstof is aardgas (Compressed Natural Gas: CNG). Dit alternatief is bovendien binnen een kort tijdsbestek te implementeren. Introductie van deze brandstof laat de steun voor LPG ongemoeid.

Milieu en veiligheid

CNG onderscheidt zich van benzine en diesel door de relatief gunstige emissiekenmerken (zie TNO-onderzoek⁹⁸). CNG heeft in vergelijking met diesel en benzine gunstige emissie-effecten. Dit geldt zowel voor de gezondheids-, ecologische- als de klimaataspecten. Bovendien geldt dat CNG-voertuigen minder geluids- en stankoverlast veroorzaken. Dat zal vooral in de steden, waar diesel de standaard is, tot een verbetering van het leefklimaat leiden. Onderstaande tabel vergelijkt diesel, benzine, LPG en aardgas (CNG) op het punt van de gemiddelde emissies [g/km] van NO₂, fijn stof en CO₂ bij personenvoertuigen. Vooral NO₂ en fijn stof zijn schadelijk voor de longfunctie.⁹⁹ Uit de tabel blijkt dat bij aardgasvoertuigen de uitstoot van NO₂ en fijn stof per gereden kilometer een factor 25-30 lager is dan bij dieselveertuigen.

Tabel 6 Uitstoot van voertuigen per brandstoftype in g/km.¹⁰⁰

<i>Testresultaten 2003</i>	<i>Diesel</i>	<i>Benzine</i>	<i>LPG</i>	<i>Aardgas (CNG)</i>
NO ₂	0.32	0.02	0.01	0.02
Fijn stof (PM ₁₀)	0.062	0.008	0.004	0.005
CO ₂	284	340	278	300

Doelstelling EU

De EU heeft als doelstelling geïntroduceerd dat in 2020 20% van de nu gebruikte brandstoffen vervangen dient te zijn door een (schoner) alternatief. Van deze 20% zou de helft voor rekening moeten komen van aardgas (CNG), een kwart voor biobrandstoffen en een tiende deel voor waterstof. Bij toepassing van deze streefpercentages op de Nederlandse mobiliteitsmarkt zouden in 2020 zo'n 800.000 voertuigen op CNG als brandstof moeten rijden. De daarbij behorende infrastructuur zou circa 1.200 tankfaciliteiten betekenen.

Internationaal

Wereldwijd zijn er inmiddels ongeveer 3,2 miljoen voertuigen die rijden op aardgas. Met name in Argentinië, waar ca. 1,1 miljoen aardgasvoertuigen rondrijden en 1.000 vulstations beschikbaar zijn, heeft CNG een aanzienlijke marktpositie verworven. Ook in Brazilië (640.000 voertuigen), Italië (400.000 voertuigen), Pakistan (410.000 voertuigen) en India is sprake van een omvangrijke CNG-markt. Daarnaast zijn er momenteel ook in landen als Duitsland en Frankrijk ontwikkelingen gaande die binnen afzienbare tijd moeten leiden tot een aanzienlijke schaalgrootte voor de inzet van CNG als voertuigbrandstof. In de meeste landen geldt dat CNG met name wordt toegepast op het vervoer in stedelijke gebieden, vanwege de gunstige effecten op de lokale luchtkwaliteit. Dit betreft vooral het plaatselijke busvervoer,

98 [TNO, 2003]

99 [RIVM, 2002]

100 [TNO, 2003]

taxi's en lokale/regionale dienstverlening (vuilnisauto's en dergelijke). In Duitsland richt men zich tevens op de particuliere vervoersmarkt.

De beschikbaarheid van voertuigen is geen probleem. Bij de meeste autofabrikanten worden modellen geleverd met CNG-toepassing. Voor personenauto's zijn deze veelal naast een aardgastank ook voorzien van een benzinetank (bi-fuel), voor zwaardere voertuigen geldt dat ze een specifieke aardgasmotor (mono-fuel) hebben.

In Nederland is er sprake van een zeer begrensde markt. Er rijden in totaal slechts circa 300 voertuigen op CNG en er zijn slechts vijf snelvulstations operationeel. De markt beperkt zich feitelijk tot twee serieuze, zij het kleinschalige, lokale projecten. Het gaat dan om Almelo waar energiebedrijf Cogas een regionale markt voor het rijden op aardgas probeert te ontwikkelen en om de gemeente Haarlem en omgeving. Daar werkt een aantal gemeenten en bedrijven samen met energiebedrijf RWE en DutCH4 om de wagenparken geleidelijk op aardgas te laten overschakelen.

Biogas en waterstof

Door een infrastructuur op te bouwen die in eerste instantie gericht is op de inzet van aardgas, valt er tegelijkertijd een pad te leggen voor duurzame toepassingen. Met dezelfde infrastructuur is het mogelijk biogas of 'groen aardgas' te gaan inzetten. Daarnaast is het mogelijk via de aardgasinfrastructuur de ontwikkeling en het gebruik van waterstof ten behoeve van het vervoer te stimuleren. Door nu een infrastructuur van aardgasvulstations te creëren, is later op een relatief eenvoudige manier over te schakelen op de productie en levering van waterstof.

Overheid

Bij de aanleg van deze infrastructuur en bij de prijsstelling kan de overheid een belangrijke rol vervullen. Ten eerste kunnen de lokale, regionale en landelijke overheden belemmeringen in de vorm van regelgeving wegnemen. Sommige regels hebben rond de bestaande projecten in Almelo en Haarlem voor de nodige moeilijkheden gezorgd. Hierbij gaat het voornamelijk om de vergunningverlening voor het plaatsen van de vulstations en de keuring van de voertuigen door de RDW. Door Europese uniformiteit is deze keuring overigens inmiddels geen probleem meer voor personenwagens.

Ten tweede kan de overheid een belangrijke stimulerende rol spelen door het gebruik van aardgas als voertuigbrandstof voor een langjarige periode fiscaal te ondersteunen, zodat de benodigde investeringen in de infrastructuur van de grond kunnen komen. Hierbij is vooral de accijnsbepaling op

CNG een belangrijk item. Op basis van de gunstige emissiekenmerken (zowel globaal als lokaal) is een beperkte accijnsheffing, zoals op LPG, bij CNG gerechtvaardigd. Naast de accijns dient het gebruik een impuls te krijgen via een lagere BPM-tarief voor CNG-voertuigen (de CNG-installatie zelf is reeds vrijgesteld van BPM). Te denken valt ook aan een motorrijtuigenbelasting die gelijk is aan die van benzineauto's en aan een beperktere fiscale bijtelling voor lease-auto's op aardgas. Met betrekking tot het accijnsvraagstuk wordt verwezen naar Duitsland, waar de overheid duidelijke accijnsafspraken heeft gemaakt voor de periode tot 2020.

Marktpartijen

De emissieproblematiek is een grensoverschrijdende aangelegenheid. Belangrijke voorwaarde voor een grootschalige ontwikkeling van de aardgasmarkt bij het vervoer is dat de verschillende overheidsinstanties en -lagen zowel als de relevante marktpartijen samenwerken. Langetermijnafspraken zorgen voor een klimaat waarin de marktpartijen de benodigde investeringsbeslissingen durven te nemen. Bij die marktpartijen gaat het vooral om de gasleveranciers (Gasunie, Essent, RWE, Cogas, enz.), de oliemaatschappijen (Shell, BP, Esso, enz.), de automobielinindustrie (automobilimporteurs, RAI en autoleasemaatschappijen) en een aantal belangengroeperingen (bijv. ANWB en Bovag).

9 Transitiepaden voor toepassingen

9.1 Transitie bij toepassingen: verkeer en vervoer

Duurzame mobiliteit

Duurzame mobiliteit is meer dan klimaatneutrale mobiliteit en zou moeten voldoen aan de voldoende punten¹⁰¹:

- uiteindelijk 80% reductie van CO₂-emissies ten opzichte van 1990;
- uiteindelijk 90-95% reductie van overige emissies ten opzichte van 1990;
- geen afwenteling op andere milieuthema's zoals externe veiligheid;
- zekerheid van energievoorziening;
- instandhouding van biodiversiteit;
- betaalbaarheid van mobiliteit, ook voor laagste inkomensklassen;
- kwaliteit van leefomgeving mag niet worden aangetast;
- voldoen aan ambities voor ruimtelijke kwaliteit.

Luchtkwaliteit

De EU-richtlijn voor luchtkwaliteit¹⁰² illustreert dat de luchtkwaliteit op veel plaatsen in Europa te wensen overlaat. Inspanningen om op korte termijn aan de richtlijn tegemoet te komen, hebben in Nederland onder andere geleid tot het invoeren van een maximum snelheid van 80 km/h op enkele stedelijke snelwegen.¹⁰³ In Hessen (Duitsland) wil minister-president Koch (CDU) roetfilters verplicht stellen voor nieuwe dieselwagens en sterk verontreinigde binnensteden afsluiten voor vrachtwagens. Het zijn stappen in de richting van nulmissie mobiliteit. Voor nulmissie voertuigen lijkt waterstof een aantrekkelijke brandstof te zijn.

Voertuigtechnologie

De ontwikkelingen in de voertuigtechnologie richtten zich in het verleden op het verbeteren van de verbrandingsmotor. In het verleden is de techniek van de verbrandingsmotor zoveel verbeterd, dat er weinig behoefte meer léék te bestaan aan een ander type motor.¹⁰⁴ Sinds Californië streeft naar de introductie van nulmissie voertuigen, is de auto-industrie actief geworden in het ontwikkelen van andere technologieën zoals de hybride auto en de brandstofcelauto.

De hybride auto heeft een verbrandingsmotor en een elektromotor. Deze

101 [Van den Brink, 2003]

102 EU-kaderrichtlijn luchtkwaliteit 1999/30/EG.

103 Op verkeersknelpunten bij de grootstedelijke gebieden in de Randstad wordt de grenswaarde voor het jaargemiddelde van NO₂ in 2010 nog overschreden. De knelpunten liggen vooral op plaatsen waar rijkswegen de woongebieden doorkruisen [RIVM, 2005].

104 [MacLean, 2003]

combinatie levert een zeer zuinige auto op, maar is nog altijd afhankelijk van een verbrandingsmotor. De elektromotor kan ook zelfstandig werken. In dat geval moet er een grote accu ingebouwd worden. Deze elektrische auto wordt weinig toekomst toegedicht, omdat de accu's ondanks jarenlang onderzoek, nog altijd te zwaar en te belastend zijn voor het milieu. Veelbelovend is wel de combinatie van de elektromotor en de brandstofcel. De brandstofcel zet de brandstof om in elektriciteit, waarna de elektriciteit door de elektromotor gebruikt wordt. De brandstofcel kan diverse types brandstof gebruiken, zowel traditionele benzine en aardgas als bio-ethanol en waterstof.

Transitiepad technologie

De brandstofcelauto laat vermoedelijk nog enige tijd op zich wachten. Commerciële introductie wordt door de auto-industrie pas rond 2015 voorzien. Zoals geschreven heeft de brandstofcelauto ook een elektromotor nodig. De hybride auto is al wel op de markt. Via de hybride auto kan ervaring opgedaan worden met de elektromotor en kunnen de prestaties daarvan verbeterd worden. Voor Nederland geldt daarbij niet zozeer de ervaring die autofabrikanten opdoen, als wel de ervaring van garagebedrijven. Verder komen wellicht voertuigen op de markt die meerdere types brandstoffen kunnen gebruiken (vgl. motoren die zowel LPG als benzine kunnen gebruiken).

Transitiepad brandstof

Het is nu nog niet in te schatten welke brandstof de uiteindelijke transportbrandstof gaat worden. De introductie van een nieuw type brandstof is een forse barrière. Men zal de nieuwe brandstof niet willen gebruiken, zolang er niet voldoende tankvoorzieningen zijn, en men zal geen tankvoorzieningen bouwen als er geen vraag naar is. Daarom is het voor Nederland van belang aan te haken bij de internationale initiatieven, zoals ook het transitiepad van EZ (appendix 3) poogt te doen: "Een voor ons land potentieel belangrijke ontwikkeling, die zich tot op heden buiten ons land lijkt te gaan voltrekken, is het zogenaamde Blue corridor project. In dit project, dat mede gebaseerd is op vergelijkbare corridors in Argentinië en Brazilië, probeert men als pilot drie corridors te creëren (Helsinki-Moskou, Moskou-Berlijn en Berlijn-Rome) met bijbehorende tankstations waarlangs als proef 10500 voertuigen zouden gaan rijden op CNG (compressed natural gas, aardgas). Gegeven de positie van Nederland als aardgasland en als transportland, is het denkbaar dat ons land, teneinde deze boot niet te missen, initiatieven neemt om bij dit project aan te sluiten." Aardgas kan voorlopig gezien worden als transitiegas, om eventueel later een overstap te maken naar waterstof.

Aardgas als overstap naar waterstof

Het vervangen van bestaande motorbrandstoffen door aardgas verlaagt meteen de uitstoot van CO₂ en vermindert de schadelijke effecten van verkeer en vervoer op de volksgezondheid. Hiertoe moeten vele tankstations uitgerust worden met voorzieningen voor aardgas. De verwachting is dat de nieuwe aandrijftechnieken, zoals de brandstofcel, auto's geschikt maken om zowel op aardgas als op waterstof te rijden. Tevens kan in de toekomst aardgas op het tankstation omgezet worden in waterstof. Door nu reeds onze tankvoorzieningen aan te passen ter wille van aardgas, kan Nederland nu al anticiperen op de waterstofeconomie. Vanwege de geringe actieradius van aardgasvoertuigen, kunnen de eerste implementaties gericht zijn op stadsdistributies en stedelijk openbaar vervoer.

Verkeer en vervoer (zie ook biobrandstoffen in paragraaf 6.5): mogelijk transitiepad (RIVM/ECN)
<i>Vanaf heden:</i>
Voor zuinige en hybride auto's, differentiatie in BPM
Aansluiting vinden bij Europese initiatieven voor aardgasgebruik in vrachtwagens
Stadsdistributies en stedelijk openbaar vervoer versneld op aardgas laten rijden
Aantrekkelijk maken van zuinige transportvormen (railverkeer boven wegverkeer) door investeringen in infrastructuur
Eerlijke concurrentie tussen luchtvaart en personenvervoer per spoor, door kerosinegebruik mee te wegen in reiskosten
Rijgedrag beïnvloeden (Het Nieuwe Rijden met steun van elektronica)
Verplicht stellen van nulemissie voertuigen in Nederland vanaf 2015

9.2 Transitie bij toepassingen: warmte

Warmte is nodig voor industriële toepassingen en voor verwarming van kantoren en woningen. De warmte voor industriële toepassingen wordt ook wel hoogwaardige warmte genoemd, omdat voor materiaalbewerking vaak een hoge temperatuur nodig is. Deze paragraaf gaat in op laagwaardige warmte. Zij is nodig voor koken en ruimteverwarming.

De mogelijkheid om energie te besparen bij de warmtevraag is groot. De warmtebalans van een woning kan op de lange termijn bijna in evenwicht zijn.¹⁰⁵ Dit betekent niet dat er geen energie meer wordt gebruikt voor ruimteverwarming. Het betekent wel dat woningen in de zomer ongeveer

105 [De Beer, 2003]

net zoveel energie produceren (via passieve zonne-energie en via zonnecellen) als zij in de winter nodig hebben. Een groot potentieel is binnen handbereik en het benutten van dit potentieel is essentieel; dit vraagt wel om een structurele aanpak, bijvoorbeeld via voortgaande aanscherping van normen ten aanzien van het energiegebruik.

Technologie

De energiebehoefte van woningen en kantoren wordt grotendeels bepaald door de behoefte om ruimtes te verwarmen in de winter en te koelen in de zomer. Deze energiebehoefte is te verminderen door de ruimtes beter te isoleren. Ook verlaat veel warmte de woning via de ventilatie. Goede ventilatie is echter absoluut noodzakelijk voor een gezond binnenhuisklimaat. Moderne technieken, zoals mechanische ventilatie, zorgen voor voldoende frisse lucht, terwijl toch de warmte zoveel mogelijk binnenshuis blijft. Ook valt met gebouwen (kantoren en woningen) de nodige energie te winnen. De relatief dure methode van actieve zonne-energie, waarbij via PV-cellen elektriciteit wordt geproduceerd, is al behandeld in paragraaf 6.4. Via passieve zonne-energie wordt zonlicht direct omgezet in warmte. Passieve zonne-energie kan via speciale apparatuur worden benut, zoals zonneboilers. Maar ook een efficiënte verkaveling, waardoor veel zonlicht het huis kan binnendringen, is een goedkope manier om de warmte van de zon te benutten. Zelfs de warmte die ontstaat als de zon op asfaltwegen schijnt, kan benut worden voor ruimteverwarming van woningen. Hoewel het hier warmte van een lage temperatuur betreft (zgn. laagwaardige warmte van soms maar ca. 25°C), kan het via vloer- en muurverwarming voldoende warmte afgeven, om een heel huis te verwarmen. Tot slot kan de warmte in de zomer worden opgeslagen in waterdragende lagen, om deze vervolgens in de winter weer te benutten (met behulp van een warmtepomp). Het toepassen van deze technieken kan de energievraag van nieuwbouwwoningen effectief tot nul reduceren rond 2050.

Nieuwbouw versus bestaande bouw

In Nederland staan ongeveer 6,8 miljoen woningen. Hiervan zijn 5,7 miljoen woningen voor 1990 gebouwd. De woningen gebouwd na 1990 zijn doorgaans redelijk geïsoleerd. Nieuwbouw is onderworpen aan de Energie-Prestatie-Norm (EPN). De EPN stelt grenzen aan het energiegebruik van de woning per volume-eenheid. Een aanscherping van de EPN zorgt voor verdergaande energiebesparing in nieuwbouw. Veel winst valt er nog te behalen in de bestaande bouw bij zowel koopwoningen als huurwoningen. De besparingsopties vergen wel ingrijpende renovaties of zelfs volledige nieuwbouw van woningen. Tot die tijd valt er vaak maar weinig te bezuinigen op de energiebehoefte van bestaande woningen.

Energieprestatienorm (EPN)

Stabiele sturing kan plaatsvinden door de EPN aan te scherpen. Een sterke verlaging van de EPN stimuleert energiebesparing in gebouwen. Het draagt, zij het in beperkte mate, ook bij aan de introductie van klimaatneutrale technologieën zoals passieve zonne-energie. Een zeer lage EPN, dus een lage energiebehoefte per m³ woninginhoud, is niet meer te bereiken door uitsluitend betere isolatie toe te passen. Er zullen ook systemen voor zonne-energie nodig zijn. Bij het realiseren hiervan spelen gemeenten een cruciale rol. Zij maken de afspraken met projectontwikkelaars. De EPN geeft gemeenten een middel/steun in de rug om andere energieverbeteringen door te voeren.

Kleinschalige warmtekrachtcentrales

Micro-WKK op huisniveau en mini-WKK op wijkniveau zijn evenals moderne stadsverwarming te zien als energiebesparingsopties. Momenteel lopen enkele demonstratieprojecten. Deze centrales produceren behalve warmte ook elektriciteit. Deze elektriciteit is vaak in de woningen zelf te gebruiken. Een overschot aan elektriciteit valt ook aan het openbare net terug te leveren. Micro- en mini-WKK's kunnen aardgas, maar ook duurzame brandstoffen en waterstof gebruiken.

Warmte: mogelijk transitiepad (RIVM/ECN)
<i>Vanaf heden:</i>
Aanscherping van de EPN
Demonstratieprojecten voor mini-WKK
Zonvriendelijke verkaveling van woningen
<i>Na 2010:</i>
Het installeren van een dubbele elektriciteitsmeter in huizen (in- en uitgaande stroom)
Barrières voor netvoeding slechten
<i>Na 2015:</i>
Zorg dragen voor middelen en draagvlak voor grootschalige woningrenovaties

10 Kansen voor Nederland

10.1 Inleiding

Het Nederlandse transitiebeleid richt zich op het benutten van specifieke eigen kansen, juist ook in termen van innovatie en duurzaamheid. Anticiperen op toekomstige markten en technieken is nodig om een krachtige positie op te bouwen. Juist de komende jaren zijn kritisch, omdat deze bepalend zijn voor de toekomstige positie van Nederland op de Europese en wereldwijde markt voor zowel energie zelf alsmede voor technologieën en producten die bruikbaar zijn voor de transitie naar een duurzame energiehuishouding.

Nederland heeft goede economische kwaliteiten, met name op de volgende gebieden:

Nederland heeft grote gasvoorraden en een goede gasinfrastructuur. Een ontwikkeling van Nederland tot gasknooppunt kan deze sector ook voor de toekomst versterken. De verlaten gasvelden zijn te gebruiken voor CO₂-opslag. In de strijd tegen het broeikaseffect kunnen deze opslagmogelijkheden een groot voordeel voor de Nederlandse industrie opleveren.

Nederland ligt aan zee, met grote havens en een goede verkeersinfrastructuur. Hierdoor kan Nederland ook een spilfunctie vervullen als import- en doorvoerland voor biomassa en biomassa-producten. Biomassa kunnen we ook uitstekend produceren in Nederland. De Nederlandse chemie is in staat op een concurrerende manier goede biomassa-producten te maken. Biomassa biedt grote kansen.

Nederland heeft een bloeiende tuinbouwindustrie, die veel werkgelegenheid biedt. Deze industrie is gebaat bij innovatieve ontwikkelingen voor energiebesparing. De recente ontwikkeling van een energieneutrale kas zal de concurrentiepositie van deze branche verder versterken.

Nederland heeft veel expertise op het gebied van offshore-installaties. Deze kennis kan ten goede komen aan de ontwikkeling van offshore-windparken, en biedt zo een mogelijkheid om deze expertise ook in het buitenland in te zetten.

Nederland beschikt over een veelzijdige toeleveringsindustrie, die bij een transitie naar duurzame mobiliteit (waterstof, biogas) bij kan dragen aan de ontwikkeling van infrastructuur en de automobielenindustrie kan ondersteunen.

Nederland heeft goede kennisinstituten. Het heeft veel kennis op het gebied van energiebesparing. Maar ook op andere terreinen, zoals bij de ontwikkeling van zonnecellen, heeft Nederland een vooraanstaande positie. Ook deze kennis is nog beter in te zetten voor de exportpositie van ons land. Een gezonde kennisinfrastructuur is het fundament om de kansen van energietransitie naar duurzame energie te kunnen benutten.

Hieronder volgen enkele voorbeelden van kansen voor Nederland. We richten ons op biomassa en op aardgas als kansrijke vehikels voor de beoogde transitie naar een meer duurzame energiehuishouding. We dienen ons echter te realiseren dat een actieve rol van Nederland op het gehele gebied van duurzame energie belangrijk is. Het transitieproces brengt immers grote onzekerheden met zich mee. Wij kunnen niet voorspellen welke duurzame energiemix in 2050 in feite zal ontstaan. Daarom is het belangrijk om over een portfolio van beschikbare kennis en methoden te kunnen beschikken.

10.2 Kansen voor havens, chemie en landbouw¹⁰⁶

Nederland heeft een goed ontwikkelde petrochemie, grote havens en een kennisintensieve landbouwsector. De petrochemie en de grote havens danken hun bestaan voornamelijk aan de doorvoer en verwerking van fossiele brandstoffen. Fossiele grondstoffen voor de bulkchemie kunnen echter elders in de wereld duidelijk goedkoper verkregen kunnen worden, zodat de tendens bestaat om bulkchemische industrie naar die regio's te verhuizen.

In Nederland kan met de hoge kwaliteit aan kennis van de bulkchemie, de landbouw en de logistiek en de reeds bestaande activiteiten op deze gebieden een nieuwe grondstoffenpositie opgebouwd worden waardoor deze belangrijke economische sectoren hun positie kunnen behouden. Zij kunnen een belangrijke rol blijven vervullen als de fossiele brandstoffen gedeeltelijk vervangen worden door biomassa. Voor de landbouwsector, -kennisinstituten en regio's biedt biomassa een mogelijkheid tot versterking van hun posities. Hierbij biedt de Europese richtlijn voor biobrandstoffen een kans. Een uitgebreide visie op de mogelijkheden van biomassa voor Nederland is gegeven in appendix 1.

De landbouw kan inspelen op de kansen in de *non-food* toepassingen nu de voedselzelfvoorzienendheid in Europa bereikt is. De kosten van de landbouwgrond zijn hoog in Nederland, maar daar staat tegenover dat er veel kennis en kwaliteit is opgebouwd in de landbouw. Bij de introductie van

¹⁰⁶ Zie appendix 1 "een visie voor een biobased economy".

nieuwe producten voortkomend uit de landbouw kan de boer gebruik maken van de nieuwe technologische ontwikkelingen om, middels voorwaartse integratie (voorbewerking van de landbouwproducten op zijn bedrijf), zijn inkomsten te verhogen, waardoor de hoge grondprijzen in Nederland gecompenseerd kunnen worden.

Nederland is al een biomassaland vanwege onze intensieve landbouw, vanwege de omvang van de voedingsindustrie en vanwege de import van mengvoeder. Per hectare heeft ons land zelfs het grootste biomassagebruik in het economisch verkeer ter wereld. Voor de beoogde transitie in de energie- en materiaalvoorziening bestaan op de korte termijn goede kansen met name vanwege het gebruik van reststromen uit het voedselsysteem. Op middellange termijn speelt de groei van import van biomassa en gerichte producten. Op lange termijn (na 2015) biedt biomassa een kans om de terugvallende oliehandel gedeeltelijk te kunnen opvangen met transport van uit biomassa afgeleide hoogwaardige grondstoffen voor de chemie (zoals bioplastics en smeermiddelen).

Deze ontwikkeling is ook van belang voor de economische structuurversterking van de Eemsdelta. Vooral omdat naast 'groene chemie' de inzet van biomassa voor duurzame energie een grote rol speelt. De Eemsdelta is hiervoor bij uitstek geschikt gezien de aanwezigheid van grote spelers in de energiemarkt, de faciliteiten en beschikbare ruimte in de Groninger zeehavens en de nabijheid van het Duitse achterland. Hieraan wordt door de provincie Groningen invulling gegeven met het project "Costa Due" (een Energy Valley project). Het uitgangspunt van Costa Due is het omzetten van biomassa in waardevolle producten als groene stroom, transportbrandstoffen en nieuwe gassen. Dit project biedt ook een unieke kans om met de aangrenzende regio in Nedersachsen kennis en ervaring uit te wisselen en gezamenlijk grootschalige projecten op te zetten.

Met de kennis in de Nederlandse landbouwsector en -instituten, gevoegd bij de kennis uit de sterke Nederlandse chemie- en energiesector, ligt op het gebied van biomassaverwerking een goede kans om Nederland in de toekomst een sterke positie met haar natuurlijke havens te laten behouden. De kennis die in de proeftuin van de Nederlandse landbouw wordt opgebouwd kan door Nederland regieland in het buitenland verder worden geëxploiteerd.

10.3 Kansen door aardgas

Nederland gasland

Nederland heeft grote mogelijkheden als gasland. De inzet van gas in de energievoorziening kan een transformatie van de energievoorziening van fossiel naar duurzaam behoorlijk vergemakkelijken. De mogelijkheden om in Nederland CO₂ op te slaan in diverse ondergrondse gas- en oliereservoirs zijn bovendien groot. De route van "schoon fossiel" is daarmee een zeer reële optie. Door de inzet van groen gas (biogas en waterstof), kan de gassector verder verduurzamen.¹⁰⁷

Ontwikkeling gashub

De huidige flexibiliteit van het Groningenveld kan de basis zijn voor een ontwikkeling van Nederland tot belangrijke 'hub'. Het Groningengasveld kan namelijk op Europese schaal ingezet worden om fluctuaties in de gasvraag op te vangen. Dit wordt steeds belangrijker, aangezien bijvoorbeeld de gasstromen vanuit Rusland een constante aanvoer van gas verzorgen, maar de vraag naar gas wisselt.

Op den duur raakt het Groningenveld echter onherroepelijk leeg. Nederland heeft gelukkig talrijke lege gasvelden die zijn om te bouwen tot bergingen. De Nederlandse overheid moet de afnemende flexibiliteit van het Groningenveld compenseren door nu al te werken aan nieuwe gasbergingen. Economisch nut en leveringszekerheid gaan hier hand in hand.

Producten en kennis over gas exporteren

Voor Nederland als aardgasland liggen er bij uitstek kansen om op wereldschaal iets te betekenen. Energie-efficiënte oplossingen en energiezuinige technologieën die in Nederland zijn ontwikkeld, kunnen immers worden geëxporteerd.

Biogas en waterstof

Door een infrastructuur op te bouwen die in eerste instantie gericht is op de inzet van aardgas, valt er tegelijkertijd een pad te leggen voor duurzame toepassingen. Met dezelfde infrastructuur is het mogelijk biogas of 'groen aardgas' te gaan inzetten. Daarnaast is het mogelijk via de aardgasinfrastructuur de ontwikkeling en het gebruik van waterstof ten behoeve van het vervoer te stimuleren. Door nu op de hoofdwegen een infrastructuur van aardgasvulstations te creëren, is later op een relatief eenvoudige manier over te schakelen op de productie en levering van waterstof.

¹⁰⁷ Economische Zaken wil groen gas voorlopig alleen nog stimuleren als het wordt ingezet in de elektriciteitssector. Op 18 april 2005 schrijft de minister: "Het feit dat het potentieel van groen gas, te weten bijmenging in het gasnet, nog vrij gering is, maakt het onwenselijk om een aparte subsidieregeling voor groen gas in het leven te roepen."



Foto: staatssecretaris Van Geel laat zich voorlichten over de aardgasmotor, of NoNox-motor

Aardgas en biogas voor stedelijk vervoer

De transportsector is verantwoordelijk voor 20% van het Nederlandse energiegebruik en levert een navenante bijdrage aan de CO₂-uitstoot. De transportsector is daarnaast een voorname bron van onder andere NO_x en veroorzaakt forse geluidsoverlast. Verwacht wordt dat binnen enkele decennia voertuigen op schone en stille brandstofcellen en waterstof zullen rijden. Nu reeds is aardgas (of biogas) met een conventionele motor een zeer schoon alternatief. Bovendien vergemakkelijkt een aardgasinfrastructuur de overgang naar waterstof. De commissie meent dat een dichtbevolkt land als Nederland het zich niet kan en mag veroorloven zich neer te leggen bij een vervuilende transportsector als er alternatieven voor het grijpen zijn. De commissie wil dat Nederland een **Deltaplan Schoon Transport** gaat uitvoeren. Dit Deltaplan behelst ondermeer:

- Voor 2010 dienen in het land een aantal proefprojecten te worden opgestart met waterstof als energiedrager en brandstofcellen als krachtbron;

- Er dienen voorbereidingen te worden getroffen zodat deze technologie grootschalig nog voor 2015 kan worden geïntroduceerd, bijvoorbeeld in de regio Rotterdam waar de milieuproblemen het grootst zijn en waar waterstof nu al op grote schaal beschikbaar is;
- Per direct dienen aardgas en biogas geïntroduceerd te worden als brandstof voor de transportsector, met name in het stedelijk vervoer.¹⁰⁸

108 Aardgas wordt reeds nu in vele landen in de wereld gebruikt voor transport. Aardgas als brandstof is niet duurder dan benzine of diesel. In Nederland ontbreekt het evenwel aan een tankinfrastructuur. Deze horde moet worden genomen via gericht langetermijnbeleid, opdat investeerders voldoende zekerheid krijgen. Er is daarnaast geen bijzondere fiscale stimulering nodig. Gelijkschakeling met diesel en benzine, met een beperkte incentive omdat aardgas net als LPG een grote extra tank vereist, is voldoende. Wellicht zijn in de beginsituatie tijdelijk extra maatregelen nodig.

LITERATUUR

AER, 2004, Energietransitie: klimaat voor nieuwe kansen, AER/VROM-raad, december 2004.

Bollen J. et al, 2004, "Four Futures for Energy Markets and Climate Change", CPB, 's Gravenhage, 2004.

Boonekamp P.G.M. et al, 2003, Sectorale CO₂-emissies tot 2010, ECN, Petten, 2003.

Bruggink J.J.C., 2004, Energiescenario's in relatie tot transitiebeleid, ECN, Petten, 2004.

Bruntland G., 1987, Our common future: The World Commission on Environment and Development, Oxford, Oxford University Press, 1987.

De Beer G.J., Blok K., 2003, Energietransitie en opties voor energie-efficiencyverbetering, Ecofys, Utrecht, december 2003.

DFID, 2002, Energy for the poor, Underpinning the Millennium Development Goals, Department for International Development, Londen/Glasgow, augustus 2002.

EC, 2000, Green Paper - Towards a European strategy for the security of energy supply, European Commission, COM(2000) 769 final.

Holland Solar, 2005, Transitiepad Zonnestroom, de roadmap van Holland Solar, Holland Solar, Utrecht, 2005.

Houghton J.T. et al, 2001, Climate change: the scientific basis, IPCC, Cambridge University Press, Cambridge, 2001.

IEA, 2003, Energy to 2050: scenarios for a sustainable future, IEA/OESO, Parijs, 2003.

IEA, 2004, World Energy Outlook 2004, IEA/OESO, Parijs, 2004.

IEA, 2004a, Energy policies of IEA countries: Netherlands 2004 review, IEA/OESO, Parijs, 2004.

International Climate Change Taskforce, 2005, Meeting the climate challenge, januari 2005.

Kampman B.E. et al, 2003, Stoken of tanken, CE, Delft, 2003.

MacLean, Lave, 2003, Evaluating automobile/propulsion system technologies, Progress in Energy and Combustion Science 29, pp 1-69, 2003.

Meehl G.A. et al, 2005, How much more global warming and sea level rise, Science 307, pp 1769-1772, 18 maart 2005.

Menkveld M., 2004, Energietechnologieën in relatie tot transitiebeleid, ECN, Petten, 2004.

MinEZ, 2003, beleidsnotitie Schoon Fossiel, september 2003.

MinVROM, 2001, Een wereld en een wil. Werken aan duurzaamheid (Nationaal milieubeleidsplan 4), Ministerie van VROM, Den Haag, juni 2001.

Nakicenovic N. et al., 2000, Special Report on Emission Scenarios, IPCC, Genève, 2000.

NOVEM, biofuels in the Dutch market, a fact-finding study, report 2GAVE-03.12, Utrecht, november 2003.

OESO, 2004, Emissions trading and its possible impacts on investment decisions in the power sector, information paper, IEA/OESO, Parijs, 2004.

Pew center, 2005, The European Union Emissions Trading Scheme (EU-ETS), insight and oppertunities, februari 2005.

RIVM, 2002, On health risks of ambient PM in the Netherlands, RIVM report 650010032, Netherlands Aerosol Programme, Bilthoven, oktober 2002.

RIVM, 2004, Kwaliteit en toekomst: verkenning van duurzaamheid, Bilthoven, 2004.

RIVM, 2005, MilieuBalans 2004, RIVM, Bilthoven, 2005.

Rooijers F.J. et al, Klimaatverandering klimaatbeleid, inzicht in keuzes voor de Tweede Kamer, CE/KNMI/WUR, september 2004.

Rotmans J., 2003, Transitie management: sleutel voor een duurzame samenleving, Van Gorcum, Assen, 2003.

Slingerland S. et al, 2004, Het nucleaire landschap, Rathenau instituut, Den Haag, 2004.

Stainforth et al, 2005, "Uncertainty in prediction of the climate response to rising levels of greenhouse gases", Nature 433, pp 403-406, 2005.

Stuij et al., Schoon fossiel in Nederland, EZ-projectgroep Schoon Fossiel, Sittard, april 2003.

TNO, 2003, Evaluation of the environmental impact of modern passenger cars on petrol, diesel, automotive LPG and CNG, TNO report 03.OR.VM.055.1/PHE, Delft, december 2003.

Van de Pas, Van Alphen, 2004, Prognose Duurzame Energie in 2010, Projectbureau Duurzame Energie, Arnhem, september 2004.

Van den Brink R.M.M., 2003, Scenario's voor duurzame energie in verkeer en vervoer, RIVM, Bilthoven, 2003.

WBGU, 1995, "Scenario for the Derivation of Global CO₂ Reduction Targets and Implementation Strategies. Statement on the Occasion of the First Conference of the Parties to the Framework Convention on Climate Change in Berlin", WBGU, Bremerhaven, 1995.

WBGU, 2003, Climate Protection Strategies for the 21st Century: Kyoto and beyond, WBGU, Bremerhaven, 2003.

Wigley T.M.L., 2005, The climate change commitment, Science 307, pp 1766-1769, 18 maart 2005.

APPENDIX 1 BIOMASSA: DE ONTWIKKELING VAN DE "BIOBASED ECONOMY"

Het bouwen op de sterktes van Nederland: de landbouw, de chemie en de logistiek
Auteur: Prof. Sanders, Wageningen Universiteit en Research Centrum

1. Kernboodschap

Er moet iets gebeuren om de klimaatverandering, veroorzaakt door de stijging van de concentratie broeikasgassen in de atmosfeer, te temperen en om ons welvaartsniveau te behouden. Aardolie en andere fossiele grondstoffen zullen in de toekomst een kleinere rol gaan spelen in de Nederlandse economie. Aan deze verschuiving ligt een aantal factoren ten grondslag. Op dit moment wordt wereldwijd verreweg de meeste energie voor industrie, transport, elektriciteit en huishoudelijk gebruik opgewekt uit fossiele brandstoffen als aardolie, aardgas en steenkool. De daarmee gepaard gaande uitstoot van kooldioxide dreigt in de zeer nabije toekomst voor grote klimaatproblemen te gaan zorgen. Alleen een verregaande reductie van deze uitstoot, zoals afgesproken in het Kyoto-protocol, kan opwarming van de aarde voorkomen. In het Kyoto-protocol is vastgelegd dat Nederland in 2012 een kooldioxide-uitstoot realiseert die 6% lager ligt dan het niveau van 1990. Gelet op de economische groei die we per 2012 hebben verwezenlijkt zal een reductie van circa 30% nodig zijn. Zonder een vermindering van het gebruik van aardolie op korte termijn is dit niet haalbaar. Maar alternatieve bronnen van energie zijn nog kostbaar ten opzichte van fossiele bronnen. Biomassa¹⁰⁹ (materialen van plantaardige afkomst), zoals hout, wordt in kolencentrales al meegestookt in Nederland. De besparing van CO₂ kost op deze manier ca. 30 € per ton CO₂ en kan alleen dankzij een subsidie van de overheid mogelijk worden gemaakt.

Wanneer je bepaalde biomassa zoals landbouwgewassen maar ook reststromen uit de agro-food industrie weet op te splitsen in verschillende componenten en deze gebruikt voor hoogwaardige toepassingen als grondstoffen voor chemicaliën en transportbrandstoffen, dan kan een kostendekkende oplossing gevonden worden. Bij deze optie kan Nederland beter aan de Kyoto-eisen voldoen om CO₂-uitstoot te beperken en wordt tegelijkertijd een impuls gegeven aan de sectoren landbouw, chemie en logistiek. Daarbij

¹⁰⁹ De definitie van biomassa is: Biomassa is organisch materiaal dat voor niet voedseloeleinden wordt ingezet, met name als vervanging van fossiele grondstoffen. Het is een grondstof voor productie van warmte, elektriciteit, transportbrandstoffen, chemicaliën en producten. Op deze wijze speelt biomassa een belangrijke rol bij mitigatie van klimaatverandering, diversificatie van grondstofbronnen, en kan het bijdragen aan de oplossing van een aantal milieuproblemen.

wordt gebruik gemaakt van de sterktes die deze sectoren nu al in Nederland hebben.

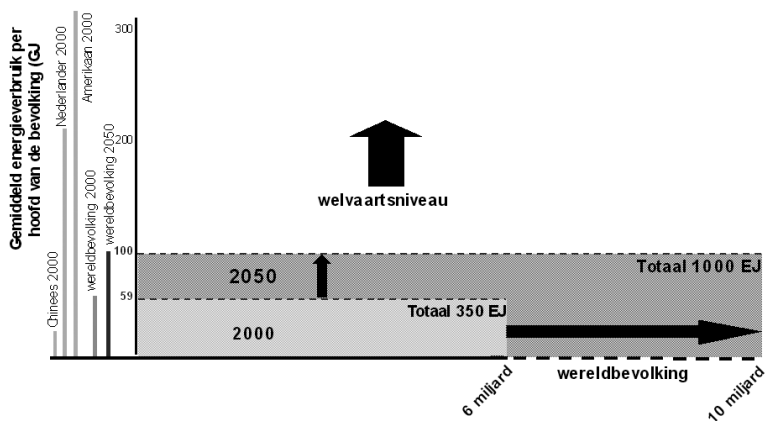
Urgentie

Behalve de noodzaak tot snel handelen die wordt gedicteerd door de klimaatafspraken, wordt deze urgentie veroorzaakt door het wegtrekken van de traditioneel sterke sectoren in Nederland zoals de chemie en de landbouw waardoor veel arbeidsplaatsen verloren zullen gaan. Het Havenbedrijf Rotterdam ziet het aantal bedrijven dat in het havengebied wil investeren teruglopen. Grote engineeringfirma's zoals Aker Kvaerner en Fluor Daniels zien hun opdrachten voor het bouwen van petrochemische fabrieken in Europa afnemen, terwijl deze activiteit in het Midden Oosten en Azië juist aantrekt. Dit komt deels doordat de vraag naar producten in het Verre Oosten toeneemt, maar ook omdat de industrie, die afhankelijk is van energiegrondstoffen, zal worden aangetrokken door landen waar deze grondstoffen en de productiekosten goedkoper zijn. De landbouwgrond in Nederland is relatief duur waardoor ondanks de hogere teeltopbrengsten per hectare, de concurrentie met bijvoorbeeld Oost-Europese landen moeilijker wordt.

Een nadere uitwerking van de ontwikkelingen in de wereld

Toename van de behoefte aan grondstoffen

De wereldbevolking gebruikte in het jaar 2000 350 EJ (zie figuur 1), waarbij er per wereldburger 59 GJ aan energie werd gebruikt. De verwachting is dat, door toenemende welvaart, dezelfde gemiddelde burger in 2050 100 GJ gebruikt (verticale as). Wanneer men in aanmerking neemt dat in dezelfde periode de wereldbevolking van zes miljard naar tien miljard stijgt (horizontale as) betekent dit dat het totale energiegebruik in 2050 driemaal hoger is dan in het jaar 2000 en uitkomt op 1000 EJ. Vervanging van aardolie door klimaatneutrale energiebronnen is noodzakelijk om aan deze behoefte te voldoen en tegelijkertijd de eisen van het Kyoto-protocol te behalen.



Figuur 1 Toename van het wereldenergiegebruik. De oppervlakte met de lichte kleur geeft het energiegebruik anno 2000 aan en het donkere oppervlak het verwachte wereldwijde gebruik in het jaar 2050.

Leveringszekerheid

De stabiliteit van veel olie- en aardgasproducerende regio's vormt een bedreiging voor de leveringszekerheid. Westerse economieën zijn daarom op zoek naar alternatieven voor aardolie.

Olie en energie worden duurder, daardoor wordt de positie van de bulkchemie en metaal ondergraven

De nog steeds stijgende vraag naar aardolie en aardgas, gecombineerd met beperkt winnings- en transportcapaciteit en het feit dat bekende voorraden niet meer toenemen, resulteert in steeds hogere prijzen. Voor een aantal industrieën wordt het daardoor aantrekkelijk over te stappen op andere grondstofbronnen. Componenten uit biomassa kunnen een goed alternatief zijn voor olie als grondstof voor (bulk)chemicaliënproducten zoals plastics, polymeren, nylon enzovoorts. Na isolatie van deze componenten uit de ruwe biomassa zijn minder bewerkingstappen en minder hulpstoffen nodig, waardoor kosten kunnen worden bespaard.

Solidariteit met derde wereld en rust in de wereld

Biomassa kan in een groot aantal landen worden geproduceerd. Ontsluiting van deze alternatieve grondstof zal bijdragen aan de noodzakelijke rust in de wereld en kan eveneens bijdragen aan regionale ontwikkeling waarin ook evenwicht met de natuur behouden blijft. Het behoud van biodiversiteit is een belangrijk voorwaarde voor duurzaam biomassagebruik. Met de nieuwe toepassingen van biomassa kan op de sterktes van veel ontwikkelingslanden naast CO₂-reductie ook een verbetering van hun economische basis worden opgebouwd.

Naast deze 'vraagfactoren' zijn er ook 'aanbodfactoren' zoals kennis en nieuwe technologie die bij kunnen dragen aan het opbouwen/uitbouwen van nieuwe competitieve sterktes van Nederland.

Behoud welvaart en arbeidsplaatsen in Nederland: landbouw, chemie, Rotterdam

De Nederlandse economie telt een aantal sterke sectoren zoals de chemie, de logistiek en de landbouw. Gezamenlijk kunnen zij inspelen op de nieuwe vragen uit de maatschappij. De landbouw kan inspelen op de kansen in de non-food toepassingen nu de voedselzelfvoorzienendheid in Europa bereikt is. De kosten van de landbouwgrond zijn hoog in Nederland, maar daar staat tegenover dat er veel kennis en kwaliteit is opgebouwd in de landbouw. Bij de introductie van nieuwe producten voortkomend uit de landbouw kan de boer gebruik maken van de nieuwe technologische ontwikkelingen om, middels voorwaartse integratie (voorbewerking van de landbouwproducten in zijn bedrijf), zijn inkomsten te verhogen, waardoor in Nederland de hoge grondprijzen gecompenseerd kunnen worden.

Onder omstandigheden dat de fossiele grondstoffen voor de bulkchemie elders in de wereld duidelijk goedkoper verkregen kunnen worden, zal de bulkchemische industrie naar elders verhuizen waardoor ook Rotterdam als haven aan belang zal inboeten. In Nederland kan met de hoge kwaliteit aan kennis van de bulkchemie, de landbouw en de logistiek en de reeds bestaande activiteiten op deze gebieden een nieuwe grondstoffenpositie opgebouwd worden waardoor deze belangrijke economische sectoren hun positie kunnen behouden of verder kunnen uitbreiden. Het agro-food complex in Nederland kent nu 660.000 arbeidsplaatsen en een omzet van ruim 40 miljard euro, waarvan respectievelijk 400.000 en 23 miljard behaald wordt op grondstoffen van Nederlandse bodem. Nederland is op twee na de grootste exporteur van agrarische producten van de wereld. De bulkchemie kent met 80.000 arbeidsplaatsen een omzet van 20 miljard euro waarvan ongeveer 90% wordt uitgevoerd.

Het besef dat er flink wat moet veranderen houdt in dat, als er geen keuzes gemaakt worden, we als Nederland zowel een aantal grote boten alsmede een groot aantal boten zullen gaan missen. Nederland heeft waarschijnlijk meer te verliezen door de veranderende positie van aardolie dan veel van hem omringende landen.

2. Biomassa biedt een grote verscheidenheid aan kansen

Biomassa; vervanger bij uitstek voor Nederland!

Nog geen eeuw geleden was onze economie, voor wat betreft materialen en brandstoffen, voor het grootste deel gebaseerd op biomassagrondstoffen. In de afgelopen eeuw hebben eerst kolen en daarna ook aardolie en aardgas hun positie ten opzichte van biomassa tot ongeveer het tienvoudige volume weten uit te breiden. De in de toekomst schaarse/duurdere oliestroom kan voor een groot deel weer worden vervangen door biomassa. De drie functies van aardolie, te weten bron van (kunststof)materialen, transportbrandstoffen en energie, kunnen ook door biomassa worden vervuld. Daarbij moet in aanmerking worden genomen dat wind-, zonne- en waterkrachtenergie voorlopig alleen voor elektriciteitsopwekking mogelijk is. Bij deze alternatieve vormen geldt bovendien dat er nog geen goede bewaarmethoden voorhanden zijn.

Biomassa kan in een deel van deze driedelige behoefte voorzien. Volgens verschillende scenariostudies, waaronder een van Shell, kan biomassa in zo'n 15% van de wereldwijde energiebehoefte in 2050 voorzien. Wanneer we de hieronder genoemde mogelijkheden van benutting van cellulosehoudende grondstoffen voor met name transportbrandstoffen en de toepassing van biomassa in de chemie optellen, komen we mogelijk zelfs op grotere bijdragen in 2050. Dit is een hoeveelheid die ongeveer de helft van het *huidige* wereldgebruik bedraagt, ofwel ruim vijftig maal de *huidige* Nederlandse energievraag. Het zal duidelijk zijn dat daarnaast andere energiebronnen nodig zijn; in dit artikel beperken we ons tot biomassa.

Voor Nederland geldt dat we op termijn de 15-20% inzet van biomassa die wereldwijd mogelijk geacht wordt in het Shell scenario ook zeker kunnen bereiken. Nederland kan op biomassa gebied zijn partij meespelen indien we de biomassa op een verstandige manier inzetten. Hiervoor moet natuurlijk nog veel worden ontwikkeld maar een begin is er gemaakt.

De transitie naar nieuwe energiegrondstoffen is in beweging gekomen met kapitaals-intensieve technologieën

Om biomassa grootschalig om te zetten in transportbrandstoffen en chemicaliën worden er voor verschillende biomassastromen verschillende omzettingmethoden ontwikkeld. ECN verwacht dat met het meestoken en bijstoken van verschillende vormen van biomassa in het jaar 2010 totaal zo'n 90 PJ met biomassa op onze CO₂-uitstoot bespaard kan blijven. In het jaar 2010 is de doelstelling 180 PJ, dus zo'n 6% van ons huidige energiegebruik. Bij vergassing wordt biomassa omgezet in koolmonoxide en waterstof

die net als aardgas kunnen worden gebruikt voor elektriciteitsproductie of via de syngas-route (Fischer Tropsch proces) in biobrandstoffen en chemicaliën kan worden omgezet. Biomassa voor elektriciteitsproductie wordt in Nederland al toegepast, met name in kolencentrales en in AVI's. De door ECN geschatte omvang van deze deelmarkten voor vergassing voor Nederland staat in tabel 1.

Tabel 1 Deelmarkten voor vergassing

<i>Deelmarkt</i>	<i>Omvang in 2010 (PJ/jaar)</i>	<i>Omvang in 2020 (PJ/jaar)</i>
Bijstook in gasgestookte centrales ¹¹⁰	10	20
Decentrale installaties	5	30
Productie van brandstoffen en producten	5	50
<i>Totaal</i>	<i>20</i>	<i>100</i>

Hoewel technisch gesproken met de Fischer-Tropsch processen biomassa in biodiesel kan worden omgezet, heeft deze technologie een aantal grote nadelen die de implementatie zullen bemoeilijken. Nog afgezien van de enorme investeringen die nodig zijn voor Fischer-Tropsch fabrieken en de logistieke problematiek om voor dermate grote fabrieken uit agrarische gebieden voldoende biomassa over zee te kunnen transporteren, is deze technologie vanwege thermodynamische redenen niet de meest aantrekkelijke omdat eerst de moleculen van de biomassa worden afgebroken en daarna de brokstukken weer aan elkaar gezet moeten worden. Dit geldt in een nog sterkere mate indien de gewenste producten naast koolstof- en waterstofatomen ook stikstof en/of zuurstofatomen bevatten. Wanneer we tekorten aan aardolie willen aanvullen, dan kan daarbij de Fischer-Tropsch technologie helpen door aardgas als grondstof te kiezen. Ook in dit geval moeten kleine aardgas- moleculen aan elkaar gezet worden, maar dit is de vorm waarin we aardgas in de bodem aantreffen. We hebben dus niet eerst een grondstof met een hogere waarde omgezet in één met lagere waarde. In dit geval van aardgas bereiken we natuurlijk geen besparing op de CO₂-uitstoot. Voor het produceren van een vrij grote groep (bulk)chemicaliën geldt reeds dat de in die producten gewenste chemische structuur al voor een deel in bepaalde componenten van de biomassa aanwezig is. Deze structuren hoeven dus niet meer te worden opgebouwd met behulp van reactieve chemicaliën, zoals dat nu in de petrochemie gebeurt, waardoor op bewerkingsstappen en grondstoffen kan worden bespaard ten opzichte van de huidige technologie die op aardolie is gebaseerd.

¹¹⁰ N.B. voor meestoken in kolencentrales wordt een marktomvang van 40 PJ/jaar in 2020 verwacht.

Nederland heeft op korte en middellange termijn goede kansen met cellulose houdende reststromen

Cellulose is in de plantenwereld de meest voorkomende stof. Het is opgebouwd uit glucose-eenheden, die met hun vezelige structuur echter weinig toegankelijk zijn voor afbraak. Evenals de meeste micro-organismen kunnen ook dieren als varkens, kippen en zelfs rundvee deze cellulose niet of nauwelijks verteren. Dit maakt grondstoffen met veel cellulose goedkoop t.o.v. grondstoffen waarbij de suikers wel gemakkelijk te verteren zijn.

Verschillende agentia zijn in staat om de cellulose tot suikers om te zetten die wel door micro-organismen kunnen worden benut om uiteenlopende producten te maken middels fermentatieprocessen. Door een ontwikkeling aan Nederlandse universiteiten en kennisinstituten kunnen de vrijkomende suikers nu ook omgezet worden in bio-ethanol dat als motorbrandstof kan dienen. Het Nederlandse bedrijfsleven (Nedalco) zou hierdoor op bio-ethanol een sterke positie in Europa kunnen opbouwen vanwege deze technologische ontwikkeling, maar juist ook vanwege de beschikbaarheid van agro-reststromen die rijk zijn aan deze weerbarstige cellulose.

Productie van bouwstenen voor de petrochemie voor de lange termijn

De chemische industrie (exclusief de energie-intensieve metaalindustrie) is verantwoordelijk voor ongeveer 20% van de Nederlandse energierekening. Een groot deel van deze energie wordt gestoken in het kraken van ruwe aardolie tot kleinere bouwstenen en in de daaropvolgende stappen, waarin de bouwstenen omgevormd worden tot bruikbare chemische stoffen.

In verschillende toekomstscenario's (Transitie Biomassa van EZ, 2004; Vision 2020 uit de VS en het Europese Industrial Biotechnology in Europe; Plants of the Future) wordt er vanuit gegaan dat in 2030 ongeveer 30% van de petrochemische grondstoffen vervangen kan zijn door biomassa-grondstoffen.

Naar eigen schatting is voor circa een kwart van het wereldvolume van bulkchemicaliën biomassa een aantrekkelijk alternatief voor aardolie. Deze groep van chemicaliën is verantwoordelijk voor al gauw 10% van het energiegebruik. Biomassa biedt dit besparingspotentieel omdat planten componenten kunnen leveren die uit aardolie via petrochemische weg eerst een aantal bewerkingsstappen met chemicaliën als chloor en ammoniak moeten ondergaan. Hierbij gaat een groot deel van de energie, die nodig was ook deze laatstgenoemde stoffen te produceren, verloren. Bij toepassing van de juiste biomassa componenten zijn deze bewerkingsstappen echter veel minder of in het geheel niet meer nodig.

Het zal duidelijk zijn dat bij aanwending van deze plantencomponenten als bouwsteen voor de chemische industrie ongeveer vier maal minder CO₂ uitgestoten wordt per ton toegepaste biomassa dan wanneer diezelfde ton biomassa voor de productie van elektriciteit zou zijn ingezet. (Zie de uitleg in tekstbox 1). In petrochemische processen wordt vaak onder hoge temperatuur en hoge druk veel warmte getransporteerd. Een groot deel van de investeringskosten in huidige petrochemische processen wordt geïnvesteerd in warmtewisselaars, die grotendeels overbodig zullen worden bij gebruik van de juiste biomassagrondstoffen. Omdat voor transportbrandstoffen en het opwekken van elektriciteit deze voordelen afwezig zijn, ligt het voor de hand een zo groot mogelijk deel van de biomassa als bouwsteen voor de bulkchemie te benutten. Met toepassing van biomassa voor bulkchemicaliën ligt er dus een grote potentie tot besparing en daarmee economische kansen waarbij een relatief grote CO₂-uitstoot vermeden kan worden.

Tekstbox 1: productie van smeermiddelen, rubber en nylon

Diamines zijn veelgebruikte chemische bouwstenen voor polymeren zoals smeermiddelen, rubber en nylon. De productie van ethaandiamine kost in energietermen uitgedrukt totaal circa 80 GJ per ton. Hiervoor zou zo'n 2 ton aardolie (of equivalenten) moeten worden ingezet. Uitgaande van de bouwsteen etheen moet eerst het milieugevaarlijke chloor wordt toegevoegd. De productie van chloor uit keukenzout kost ca. 30 GJ/ton product. In de laatste reactie stap naar ethaandiamine wordt de chloor weer vervangen door ammoniak. De productie van ammoniak kost ook nog eens 30 GJ per ton. Inclusief de grondstof etheen hebben we volgens deze syntheseroute circa 80 GJ fossiele energie per ton eindproduct benut. Dezelfde stof, ethaandiamine, kan ook uit plantaardige grondstoffen gewonnen worden. In plaats van synthetiseren uit aardoliecomponenten bestaat het winningproces bij plantaardig materiaal uit het scheiden van de plantencomponenten. Dit kost veel minder energie. De productie van het van oorsprong plantaardige ethanolamine kost slechts 25 GJ per ton (hernieuwbare grondstof), de plantaardige ethanolamine kan met de helft aan ammoniak worden omgezet in het ethaandiamine. We hebben nu een product in handen dat chemisch identiek is aan de stof die uit aardolie voortkomt. Er is echter ca. 3-4 maal minder energie aan te pas gekomen. We staan aan het begin van deze ontwikkeling waar nog veel kennis moet worden opgebouwd. Op dit ogenblik zien we aanzienlijke ontwikkelingen op het gebied van plastics uit biomassa. Hierbij worden plastics op basis van olie vervangen. Bijvoorbeeld, polymelkzuur wordt sinds kort toegepast voor de behuizing van elektronische apparatuur en een deel van de grondstof voor de PET-flessen kan worden vervangen door producten (met vrijwel dezelfde eigenschappen) die uit

maïsgrondstoffen zijn gemaakt. Een fabriek voor dit product zal in de loop van 2005 in de Verenigde Staten opstarten.

Dus wanneer we een ton biomassa slim inzetten voor de productie van bulkchemicaliën kunnen we 3-4 maal meer energie besparen dan dat we diezelfde ton hadden ingezet voor elektriciteit productie via meestoken in een centrale.

Technologische doorbraken

Investeringskosten in fabrieken en grondstofkosten zullen beduidend lager kunnen zijn (tegen de tijd dat vervangingsinvesteringen of nieuwbouw nodig is) indien de bouwstenen vanuit de plant kant en klaar worden aangeleverd. Dit zal echter zelden het geval zijn. Toch zullen juist nieuwe technologieën, zoals genetische modificatie van planten, de gerichte productie van zo toegesneden mogelijke intermediairen kunnen bewerkstellingen. Daarnaast wordt ook vanuit de ontwikkelingen, die met industriële of witte biotechnologie worden aangeduid, grote kansen verwacht om geschikte grondstoffen uit planten, zoals suiker, maar ook aminozuren, tot de gewenste 'petrochemische' bouwstenen om te zetten. De industriële biotechnologie gebruikt hiertoe fermentoren die bij lagere temperaturen worden ingezet, waardoor investeringen ten opzichte van de eerder genoemde processen kunnen worden beperkt. Daarnaast zal een forse inspanning nodig zijn op het gebied van scheidingstechnologie om de producten uit de ruwe of bewerkte biomassa te isoleren en te concentreren. De scheidingstechnologie die in de petrochemie is ontwikkeld zal juist op nieuwe waterige omstandigheden moeten worden aangepast.

3. Aanbod van biomassa in de wereld en problematiek rond voeding en biodiversiteit

Voldoende biomassa voorhanden

Verschillende studies hebben uitgewezen dat er in de wereld voldoende biomassa aanwezig is, of kan komen, om de biomassa-behoefte volgens het Shell scenario van 15% in een wereldwijde Bio-Based Economy te voorzien. Van de biomassa die op dit ogenblik elk jaar aangroeit, zou 6-10% voldoende zijn voor de hierboven genoemde ambitie. Dit is een aanzienlijke hoeveelheid van de biomassa, vooral wanneer we bedenken dat er ook veel biomassa voor voedsel nodig zal zijn in 2050. Niet alle biomassa zal op bereikbare plaatsen staan waar het geoogst kan worden, of waar het gewenst zal zijn te oogsten, bijvoorbeeld vanwege verlies aan biodiversiteit. Aan de andere kant moeten we bedenken dat er juist bij de productie van voedsel landbouwresiduen vrijkomen die toegepast kunnen worden voor biomassa. Op dit ogen-

blik wordt deze categorie landbouwresiduen geschat op zo'n 3% van de totale groei van biomassa op aarde. (Shell; L. Petrus). In deze schatting zijn groene bladeren niet meegerekend; deze bevatten doorgaans nog veel bruikbare en waardevolle componenten. Verder zullen we meer landbouwgrond in gebruik moeten nemen om meer voedsel te produceren. Gezien de te verwachten bevolkingsgroei is een verdubbeling van de voedselproductie geen extreme schatting, waardoor de genoemde stroom aan landbouwresiduen al op de aangegeven 6% van de jaarlijkse aangroei van biomassa komt, overeenkomend met 15% van de wereldenergievraag in het jaar 2050.

Voor de benutting van deze doorgaans diffuus beschikbare grondstoffen zullen nieuwe technologieën ontwikkeld moeten worden om grote transportkosten te vermijden. De voedingsmiddelenindustrie in Nederland kent een verscheidenheid aan restproducten die goedkoop en reeds in verzamelde vorm en geconcentreerd beschikbaar komen. Deze stromen worden vaak met lage efficiëntie gebruikt, veelal in het diervoedersegment. Dit is acceptabel vanwege de lage kosten waarmee deze grondstoffen als restproduct van de voedingsmiddelenindustrie beschikbaar zijn. Wanneer we tevens bij de teelt van runderen en varkens de verliezen aan grondstoffen, zoals deze onder meer in de mest terecht komen, zouden aanwenden als biomassa-grondstof, dan kunnen we ruimschoots voldoen aan de gestelde behoefte aan biomassa. Toch blijft het wenselijk om daar, waar ruimte en kennis voorhanden is, specifieke gewassen te verbouwen waardoor de besparing van fossiele grondstoffen uitgedrukt in oppervlakte gebruikte landbouwgrond nog verder kan worden geoptimaliseerd. Dit kan middels houtteelt (zie tekstbox 2) maar ook middels teelt van specifiek (ontwikkelde) gewassen die de tussenproducten voor bulkchemicaliën aanleveren en tegelijkertijd goedkope (grondstoffen voor) transportbrandstoffen als bio-ethanol of biodiesel.

Tekstbox 2: Houtproductie in Europa

Het Europese bos, exclusief Rusland, omvat zo'n 175 miljoen ha. De bijgroei bedraagt 750 miljoen m³ stamhout, waarvan net iets meer dan de helft wordt geoogst. Het resterende deel (als je al het stamhout kunt oogsten) komt overeen met zo'n 2340 PJ = 2.3 EJ (300 miljoen m³ x 7.8 GJ).

De uitdaging is om deze hoeveelheid biomassa op een sociaal, ecologisch en economisch verantwoorde wijze beschikbaar te krijgen. Zo is het belangrijk dat het gebruik niet ten koste gaat van de biodiversiteit en dat het niet in concurrentie met de voedselvoorziening zal plaatsvinden. Mits juist ingezet kan deze nieuwe vorm van benutten van biomassa ook in ontwikkelingslanden bijdragen aan het opbouwen van een economie vanuit de sterktes die in deze landen aanwezig zijn: de landbouw. Er zal zich een sterkere structuur kunnen ontwikkelen op het platteland en de groei van de grote steden zal kunnen worden afgeremd. Extra inkomsten voor de boer vanuit non food-toepassingen levert meer zekerheid en kan leiden tot lagere kosten voor voeding. Ook de armere landbouwgronden kunnen worden bebouwd door gewassen die minder voor voeding maar wel voor non-foodgewassen geschikt zijn.

Ten aanzien van beschikbare houtige biomassa geven de media ons vaak het beeld van ontbossing en degradatie. Dit is slechts ten dele waar. Lokaal in de tropen is er inderdaad sprake van overexploitatie door een combinatie van redenen. Echter, op het noordelijk halfrond is op grote schaal sprake van een bijgroei in bos die ongeveer twee maal zo groot is als de huidige oogst. Dit geldt ook voor Nederland en Europa. De economische positie van de Europese boseigenaar is vrij slecht. Dit komt door een sterk versnipperd bosbezit, maar ook door de zeer lage houtprijzen die door de markt worden betaald.

De meer optimale benutting van biomassa uit het bestaande bos zoals hier voorgesteld kan deze positie verbeteren. Dit, in combinatie met optimaal ketenbeheer, kan zorgdragen voor het tegelijkertijd beter benutten van grondstoffen en behoud van de biodiversiteit in bos.

Op dit ogenblik zijn dus al verschillende technologieën en grondstoffen beschikbaar waarmee we onze leercurve op kunnen gaan. Voor het opzetten van de nog efficiëntere toepassingen van biomassa die zelfs teelt in Nederland mogelijk maken zullen we pas na een lange onderzoeksfase kunnen beschikken.

Gaat biomassagebruik ten koste van de voedselvoorziening en biodiversiteit?

Een aanzienlijk deel van de biomassa die nodig is voor de biobased economy kan in synergie met bestaande voedselproductie worden geproduceerd. Hierbij moet gedacht worden aan de grote hoeveelheden bijproducten uit de agro-kolom. De resterende biomassa zal uit specifieke teelt moeten komen; hierbij kan bij schaarste aan grond biomassaproductie ten koste gaan van de voedselvoorziening. Vaak zien we bij schaarse grond, zoals in Nederland, dat de teeltopbrengsten worden geoptimaliseerd en dat de residuen in principe beschikbaar komen ter benutting voor non-food doeleinden. Waar geen grondschaarste bestaat is er in principe ruimte om ook specifieke non-food gewassen te gaan verbouwen. We zien dit nu in Europa met de productie van biodiesel op braakgronden. In Nederland zal biodiesel niet zonder blijvende financiële steun van de grond komen, omdat de energieopbrengst per hectare te bescheiden is. In ontwikkelingslanden zou de teelt van non-food gewassen een extra bron van inkomsten kunnen betekenen. Ook kan met non-food gewassen minder geschikte landbouwgronden in de loop der tijd voor hoogwaardige teelt geschikt gemaakt worden.

Zoals met bijna alles geldt hier ook dat door (politieke) misstanden, gerelateerd aan persoonlijk gewin, de teelt van non-food bevorderd zou kunnen ten koste van food-gewassen. Laten we dat per geval onder ogen zien en proberen te beheersen. Laten wij niet voor de derde wereld beslissen dat zij geen biomassa voor non-foodtoepassingen mogen verbouwen en daarmee de bevolking een belangrijke kans op ontwikkeling onthouden. Internationaal toezicht zal steeds nodig zijn, bijvoorbeeld door middel van een certificeringssysteem. Een dergelijk systeem geldt ook voor het behoud van biodiversiteit en het beperken van andere misstanden zoals onnodig gebruik van gewasbeschermingsmiddelen, mineralenuitputting of -overschotten of niet beheersen van erosieproblemen.

4. Ook Nederland is een biomassa land waar juist vanuit huidige sterktes de kansen opgepakt en verzilverd kunnen worden; Biomassa is op korte en op lange termijn een reële optie voor Nederland

Per oppervlakte is Nederland koploper in het gebruik van biomassa grondstoffen!

Nederland bevindt zich in een goede positie om nu reeds in te spelen op een veranderend energiegebruik en- in samenhang hiermee- een nieuwe kennisintensieve sector op te bouwen die uitgaat van bestaande sterktes. Deze sterktes zijn de logistiek, met de haven van Rotterdam als centrum, de chemische industrie, de primaire landbouw maar zeker ook de in Nederland aanwezige voedings- en genotmiddelenindustrie, die door een afname van de veevoerafzet interesse heeft om als leverancier voor non-food toepassin-

gen op te gaan treden. Wereldwijd gezien vormt de hoeveelheid biomassa weliswaar geen enkele belemmering, maar ook voor een klein land als Nederland zijn er voldoende mogelijkheden. In tegenstelling tot wat velen vermoeden, is Nederland koploper op het gebruik van de hoeveelheid biomassa uitgedrukt per hectare. Ter vergelijking: Duitsland en Frankrijk gebruiken over circa 5 ton biomassa per hectare, de Verenigde Staten over 2,5 ton en de wereld gemiddeld over 1,5 ton. In Nederland gaat ruim 40 miljoen ton biomassa (600 PJ = 20% van ons energiegebruik), oftewel, circa 13 ton droge stof per hectare in het economisch verkeer om. Deze koppositie heeft Nederland te danken aan de grote hoeveelheden geïmporteerd diervoeder, het relatief grote areaal grasland en aan het intensieve karakter van de landbouwsector. Dit levert voor Nederland een goede uitgangspositie om een verdere sterkte uit te bouwen, maar eveneens om de reststoffen uit de landbouw en de agrofood-industrie beter te benutten zodat zowel de dieren de voeding krijgen die ze kunnen benutten, als de componenten in het huidige voer dat ze niet kunnen benutten ter beschikking komt voor non-food toepassingen (zie tekstbox 3). Wanneer we in staat zijn door middel van een breed toepasbare scheidingstechnologie voor biomassagrondstoffen, bioraffinage, de huidige, in Nederland geproduceerde en eveneens ingevoerde biomassa te kunnen splitsen in componenten, zodat deze ieder voor een zo optimaal mogelijke toepassing kunnen worden ingezet, dan verhogen we de efficiëntie en de economische waarde van deze grote stroom grondstoffen. Nederland heeft een sterke positie in grootschalige scheidingstechnologie van landbouwgrondstoffen zoals aardappelen, bieten, soja en tarwe. Deze kennis kan vanuit een sterkte verder worden uitgebouwd.

Tekstbox 3: De productie van voedsel vraagt veel energie

De productie van voedsel kost in de westerse wereld veel energie en grondstoffen. Wanneer we alle biomassa in Nederland in de voedselketen optellen bij de fossiele energie nodig om kassen te stoken, transport uit te voeren, voedingsmiddelenindustrie te laten draaien en thuis te koken, komen we op een energiewaarde die 15-20 keer hoger ligt dan de calorieën die we in onze voeding nodig hebben. Deze totale waarde komt overeen met 1/3 van ons gehele energiegebruik! Nederland ligt in een rivierdelta zoals we er veel in de wereld hebben. Het verschil is dat we in ons land zo rijk zijn dat we ons deze inefficiëntie kunnen permitteren.

Als andere delta's in de wereld uiteindelijk een welvaart krijgen van ons huidige niveau dan zouden we technologie ontwikkeld moeten hebben die met veel minder grondstof toch een goede en smakelijke voeding kan verzorgen. De rest van de biomassa komt dan ter beschikking voor non-food toepassingen.

Gebruik van residuen voor de productie van transportbrandstoffen en biogas.

De koppeling van de Nederlandse alcoholproductie aan een reststroom uit de tarweverwerkende industrie is al een voorbeeld om reststromen, afkomstig uit bioraffinage, in te zetten voor hoogwaardige non-food toepassingen. In Nederland zijn verschillende biogasinstallaties in voorbereiding. Evenals dit in bijvoorbeeld Duitsland al het geval is, maken deze gebruik van landbouwafvalstromen, waaronder mest. Bovendien worden landbouwgrondstoffen als tarwe en maïs speciaal verbouwd om als toegevoegde grondstof in deze biogasproductie te dienen. In Nederland bestaat een strikte regelgeving over welke producten gebruikt mogen worden bij de productie van biogas. Dit kan in sommige gevallen belemmerend werken.

Import: Sterke infrastructuur verder benutten

De Rotterdamse haven kan een essentiële rol te spelen in deze zogenaamde *Biobased Economy*. Ook de biomassa die wordt meegeestookt in kolencentrales wordt grotendeels via Rotterdam geïmporteerd. De importfuncties kunnen verder worden uitgebreid. Dit geldt in principe ook op termijn voor grondstoffen die gebruikt kunnen worden voor de productie van chemicaliën. Voor Rotterdam is het belangrijk voor de toekomst een beeld op te bouwen welke grondstoffen geïmporteerd moeten worden, zodat een duurzame economische positie op dit gebied wordt opgebouwd: De grondstoffen voor elektriciteit zijn volumineus en per volume hebben deze maar zeer lage waarde. Het is mogelijk de energiehoeveelheid per volume te vergroten door pellets te maken die een kleiner stortvolume kennen. Maar zelfs na deze verdichting van de energie-inhoud vertegenwoordigen ze een economische waarde van 30-40€/ton product hetgeen veel lager is dan de 200€/ton olie (40\$/vat). Kan biomassa met deze lage waarde op termijn zijn positie handhaven wanneer kade ruimte in de haven niet in overvloed aanwezig is?

Bouwen op sterktes: lange termijn 'chemische' biomassaproducten in 2030: vanuit de huidige sterke sectoren als chemie, landbouw en zeehavens bouwen we een geheel nieuwe waardeketen op

In december 2004 hebben de VROM-raad en de Energieraad een gezamenlijk advies uitgebracht ten aanzien van de energietransitie (Klimaat voor nieuwe kansen). Hierin bevelen zij aan om, na analyse van de comparatieve voordelen van Nederland, een heldere toekomstvisie te ontwikkelen. Als sterke sectoren in Nederland worden genoemd: NL-gasland, NL-aan zee (havens en offshore), NL-chemieland, NL-landbouwland, NL-kennisontwikkelingsland. Op basis van deze aanbeveling is de volgende visie ontwikkeld.

- *Behoud de bulkchemische industrie deels met beter toegesneden (biomassa) grondstoffen dan de huidige fossiele grondstoffen*

Op dit ogenblik wordt circa 10% van de aangevoerde olie in Nederland (totaal 100 miljoen ton) of in het Ruhrgebied omgezet in chemicaliën. Een groot deel van de olie wordt omgezet in verschillende transportbrandstoffen. Een deel van de petrochemische industrie zal uitwijken naar landen waar de energie en investeringen goedkoper zijn dan in Nederland. Stel dat over 10-20 jaar de kadecapaciteit van de haven, die vrijkomt vanwege het wegtrekken van de bulkchemische industrie, wordt benut voor hoogwaardige, uit biomassa afgeleide producten, die op verschillende plaatsen op de wereld worden geproduceerd. Deze producten kunnen gezien worden als directe vervangers voor huidige, uit olie gemaakte verbindingen, die op hun beurt weer gebruikt (kunnen) worden als grondstof voor vervolgreacties. Met nadruk moet hier dus worden opgemerkt dat een groot deel van de petrochemische infrastructuur - zowel de fabrieken als de kennis - ook voor deze nieuwe grondstoffen hun functie blijven behouden. Voor Rotterdam betekent zo'n transitie een specialisatie op dergelijke uit biomassa afgeleide hoogwaardige verbindingen die als grondstof voor de bulkchemie kunnen worden ingezet. Het gaat hier dan om 10-20 verschillende producten die in Rotterdam worden opgeslagen als buffer voor de industrie die deze stoffen weer verder bewerkt. Dankzij de sterkte van Rotterdam op logistiek terrein en de grootte van de activiteiten, kan er met voldoende grote buffers, zelfs voor uiteenlopende producten, economisch worden gewerkt. Ook andere havens als Antwerpen, Hamburg en Londen kunnen worden beleverd. De waarde van deze tussenproducten ligt per ton tenminste tweemaal hoger dan de huidige waarde van olie. Dergelijke tussenproducten, die bijvoorbeeld gebruikt worden voor polymeren zoals nylon, kunnen eveneens bijdragen aan veiligere en goedkopere processen, bijvoorbeeld door reductie van het gebruik van chloor- of cyaanverbindingen. Ook bij een teruglopende olie-toevoer naar Rotterdam zou een 10 miljoen ton aan tussenproducten en 30 miljoen ton aan geïmporteerde bio-ethanol als transportbrandstof, een welkome uitbreiding van hoogwaardige producten in Rotterdam betekenen. Dit is naar schatting circa 15% van het Europese volume voor dergelijke chemicaliën en gelijk aan een hoeveelheid transportbrandstof die overeenkomt met het huidige, totale Nederlandse gebruik.

- *Rotterdamse haven is groot en in de haven zijn nu ook al agrofood en chemie aanwezig*

De haven van Rotterdam, met zijn vertakkingen naar de chemische complexen in het achterland, is van een voldoende grootte om als centrale spil op te treden in de logistiek. Men kan voldoende buffer opbouwen en handelstechnisch is de haven niet afhankelijk van één leverancier of afnemer. Een buffer is nodig vanwege mogelijk tegenvallende oogsten of problemen in de lange keten die moet worden opgebouwd. Bovendien biedt het feit dat nu al verschillende agrofood bedrijven, de chemie en biomassaverwerkende industrie aanwezig is, al op middellange termijn unieke kansen tot samenwerken, welke kansen in veel andere havens niet geboden worden.

- *De Nederlandse landbouw is kwalitatief onderscheidend en groot genoeg om een significante 'proeftuin' functie op te bouwen*

De Nederlandse landbouw kan een relevante bijdrage leveren. Daarvoor hoeven we niet heel Nederland vol te zetten met bomen of energiegewassen. Wanneer we meer kennis ontwikkelen op het gebied van technologie en ketens is het mogelijk om met het bestaande akker- en weilandareaal, naast de huidige (voedings)doelstellingen, ook de kennis op te bouwen in een 'proeftuin' die altijd nog een significante hoeveelheid hoogwaardige grondstoffen aan Rotterdam kan leveren. Bovendien zullen als nevenstromen suikers vrijkomen die goed te gebruiken zijn voor de productie van bio-ethanol of andere fermentatieprocessen, waardoor ook deze sterke Europese industrietak niet naar goedkope grondstoflanden hoeft uit te wijken. De opgedane kennis kan later in het buitenland verder worden geëxploiteerd.

De toepassing van een optimale mix van alle componenten uit de plant voor de productie van chemicaliën, voor de productie van transportbrandstoffen en voor de productie van elektriciteit levert per hectare meer op dan de best renderende teelten in Nederland, zoals biet en aardappel. Om deze doelstellingen te bereiken zijn zowel genetische modificatie als mede grootschalige scheidingstechnologieën nodig om achtereenvolgens in gewassen stoffen op te hopen en deze vervolgens zonder veel kosten zuiver in handen te krijgen zijn. We gaan ervan uit dat tegen 2020 er in grote delen van de wereld geen bezwaren zijn indien de GMO-technologie voor heilzame doelen wordt ingezet.

- *Noord Nederland staat model voor landbouwgebieden in de wereld met een exporthaven*

Met de Eemshaven, grenzend aan de belangrijkste landbouwgebieden in het noorden, heeft Nederland een andere belangrijke troefkaart in handen in de rol om de tussenproducten die resulteren na de verwerking van de primaire landbouwproducten, te 'exporteren' naar Rotterdam. Op basis van deze uitgangssituatie kunnen we in Nederland de hele keten opbouwen: de kennis die nodig is aan de agrarische kant van de keten: de teelt en de verwerking tot verschillende producten en de export via een zeehaven (de Eemshaven) alsook de kennis van de import, overslag en toepassing in de chemische industrie (Rotterdam). Hierdoor krijgt Nederland op energiegrondstoffengebied net zo'n centrale functie als Aalsmeer met de sierteelt. We benutten daarbij de biomassa op een efficiënte manier en tevens benutten we de capaciteit van de havens en de ruimte van het platteland optimaal.

5. Kwantificering

Kwantificering voor Nederland

In Tabel 2a staat een overzicht (in PJ en in procenten) van de fossiele energiebesparing die we in Nederland kunnen bereiken door een kwart van het landbouwgebied in Nederland voor de productie van grondstof voor chemicaliën, transportbrandstof en elektriciteit in te zetten.

In tabel 2b staat de waarde in miljoen euro voor de drie voorbeelden. Ook staat de bruto waarde per hectare aangegeven. Er wordt dus 880 miljoen euro meerwaarde gecreëerd in het voorbeeld dat 20% van de biomassa ingezet kan worden als grondstof voor chemicaliën dan in het voorbeeld dat de biomassa 'slechts' wordt ingezet voor transportbrandstoffen en elektriciteit. We zien dat we bij deze hogere economische waarde tegelijkertijd 2% meer op fossiele grondstoffen besparen dan in het geval zonder productie van grondstoffen voor bulkchemicaliën. Ook zien we in tabel 2b dat per hectare € 3330 bruto waarde wordt gecreëerd hetgeen aanzienlijk meer marge kan opleveren aan de Nederlandse boer.

Tabel 2a: Energiebesparingpotentieel (PJ/jaar) en in procenten van het nationaal gebruik. Overzicht met producten geproduceerd op een kwart van Nederlands landbouwgebied: 250.000 ha gras en 200.000 ha akkerbouw; 22 ton/ha (whole crop yield * 450.000 ha = 10 Mton; Bewerking van de biomassa geeft 0, 10 of 20% van de droge stof als grondstoffen voor de bulkchemie. De rest is in te zetten als grondstof voor transportbrandstof en elektriciteit.

	<i>Besparing geleverd door:</i>		
	Geen grondstof voor chemicaliën	10% grondstof voor chemicaliën	20% grondstof voor chemicaliën
Grondstof voor chemicaliën (PJ)	0	50	100
Transportbrandstoffen + elektriciteit NL (PJ)	150	135	120
Totaal (PJ)	150	185	220
In procenten van het huidig nationaal gebruik (%)	5	6	7

Tabel 2b: Overzicht van de waarde van de producten in miljoen € per jaar en per hectare (Vergelijk: één hectare tarwe levert circa 1400 €/ha).

	<i>Waarde geleverd door:</i>		
	Geen grondstof voor chemicaliën	10% grondstof voor chemicaliën	20% grondstof voor chemicaliën
Grondstof voor chemicaliën (M€/jaar)	0	500	1000
Elektriciteit (M€/jaar)	225	200	180
Transportbrandstof (M€/jaar)	375	340	300
Totaal (M€/jaar)	600	1040	1480
Bruto waarde per hectare (€/ha)	1330	2330	3330

Voor Nederland moeten deze langetermijnbesparingen opgeteld worden bij de besparingen door biomassa zoals op middelkorte termijn al bereikt kunnen worden bij elektriciteitsproductie of door productie van transportbrandstoffen en elektriciteit (180 PJ, zie paragraaf 2b hierboven), dan komt dit voor Nederland uit op een 13% besparing uit biomassa ten opzichte van het huidige gebruik van fossiele grondstoffen voor alle Nederlandse toepassingen.

Kwantificering voor de wereld

Indien we in staat zouden zijn een kwart van de huidige bulkchemicaliën middels landbouw te genereren, dan spreken we over ruim honderdmaal de bedragen genoemd in tabel 2. Wanneer de markt voor bulkchemie groeit met een tred gelijk aan de vraag naar energie in de wereld, dan spreken we over een ruim driehonderdvoudige besparing: 60-70 EJ, dus 6-7 % op wereldniveau in het jaar 2050. We spreken dan van een landbouwareaal van 150 miljoen hectare, hetgeen overeenkomt met ca 4% van het voor landbouw geschikte aardoppervlak. Wanneer juist die chemicaliën in gebruik zullen groeien omdat deze uit hernieuwbare grondstoffen te produceren zijn, is hier sprake van een conservatieve schatting.

6. Te nemen hindernissen en mogelijke (beleids)oplossingen

De overheid heeft een aantal verplichtingen, zoals bijvoorbeeld het Kyoto-protocol, waardoor we 6% minder kooldioxide dienen te produceren in 2012 vergeleken met het referentiejaar 1990. Met de groei die we tot op heden doormaakten zullen we in 2012 circa 25% uit alternatieve energiebronnen moeten halen. Een EU "Transportfuel Directive" nodigt Nederland uit om in 2010, 5.75% van de transportbrandstoffen door bio-ethanol en/of biodiesel te hebben vervangen. Terwijl de implementatie in het buitenland (Europa, Zuid-Amerika, Noord-Amerika, Zuidoost-Azië) op volle toeren is door (volledige) accijnsvrijstelling, is er in Nederland nog niet eens een besluit genomen over al dan niet een financiële impuls. Het gevolg is dat er (ook) op dit gebied nog nauwelijks enige initiatieven in de praktijk vorm hebben gekregen. In een aantal landen is er zelfs een verplichting om transportbrandstoffen met 5% of 10% bio-ethanol/diesel te verrijken.

A. Wacht niet op de ideale oplossing maar bouw ervaring op

- Het ministerie van Financiën aarzelt om een accijnsverlaging voor transportbrandstoffen toe te laten. Een volledige accijnsverlaging voor bio-transportbrandstoffen kost de schatkist per bespaarde CO₂ minder dan de MEP-subsidie op de productie van groene stroom. Toch wordt wel de elektriciteits productie uit biomassa gesubsidieerd en niet de transportbrandstoffen.
- Het aarzelen van onze overheid leidt tot export van de nevenproductstromen die in Nederland goedkoop voorhanden zijn, waardoor de kennisontwikkeling om deze te verwerken tot bijvoorbeeld biogas niet in Nederland maar in Duitsland plaatsvindt.

B. Stimuleren

- De overheid zou zich kunnen richten op certificeringssystemen en op het

ondersteunen van kleinschalige verwerkingskennis die import van grondstoffen uit het buitenland mogelijk maakt. De overheid zou, evenals in Duitsland, verschillende producten moeten stimuleren met een financiële prikkel.

Voorbeelden zijn: Duitsland stimuleert groene stroom met 0.06€/kWh. De overheid in de Verenigde Staten stimuleert met een ingenieus systeem: niet de geproduceerde alcohol maar de benzine die tenminste 10% alcohol bevat krijgt subsidie. Daardoor wordt toepassing breed mogelijk. De overheid in Verenigde Staten beveelt op federaal niveau het aankopen van producten op basis van hernieuwbare grondstoffen aan. Zweden: Vergelijk de Zweedse overheid die op het gebied van hernieuwbare grondstoffen met een belastingregeling een Research & Development programma; proeffabrieken opstart voor hout naar alcoholomzetting; flex fuel programma ondersteunt; belastingreductie voor speciale auto's; speciale auto's voor de overheid stimuleren.

C. Draagvlak

- De overheid zou als geen ander het initiatief en de verantwoordelijkheid moeten nemen om samen met bijvoorbeeld de captains of industry, breed draagvlak te creëren voor een langetermijnvisie die we in Nederland willen nastreven. Breng in kaart waar voor Nederland de kansen op lange termijn liggen. Ontwikkelingen die deze langetermijnvisie dichterbij brengen zouden, moeten worden gestimuleerd.
- *Actoren bijeenbrengen:* Vanuit de overheid zouden er, om de hierboven uitgewerkte langetermijnvisie te realiseren, afspraken met de potentiële partners moeten worden gemaakt. Door middel van gezamenlijke kennisontwikkeling kunnen vervolgens de eerste producten worden ontwikkeld die direct kunnen worden benut door de huidige petrochemische infrastructuur. Uit deze tussenproducten kunnen immers met de bestaande infrastructuur (o.a. fabrieken) de vervolgstappen worden uitgevoerd die leiden tot hoogwaardige chemische eindproducten.

D. Stoppen met tegenstrijdige maatregelen

- De overheid zou (uiteindelijk) moeten stoppen met strijdige maatregelen om energie-intensieve activiteiten, zoals de metaalindustrie en de productie van ammoniak; chloor en loog, tegen lagere tarieven energie te leveren, of investeringssubsidies te verlenen die deze energievervlindende processen stimuleren.

E. Onderzoek

- Intensiveren van de aandacht voor technologische ontwikkelingen. Veel

aandacht moet worden geïnvesteerd in de ontwikkeling van grootschalige dan wel kleinschalige scheidingstechnologie om de verschillende componenten economisch rendabel uit de (meest geschikte) biomassa te isoleren.

- Onderzoek naar toepassingsmogelijkheden van de grote verscheidenheid aan restproducten in Nederland zal bijdragen aan een economische reductie van fossiele grondstoffen.
- Kennis van kosteneffectieve conversiestappen door middel van fermentatie, enzymatisch en/of chemisch conversies zal moeten bijdragen om de totale productiekosten te reduceren en investeringen te beperken.
- De ontwikkeling van verdere plantveredeling is noodzakelijk om de meest waardevolle uitgangstoffen al in de plant in een zo hoog mogelijke concentratie te krijgen en/of in een vorm te krijgen die het isoleren vergemakkelijkt. Genetische modificatie zal hiertoe zeker één van de essentiële gereedschappen zijn. Met deze verbeteringen zullen we in staat zijn de opbrengst per hectare aanzienlijk te verhogen en de investeringen in de verwerkingstechnologie beter te benutten. Ook hier geldt als voorwaarde voor een dergelijke groei dat nadrukkelijk gewerkt moet worden aan het forceren van doorbraken, zowel in de procestechnologie als in de grondstof- en marktcondities.
- Neem een beslissing over de toepassing van GMO in Nederland en draag bij aan een goede besluitvorming in de EU.

F. Post Kyoto

- Op dit ogenblik spreken we nog 'slechts' over de maatregelen die nodig zijn om de Kyoto-afspraken na te kunnen komen. Wanneer na 2012 nieuwe afspraken gemaakt worden is het een voordeel wanneer we verkend hebben hoe wij als Nederland op de meest optimale wijze aan onze verplichtingen kunnen voldoen. Naast deze verplichtingen blijft de hamvraag: "Hoe kan Nederland ook economisch beter worden van deze ontwikkelingen"? Een proactieve houding om de beste manieren vast te stellen zal op de langere termijn zijn vruchten afwerpen. Tabel 2a toont dat CO₂-emissiereductie en economisch voordeel goed samen kunnen gaan. Zonder een dergelijke investering zullen we volgers worden die met de resten (of dictaten) van anderen genoeg moeten nemen. Door nu te wachten, met nog maar 6 jaar te gaan tot het jaar 2012, zullen we zelfs met vallen en opstaan onze lessen niet leren en later nog meer afhankelijk worden van de kennis van buiten.
- Laten we dus met voldoende middelen investeren in het uitwerken van (technologische) scenario's die kosteneffectief de CO₂-uitstoot kunnen beteugelen, de tekorten aan goedkope olie kunnen aanvullen en de toegang tot energiegrondstoffen kunnen verbreden tot alle landen in de wereld.

- Draag bij aan een wereldwijd certificeringssysteem waardoor een level playing field ontstaat ten aanzien van bijvoorbeeld behoud van biodiversiteit, optimale sociale omstandigheden, en GMO toepassing.

7 Conclusies

Macro-economisch beschouwd zouden we met bescheiden kosten voor technologieontwikkeling kunnen voorkomen dat we in 2012 dertig procent van de kooldioxideproductie, die dan ca. 240 miljoen ton bedraagt, jaarlijks moeten betalen in koolstofcredits. Bij een koolstofcreditwaarde van € 10 per ton CO₂ praten we over € 720 miljoen per jaar. Veel hogere koolstofcreditwaarden van € 30-60 worden ook genoemd. In dit geval spreken we van economische waarden die vele miljarden euro gaan kosten.

Met de oogst van een kwart van het landbouwareaal, bovendien met een kwart efficiëntere benutting van de 40 miljoen ton biomassa die nu in Nederland op een of andere wijze al in het economisch verkeer rond gaat en bovendien nog eens 10 miljoen ton biomassagrondstoffen voor de bulkchemie importeren, kunnen we ruim 300 PJ besparen. (dit komt overeen met circa 10% reductie van de kooldioxide-uitstoot in Nederland). De import van bio-ethanol uit Brazilië kan deze besparing nog verder vergroten. Elke 2 miljoen ton bio-ethanol draagt 1,5 % bij aan de reductie van het Nederlands fossiele grondstofgebruik en circa 10% van het gebruik ten behoeve van transportbrandstoffen. Andere opties zoals wind- en zonne-energie zullen ook hun bijdrage moeten leveren om aan onze verplichtingen te voldoen.

Er liggen nogal wat kansen!

1. Voor de akkerbouw, die naar meerwaarde zoekt in een tijdsbestek dat we een transitie door maken van zelfvoorzienendheid in voedsel naar het inspelen op nieuwe maatschappelijke vragen zoals een groene omgeving, energie, grondstoffen en schoon en voldoende water.
2. Voor de fijnchemie (hoge toegevoegde waarde) zal de olie voorlopig niet te duur zijn, maar deze kan zijn positie verbeteren door fijnchemicaliën op basis van goedkope biomassagrondstoffen te produceren. Dit zal zeker moeten gebeuren binnen de bestaande fermentatie-industrie, die de kansen voor de 'witte biotechnologie' ook in Europa wil waarmaken.
3. Voor een aantal bulkverbindingen waarvoor de fossiele grondstofkosten in Nederland nu al bijna de helft bedragen van de integrale kostprijs.
4. De toepassing van plantaardige grondstoffen voor de chemie kan de industrie helpen om met minder investeringen ten behoeve van de veiligheid, de kosten aanzienlijk te verlagen.
5. We zien dat opkomende economieën als China en mogelijk India veel

aanspraak maken op de grondstoffen en dat ook in deze landen kansen liggen om landbouw en chemie verder te integreren.

6. De haven van Rotterdam zal een terugval van activiteiten kunnen compenseren die ontstaat vanwege een minder vraag naar dure olie omdat de chemische bulkindustrie verhuist naar plaatsen met goedkopere grondstoffen. Voor de hoogwaardige olieproducten komen biomassaproducten met hoge waarde in de plaats.
7. Nederland heeft veel goede kennisinstututen en universiteiten die een aanzienlijke positie op de genoemde economische activiteiten hebben verworven. De sterke economische sectoren, zoals we die in Nederland hebben opgebouwd, kunnen tezamen met deze kennisorganisaties zoals Wageningen UR maar zeker ook de overige Nederlandse universiteiten inspelen met hun kennis op de nieuwe ontwikkelingen en de nieuwe maatschappelijke behoeftes. Om over 25 jaar deze transitie verwezenlijkt te hebben vraagt dat nu om bundeling van krachten vanuit de gezamenlijke visie dat de grondstoffenposities in de wereld aan de vooravond van fundamentele veranderingen staat, die kunnen leiden tot grote nieuwe economische kansen.

Wanneer we met onze kennis biomassa op de hoogste economische waarde inzetten, wordt de noodzaak tot het verlagen van de CO₂-uitstoot, de aanzet tot het opbouwen van een nieuwe sterke economische sector met veel arbeidsplaatsen.

8 Geraadpleegde literatuur

- The technology roadmap for plant/crop-based renewable resources 2020; USA, Department of Energy, February 1999.
- The Technology Roadmap for Plant/crop-based renewable resources 2020; USA, Renewables vision 2020 Executive steering group, February 1999.
- Roadmap for biomass Technologies in the United States; USA, Biomass Research and Development Technical Advisory Committee, December 2002.
- Biomass for the chemical industry; Nederland, ATO BV en CE BV, October 2002
- The Application of Biotechnology to Industrial Sustainability; Frankrijk, OECD, 2001.
- Biocatalysis; Coverstory Chemical & Engineering News Volume 79, #21, May 2001.
- F.O.Licht; World Ethanol & Biofuels Report, Vol.3, No.10, January 28, 2005.
- White Biotechnology: Gateway to a more sustainable future; EuropaBio, Lyon, April 2003.

- Facts and Figures on Rotterdam's Oil and Chemical Industry; Brochure, HBR.
- BACAS (Belgian Academy Council of Applied Science) report (2004) Industrial BRDT (Biomass Research and Development Technical Advisory Committee), Roadmap for Biomass Technologies in the United States; www.bioproduct-bioenergy.gov (2002)
- Shell International, (2001) Energy needs, choices and possibilities -scenarios to 2050, global business development.
- DuPont (2004) The miracles of science, Press release, May 26, 2004.
- U.S. DOE (US Department of Energy) (1998) Plant/crop based renewable resources 2020: a vision to enhance US economic security through renewable plant/crop-based resource use; www.science.doe.gov.
- Elliot, D.C. (2004) Chemicals from Biomass, in Encyclopedia of Energy
- Eggersdorfer, M., Meijer, J., Eckes, P., (1992) Use of renewable resources for non-food materials, *FEMS Microbiol. Rev.*, **103**, 355.
- European Parliament and Council, directive 2003/30/EC on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport; Official Journal of the European Union L123/42, 17.05.2003, Brussels.
- Kamm, B., Kamm, M. (2004) Biorefinery - systems. *Chem. Biochem. Eng.* **18**(1), 1-6.
- Okkerse, C., van Bekkum, H. (1999) From fossil to green, *Green Chemistry*, **1**(2), 107-114
- Van Dam, J.E.G., de Klerk-Engels, B., Struik, P.C., Rabbinge, R., (2004) Renewable Resources supply for changing market demands in a biobased economy. *Ind. Crops Prod.* *In press* .
- Nabuurs, G.J., R. Päivinen, A. Pussinen & M.J. Schelhaas. 2003. Development of European forests until 2050 - a projection of forests and forest management in thirty countries. *EFI Research Report 15*. European Forest Institute. Joensuu, Finland. Brill, Leiden
- Faay, A., van Doorn, J., Curvers, T., Waldheim, L., Olsson, E., van Wijk, A., and Daey-Ouwens C., 1997. Characteristics and availability of biomass waste and residues in the Netherlands for gasification. *Biomass & Bioenergy* **12**, 225-240.
- www.uysseg.org/greener_industry/pages/ammonia/1AmmoniaAPQ.htm
- Heaton, Alan, *An Introduction to Industrial Chemistry*, Edited by Alan Heaton (3rd edition), pg 371.
- K.Weissermel, H-J. Arpe ,*Industrial Organic Chemistry*, (2nd edition) www.the-innovation-group.com/chemprofile.htm
- Robert C. Brown ,*Biorenewable Resources*, (1st Edition), tijdschrift Iowa State Press, A Blackwell Publishing Company, ISBN 0-8138-2263-7

APPENDIX 2 CDJA-RESOLUTIE KERNENERGIE

Het Algemeen Bestuur van het CDJA bijeen op vrijdag 17 september 2004 te Valkenswaard,

Constateernde dat:

1. De prijs van kernenergie relatief laag is.
2. Kerncentrales een betrouwbare factor zijn in de energievoorzieningszekerheid.
3. Groene energie, in het bijzonder windenergie, een niet voldoende betrouwbare factor is in de energievoorzieningszekerheid wat zich vertaalt in een relatief hoge prijs per kWh.
4. In Europa kernenergie 30% van de totale energieproductie voor haar rekening neemt.
5. Veel Europese kerncentrales binnen enkele jaren hun technische levensduur bereiken.
6. De Algemene Energieraad in haar rapport van 2002 vaststelt dat op de korte en middellange termijn de capaciteit van bestaande kerncentrales niet door groene energieopwekking kan worden gecompenseerd.
7. De productie van kernenergie binnen de Europese lidstaten onder zeer veilige omstandigheden plaatsvindt.
8. Kernenergie een significante bijdrage levert aan de reductie van de CO₂-uitstoot.
9. Tijdens de verbranding van fossiele brandstoffen relatief veel van de belangrijkste broeikasversterkende stof CO₂ vrijkomt.
10. De grondstof voor kernenergie, uranium, in vergelijking met andere energiedragers een hoge energiewaarde heeft.
11. De productie van kernenergie resulteert in hoogradioactief afval dat gedurende honderdduizenden jaren radioactief blijft.
12. Momenteel vooruitgang wordt geboekt met het verkorten van de levensduur van hoog radioactief afval (transmutatiemethode).
13. Opwerking van gebruikte splijtstof plutonium oplevert wat in de vorm van mixed oxide* opnieuw gebruikt kan worden.
14. Het opwerken (recyclen) van gebruikte splijtstof in La Hague volgens strenge milieu- en veiligheidseisen plaatsvindt.
15. Het Kabinet een maatschappelijke discussie over kernenergie onder het vloerkleed schuift.
16. De kerncentrale Borssele volgens het Hoofdlijnenakkoord gesloten zal worden wanneer de technische ontwerplevensduur (ultimo 2013) geëindigd is.

Overwegende dat:

1. Voor het verkrijgen van dezelfde hoeveelheid energie bij koolwinning een veelvoud bodem aangetast wordt dan bij uraniumwinning het geval is.
2. Uranium in tegenstelling tot fossiele brandstoffen vooral in geopolitiek stabiele landen voorkomt.
3. In de samenleving de zorg bestaat dat terroristen aanslagen plegen op kerncentrales en nucleaire transporten.
4. De kerncentrales in de voormalige Oostbloklanden minder veilig zijn in vergelijking met die van de West-Europese kerncentrales.
5. Het gebruik en transport van (gebruikte) splijtstof binnen de Europese Unie onder zeer strenge veiligheidsmaatregelen plaatsvindt.
6. De maatregelen ertoe leiden dat de kans op een ernstig ongeval verkleind wordt.
7. Het draagvlak voor kernenergie in Nederland beperkt is.
8. De economie gebaat is bij een lage energieprijs en een hoge energievoorzieningszekerheid.
9. Kernenergie bijdraagt aan de Europese energievoorzieningszekerheid.
10. Plutonium bij een onzorgvuldige behandeling een potentieel veiligheidsrisico vormt.
11. De opslag van kernafval vanuit technisch oogpunt bezien in de hand te houden is; klimaatverandering als gevolg van overmatige CO₂-uitstoot echter niet.
12. Het sluiten van de Europese kerncentrales zal leiden tot een toename van het gebruik van fossiele brandstoffen.
13. Vanuit het grondbeginsel rentmeesterschap de overheden verplicht zijn zorg te dragen voor een goed milieu en een goede economie.
14. Vanuit het grondbeginsel rentmeesterschap het wenselijk is een deel van de aardgasbaten in te zetten voor de bevordering van een kosten-efficiënte groene energiehuishouding.
15. Het Kabinet met het uit de weg gaan van de discussie over kernenergie het milieu en de economie geen dienst bewijst.

Spreekt uit dat:

1. Binnen de Europese Unie de energievoorzieningszekerheid wordt gegarandeerd.
2. De Europese Unie hoge prioriteit geeft aan het reduceren van de CO₂-uitstoot.
3. De Europese Unie andere lidstaten, in het bijzonder de Verenigde Staten, oproept zich te conformeren aan het verdrag van Kyoto.
4. Het aandeel kernenergie binnen de Europese Unie op zijn minst gehand-

* mixed oxide bestaat uit plutoniumoxide en uraniumoxide.

haafd blijft zolang de toenemende energievraag niet door kostenefficiënte groene energiebronnen kan worden opgevangen én de groene energiebronnen in onvoldoende betrouwbare mate een alternatief zijn voor fossiele brandstoffen.

5. Nieuwe kerncentrales c.q. kernreactoren volgens de modernste (veiligheids)technologieën gebouwd worden.
6. De Europese Unie zich maximaal inzet het veiligheidsniveau van de Oost-Europese kerncentrales op het niveau te brengen van de West-Europese kerncentrales.
7. Een sluiting van Borssele in 2013 en het vervolgens importeren van kernenergie uit het buitenland hypocriet is.
8. De winning van splijtstof, het transport, de opwerking en de opslag van (gebruikte) splijtstof veilig moet plaatsvinden.
9. Het opwerken van gebruikte splijtstof de voorkeur geniet boven het direct opslaan van hoogradioactief materiaal.
10. Het gebruik van mixed oxide (MOX) gestimuleerd dient te worden.
11. De sterke positie van het Internationaal Atoom Energie Agentschap (IAEA) behouden blijft en zonodig versterkt wordt.
12. Een deel van de aardgasopbrengsten wordt gereserveerd voor het onderzoek naar het verkorten van de levensduur van radioactief afval en de verdere ontwikkeling van groene energie.
13. Het Kabinet een maatschappelijk debat opstart over het belang van kernenergie binnen de Europese Unie in het licht van de energievoorzieningszekerheid, de energieprijzen en het broeikaseffect.

Roept het Dagelijks Bestuur op deze mening aan de betrokken CDA-volksvertegenwoordigers en het Kabinet bekend te maken en hen op te roepen naar dit standpunt te handelen; verzoekt het CDJA dit standpunt wijd en zijd te verspreiden; en gaat over tot de orde van de dag.

APPENDIX 3 EZ TRANSITIEPADEN

(Economische Zaken)

Om het duurzame energiebeleid een impuls te geven werd drie jaar geleden begonnen met een andere werkwijze: de transitieaanpak. In het navolgende stuk staat beschreven het wat, hoe en waarom van deze vorm van bestuurlijke vernieuwing.

Fossiele brandstoffen spelen in de energievoorziening een cruciale rol. Het gebruik ervan levert echter emissies die bijdragen aan klimaatverandering en andere milieu- en gezondheidsproblemen. Daarnaast is Nederland afhankelijk van een klein aantal olie- en gaslanden. Die afhankelijkheid maakt ons kwetsbaar. Daarom richt het Ministerie van Economische Zaken (EZ) zich op de bevordering van een duurzame energiehuishouding, met ook op lange termijn schone, beschikbare en betaalbare energie. Concreet gaat het om:

- energiebesparing en doelmatiger gebruik van energie (jaarlijks 1,3% energiebesparing);
- schonere productie van energie (9% duurzame elektriciteit in 2010);
- opslag en hergebruik van CO₂;
- voldoen aan de Kyoto-doelstellingen (50 Mton minder uitstoot in 2010 ten opzichte van 1990).

Energietransitie richt zich vooral op de termijn na 2010; dan zijn doorbraken nodig waarvoor het huidige bestaande energie- en klimaatbeleid alléén niet voldoet. Structurele maatschappelijke, technologische en institutionele veranderingen. Deze noemen we "transities" (Zie voor achtergronden "Energietransitie: klimaat voor nieuwe kansen" van de Algemene Energieraad en de VROM-raad).¹¹¹ Op dit moment zijn er vier van deze transities gaande, waaronder de transitie naar een duurzame energiehuishouding (zie: www.energietransitie.nl).

De transitie aanpak

Om de ontwikkeling naar zo'n duurzame energievoorziening in West-Europa en Nederland op gang te brengen, is de medewerking vereist van maatschappelijke stakeholders. Die medewerking verlenen zij pas als ook de

¹¹¹ In augustus 2003 vroegen de Staatssecretaris van VROM en de minister van EZ aan de Algemene Energieraad en de VROM-raad om advies over de aanpak van de energietransitie. Op 6 december 2004 boden de Raden hun advies 'Energietransitie: klimaat voor nieuwe kansen' aan. Dit advies is een steun in de rug voor de aanpak van de energietransitie en bevat veel inzichten en informatie over de aanpak van de energietransitie

rolverdeling tussen markt en overheid verandert. Maatschappelijke doelen moeten worden verbonden met bedrijfsdoelen en -ambities. Zo ontstaan er naast een *noodzaak* ('sense of urgency') van een energietransitie, ook *kansen* ('sense of opportunity') voor innovatie en economische ontwikkeling.

In de eerste drie jaar van de energietransitie is de basis gelegd voor deze samenwerking. EZ is er in geslaagd om maatschappelijke partijen die ogenschijnlijk weinig met elkaar te maken hadden, aan elkaar te koppelen. Op dit moment worden op drie niveaus activiteiten gestart.

1. *Projecten en ideeën*

Op het 'niche' niveau gaat het om het concrete investeringen en projecten. De markt is leidend. Marktpartijen kunnen het best beoordelen welke innovatie-projecten en -routes het beste gevolgd kunnen worden. Overheid en markt werken op dit niveau op gelijke voet samen. Deze publiek-private samenwerking wordt nu vormgegeven in de Platforms Energietransitie: deze spelen de rol van makelaar en aanjager van projecten. De specifieke rol van de overheid op dit niveau is die van facilitator, zowel in financiële zin (b.v. voor onderzoek en demonstratie) als met het oog op vergunningverlening (hiervoor is het 'Koplopersloket' opgericht dat bijvoorbeeld belemmeringen in regelgeving wegneemt voor vooruitstrevende bedrijven).

Platforms zijn ingesteld voor de 5 hoofdthema's van de energietransitie Deze zijn in samenwerking met de markt tot stand gebracht:

- o Nieuw Gas

Het gaat in dit platform om het huidige aardgasgebruik nóg zuiniger en nóg efficiënter te maken, bijvoorbeeld:

 - o efficiënte gassystemen in woningen en gebouwen;
 - o efficiënte gassystemen in tuinbouwkassen;
 - o gebruik van industriewarmte en warmte uit elektriciteitscentrales.

Maar het gaat ook om introductie van nieuwe lokale opwekking van elektriciteit via micro-warmte-kracht, het afvangen en opslaan van CO₂-emissies van gasgebruik (zogenaamde 'schoon fossiel') en nieuwe bronnen van gasvormige energiedragers, zoals gas uit biomassa en waterstof.
- o Duurzame mobiliteit

Bij dit platform gaat enerzijds het om de introductie van aardgas en bio-fuel als vervanger voor benzine en diesel, met alle ondersteunende systemen die daarbij horen (aanpassingen aan de motoren, tankstations, verkooporganisaties, belastingwetgeving, etc). Anderzijds richt dit platform zich op nieuwe schone voertuigen.
- o Groene grondstoffen

Dit platform betreft de grondstoffen voor industriële en chemische indus-

trie. Men wil dat over een jaar of 40, ongeveer een kwart van het totale energiegebruik van een land als Nederland afkomstig is uit plantaardige producten. Het gaat dan om:

- duurzame teelt van dat plantaardig materiaal;
- nieuwe vormen van verwerking van dit plantaardige materiaal in industriële processen;
- omvorming van plantaardig materiaal tot grondstof voor de chemische industrie, 'biosynthesegas';
- de fabricage van broplastics genoemd;
- o Ketenefficiency
Het gaat dan om het realiseren van energiebesparing door productketens slimmer te organiseren.
- o Duurzame energie
Dit platform richt zich op de productie van groene stroom, bijvoorbeeld uit efficiënte biomassa centrales en windenergie.

2. Overheid, wet- en regelgeving

Op het niveau van het 'regime' gaat het om de wet- en regelgeving en voorwaarden waarbinnen de markt zijn werk moet doen. Hier heeft de overheid een meer actieve rol. Het gaat om beleidvorming. Voorbeelden daarvan zijn het opzetten van een systeem van emissiehandel, het stellen van regels (zoals efficiency- en milieunormering) en het toepassen van toelatings- en veiligheidseisen. Overigens kunnen ook op dit niveau marktinitiatieven ontplooid worden, bijvoorbeeld op het gebied van ondersteunende infrastructuur (zoals de plannen voor een Warmtebedrijf in de regio Rijnmond). Op Regime niveau is een Stuurgroep ingesteld: de Taskforce Energietransitie. Deze Taskforce zal de Platforms bij hun werk bijstaan en de kansen voor innovaties op nationaal niveau vergroten.

3. Internationale gemeenschap

Het 'landschap'-niveau tenslotte is het geheel van opvattingen die in een maatschappij leven en daarvan afgeleid de manier waarop er (internationaal) wordt samengewerkt. Een pro-actieve rol van Nederland in internationale samenwerking is daarbij van belang. Immers, de Nederlandse speelruimte voor energie-innovaties wordt sterk bepaald door internationale markt- en beleidsontwikkelingen. De internationale aanpak kent drie sporen:

- de Platforms Energietransitie wijzen buitenlandse ondernemingen op de voordelen van Nederland voor het doen van experimenten met, en investeringen in energie-innovaties;
- EZ wijst de EC en de EU-lidstaten op de kansen van de transitieaanpak en sluit daarnaast de transitiethema's zoveel mogelijk aan bij communautaire programma's.

- Afstemming van nationaal beleid op internationale ontwikkelingen, zoals emissiehandel en Kyoto na 2012.

Het richtjaar voor de energietransitie is 2050. Dat is ver weg. Reden waarom EZ zoveel mogelijk opties open houdt. Er is niet één *silver bullet* in het energielandschap. Om daadwerkelijk een stap in de richting van een duurzame energiehuishouding zetten, moeten we ons niet op één optie, bijvoorbeeld windenergie, concentreren. Het is dan nodig verschillende oplossingen naast elkaar ontwikkelen. In de loop van de tijd vallen er ongetwijfeld opties af en moet er ruimte zijn om nieuwe opties toe te voegen. Het is een levend proces. Zoals aangegeven mobiliseren de platforms de markt om deze dynamiek te realiseren. Het sleutelwoord bij de transitieaanpak is Innovatie. Door innovaties brengen we een duurzame energiehuishouding dichterbij en versterken we de positie van de BV Nederland.

Wegnemen van belemmeringen

Gedurende de voortgang van de energietransitie tot nu toe is gebleken dat geld niet altijd de grootste bottleneck is voor het tot stand komen van investeringen. Regels, interpretatie daarvan, formele en institutionele kaders blijken in de praktijk vaak een grotere belemmering. Om deze belemmeringen te verminderen is dan ook het 'Koplopersloket' bij het ministerie van VROM ingericht.

Maar ook als deze belemmeringen zijn opgeruimd, zullen de eerste transitie-experimenten nog niet direct rendabel zijn. Daarvoor zijn subsidiemiddelen beschikbaar uit het EOS-instrumentarium (Energie Onderzoek Strategie: EOS-demo en het eenmalige budget van de UKR, de Unieke Kansen Regeling). De transitieaanpak, inclusief de daarin door markt en overheid gemaakte keuzes, zal echter steeds meer leidraad zijn voor het verdere energie- en innovatiebeleid. In die zin zullen de middelen die met dit beleid gemoeid zijn, steeds meer 'gericht' worden naar de ervaringen en (tussen)resultaten van het transitieproces.

Daarnaast werkt de energietransitie aan nieuwe vormen van publiek-private samenwerking, ook op financieel gebied, bijvoorbeeld door venture capitalists en andere bancaire instellingen bij de transitieaanpak te betrekken. Als op die manier private investeringen worden aangetrokken kan het beslag op overheidsmiddelen bescheidener zijn. Van belang daarbij is dat het overheidsbeleid moet getuigen van commitment, consistentie en continuïteit over langere periodes. Veel investeerders vragen niet zozeer om steun van de investering zelf, maar vragen om zekerheid over het speelveld gedurende de

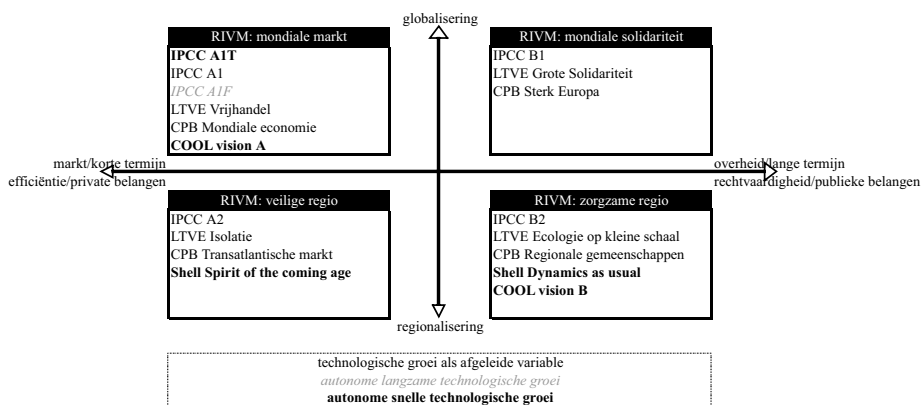
exploitatieperiode. Het stelsel van CO₂-emissiehandel en het financiële regime voor duurzame en klimaatneutrale energie is daar een voorbeeld van. Nederland zal in de EU bepleiten om zo snel mogelijk zekerheid te verschaffen over het emissiehandelssysteem ná 2012, om aan de markt de gevraagde zekerheid te verschaffen. Met deze aanpak worden niet alleen de 'koplopers' in de markt ondersteund, maar ook 'het peloton', de energiegebruikers die uitontwikkelde duurzame technologie willen gebruiken.

APPENDIX 4. ENERGIESCENARIO'S NADER BELICHT

Scenario's worden voor verschillende doelen ontwikkeld en verschillen vaak in geografische focus en tijdschaal. Deze studie richt zich op de energietransitie tot 2050, in lijn met een opmerking in een ECN-rapport¹¹²: "De transitie naar een duurzame energievoorziening zal een zeer langdurig proces worden, dat vooral betrekking heeft op veranderingen in de periode na het jaar 2020." Veel energiescenario's lopen tot 2030 en beslaan een te korte periode voor deze WI-studie. De meest befaamde wereldwijde, langetermijnsce- nariostudies zijn de IPCC-SRES scenario's en de Shell scenario's. De IPCC scena- rio's zijn kwantitatief van opzet, terwijl de Shell scenario's een kwalitatief karakter hebben. Door deze studie gebruikte scenario's op nationale schaal zijn:

- Lange Termijn Visie Energievoorziening (LTVE) van EZ;
- COOL-scenario's (Climate OptiOns for the Long term);
- CPB-scenario's.

De scenario's zijn het eens over de belangrijkste drivers van toekomstig ener- giegebruik. De variaties zijn gegroepeerd langs drie assen: regionaal/ mondia- al, publieke/privaat en snelle/langzame technologische vooruitgang. Men is het niet eens over de onderlinge samenhang tussen deze assen. De IPCC/CPB/LTVE scenario's zien technologische vooruitgang eerder als afgelei- de van economische groei, terwijl de COOL- en Shell-scenario's de technologi- sche ontwikkeling meer als autonome variabele zien, waarbij beide laatste uitgaan van snelle technologische groei¹¹³, zie figuur 1.



Figuur 1 Overzicht van scenario's uit diverse studies en hun verwantschap aan de RIVM wereldbeelden.

112 [Bruggink, 2004]

113 Ook de IEA scenario's 'Clean but not sparkling', 'Dynamic and careless' en 'Bright skies' gaan uit van een autonome rol van technologische ontwikkeling. Deze scena- rio's zijn geplaatst op de assen van milieuaandacht en technologische ontwikkeling.

Een belangrijk verschil tussen scenario's is de vraag of er gericht klimaatbeleid gevoerd wordt. De IPCC-SRES scenario's sluiten dit expliciet uit, ofschoon post-SRES scenario's hier weer wel mee rekenen. Van de CPB scenario's gaat alleen *Sterk Europa* uit van een succesvol post-Kyoto klimaatbeleid. Verder houden de IEA-scenario's rekening met post-Kyoto beleid.

APPENDIX 5: SAMENSTELLING VAN DE COMMISSIE (INCLUSIEF ADVISEURS)

Voorzitter: dr. ir. R. Janssen-van Rosmalen

Technische Natuurkunde, Technische Universiteit Delft
Bestuurslid Wetenschappelijk Instituut voor het CDA
Directeur adviesbureau

Leden:

prof. dr. ir. T.H.J.J. van der Hagen

Technische Natuurkunde, Technische Universiteit Eindhoven
Directeur Reactor Instituut Delft, Technische Universiteit Delft

mr. F.A.M. van den Heuvel

Fiscaal Recht, Universiteit Leiden
Directiesecretaris en secretaris van de raad van commissarissen DELTA N.V.

mr. W.N.Kip

Rechten, Katholieke Universiteit Nijmegen
Manager Regulatory & Public Affairs Energie, Essent

dr. C.A.M. van der Klein

Natuurkunde, Universiteit Leiden
Adjunct-Directeur ECN

dr. A. Klink

Sociologie, Erasmus Universiteit Rotterdam
Directeur van het Wetenschappelijk Instituut voor het CDA

mr. drs. H.P.A. Knops

Theoretische natuurkunde en Nederlands recht, Universiteit Leiden
Onderzoeker energierecht, TU Delft en Universiteit Leiden

drs. S.M. Lensink

Natuurkunde, Rijksuniversiteit Groningen
Medewerker Centrum voor Energie en Milieukunde (IVEM)

prof. dr. J.P.M. Sanders

Moleculaire biologie, Universiteit van Amsterdam
Hoogleraar op het gebied van Valorisatie van Plantaardige Productieketens

dr. M.J.W. Sprenger
Medicijnen, Universiteit van Maastricht
Directeur-generaal RIVM

drs. W.G. van Velzen
Studies in onderwijskunde, beleidsplanning en management, Katholieke
Universiteit Nijmegen
Hoofdadviseur en voorzitter van de Europese beleidsgroep, advocaten-
kantoor Akin Gump, Brussel

dr. ir. B.M. Visser
Technische Natuurkunde, Technische Universiteit Eindhoven
Manager van de Commerciële Staf bij Gasunie Trade & Supply

ir. R. Willems
Chemische technologie, Technische Universiteit Delft.
President-directeur van Shell Nederland B.V.

Adviseurs:

drs. J.W.M.M.J. Hessels
Politicologie, Katholieke Universiteit Nijmegen
Lid van de Tweede Kamer (CDA-woordvoerder energie)

mr. drs. J.W.E. Spies
Nederlands recht en Algemene economie
Lid van de Tweede Kamer (CDA-woordvoerder milieu)