

ENERGIESCENARIO'S IN RELATIE TOT TRANSITIEBELEID

Overzicht en evaluatie

J.J.C. Bruggink



Verantwoording

De Algemene Energieraad en de VROM-raad gaan een gezamenlijk advies uitbrengen over de transitie naar een duurzame energiehuishouding. Ter voorbereiding van dit advies was er behoefte aan een gerichte evaluatie van bekende energiescenario's en een beknopt overzicht van de verschillende technologieën, die een rol spelen bij de transitie naar een duurzame energievoorziening. ECN Beleidsstudies heeft hiervoor een opdracht gekregen wat betreft de aanbodkant van de energievoorziening. Dit rapport betreft de evaluatie van energiescenario's (ECN-C--04-021). Het rapport met de factsheets voor energietechnologieën is verkrijgbaar onder rapportnummer ECN-C--04-20. Het project staat bij ECN geregistreerd onder 77554.

Abstract

Energy scenarios often play a central role in guiding environmental policies. This study provides an overview and evaluation of four energy scenario studies. At the global level they describe the IPCC and Shell scenarios. At the national level they describe the so-called LTVE scenarios (Long Term Vision for the Energy sector) and COOL scenarios (Climate OptiOns for the Long term). The LTVE scenarios were developed by the Ministry of Economic Affairs. The COOL scenarios were developed in the framework of the National Research Programme on Global Air Pollution and Climate Change. The evaluation focused on the potential use of these scenarios for purposes of formulating transition strategies towards a sustainable energy supply. In particular, the causal linkages between driving social forces and the resulting mix of energy sources and technologies were considered. Although scenario builders generally agree on the choice of major driving forces, they tend to have different opinions about the structural relations between these driving forces. Moreover, it appears that these driving forces do not have a similar effect on the development of the fuel mix and the deployment of specific technologies across scenario studies. This makes it hard to use these scenarios as a robust base for policy formulation. Finally, suggestions are presented regarding ways of improving the relevance of scenario analysis for formulating transition policies.

INHOUD

LIJST VAN FIGUREN	4
SAMENVATTING	5
1. INLEIDING	6
1.1 Vraagstelling	6
1.2 Energiescenario's en de transitie naar duurzaamheid	6
1.3 Te bespreken energiescenario's	8
1.4 Opzet van overzicht en evaluatie	9
2. DRIJVENDE KRACHTEN IN OMGEVINGSSCENARIO'S	10
2.1 Het IPCC-concept van scenariofamilies	10
2.2 Varianten op het IPCC-concept: de LTVE- en CPB-scenario's	11
2.3 Technologie als autonome factor: de Shell- en COOL-scenario's	12
2.4 Invloed drijvende krachten op niveau van energiegebruik	14
2.5 Evaluatie van omgevingsscenario's	16
3. DE SAMENHANG TUSSEN OMGEVINGSSCENARIO'S EN DE INZET VAN BRANDSTOFFEN	17
3.1 Transitietrajecten van de brandstofinzet in de IPCC-referentiescenario's	17
3.2 Brandstofinzet in Shell-scenario's divergeert niet	18
3.3 Brandstofinzet in de COOL-scenario's meest duurzaam	19
3.4 Transitietrajecten van de brandstofinzet in de LTVE-scenario's	20
3.5 Evaluatie van brandstofinzetscenario's	20
4. DE SAMENHANG TUSSEN OMGEVINGSSCENARIO'S, BRANDSTOFINZET EN TECHNOLOGIEKEUZE	22
4.1 Technologiekeuzes vaak niet duidelijk onderbouwd	22
4.2 De rol van kolen	22
4.3 De rol van olie en gas	23
4.4 De rol van kernenergie	23
4.5 De rol van hernieuwbare bronnen	24
4.6 Evaluatie van technologiekeuze	25
5. CONCLUSIES	26
5.1 Samenvatting van algemene conclusies	26
5.2 Sterke en zwakke kanten van de verschillende scenariostudies	26
5.3 Rol van scenario's bij het formuleren van transitiebeleid	28
REFERENTIES	30

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1.1	<i>Samenhang tussen energietoekomstscenario's, omgevingsscenario's en klimaatscenario's</i>	7
Figuur 2.1	<i>Typologie van omgevingsscenario's volgens IPCC, LTVE en CPB</i>	10
Figuur 2.2	<i>Technologische vooruitgang als derde as naast sociale prioriteiten en mate van globalisering</i>	13
Figuur 2.3	<i>Niveau primair energiegebruik in 2050 in Shell- en IPCC-scenario's</i>	15
Figuur 2.4	<i>Niveau primair energiegebruik in 2050 in LTVE- en COOL-scenario's</i>	15
Figuur 3.1	<i>Ontwikkeling van de brandstofsamenstelling in de IPCC-scenario's</i>	17
Figuur 3.2	<i>Ontwikkeling van de brandstofsamenstelling in de Shell-scenario's</i>	19
Figuur 3.3	<i>Ontwikkeling van de brandstofsamenstelling in de COOL-scenario's</i>	20
Figuur 3.4	<i>Aandelen olie en gas in Shell- en IPCC-scenario's voor 2050</i>	21
Figuur 4.1	<i>Samenstelling van niet-fossiele inzet in Shell- en IPCC-scenario's voor 2050</i>	24

SAMENVATTING

Ter voorbereiding van het energie- en milieubeleid worden vaak scenario's opgesteld, die mogelijke ontwikkelingen in de energievoorziening en de daarmee samenhangende milieubelasting over de lange termijn beschrijven. In deze studie wordt een overzicht gegeven van een viertal bekende scenariostudies op dit gebied. Op wereldschaal betreft het de door het IPCC en door Shell opgestelde scenario's. Op nationale schaal betreft het de door EZ geformuleerde scenario's van de projectgroep Lange Termijn Visie Energievoorziening (LTVE) en de in het kader van het Nationaal Onderzoek Programma Mondiale Luchtverontreiniging en Klimaatverandering opgestelde COOL-scenario's (Climate OptiOns for the Long term.) Doelstelling is te beoordelen of deze scenario's bruikbaar zijn voor transitiebeleid.

Om deze vraag te beantwoorden wordt ingegaan op de gebruikte methodiek van de scenarioanalyses en de wijze waarop veronderstellingen over drijvende krachten in de maatschappij leiden tot conclusies over de inzet van verschillende brandstoffen en de keuze van verschillende technologieën. In het algemeen is men het eens over de belangrijkste drijvende krachten in de scenario's, maar lopen de meningen uiteen over de samenhang tussen en de relatieve invloed van deze krachten. Bovendien hebben deze drijvende krachten geen eenduidige invloed op de brandstofinzet. Wat betreft de technologiekeuze bieden de besproken scenario's in het algemeen te weinig gedetailleerde informatie om algemene conclusies over technologische transitiepaden te formuleren. De uiteenlopende doelstellingen van de scenariostudies leiden er toe, dat de sterke en zwakke kanten per studie nogal verschillen. Tenslotte komt de mogelijke rol van scenario's bij het formuleren van transitiebeelden aan de orde en wordt aangegeven hoe de betekenis van energiscenario's voor transitiebeleid verbeterd zou kunnen worden.

1. INLEIDING

1.1 Vraagstelling

De Algemene Energieraad en de VROM-raad zullen in 2004 een gezamenlijk advies uitbrengen over de transitie naar een duurzame energiehuishouding. Ter voorbereiding van dit advies is er behoefte aan een beknopt overzicht en gerichte evaluatie van bekende energiescenario's. ECN Beleidsstudies heeft hiervoor een opdracht gekregen wat betreft de aanbodkant van de energievoorziening. Voor het overzicht worden zowel scenario's op wereldschaal als scenario's op nationale schaal relevant geacht. De ECN-evaluatie betreft vooral de mogelijke rol van verschillende technologische opties in samenhang met lange termijn wereldbeelden van geopolitieke en sociaal-economische aard. Het spreekt voor zich, dat het daarbij gaat om hoofdlijnen en dat er niet in detail kan worden ingegaan op het omvangrijke achtergrondmateriaal dat voor sommige scenariostudies beschikbaar is. Bovendien ligt het accent duidelijk op de eventuele betekenis van deze toekomstbeelden voor de transitie naar duurzaamheid in Nederland, hetgeen eveneens een selectieve behandeling noodzakelijk maakt. Naast de scenario's zelf komen ook kort de gebruiksmogelijkheden en beperkingen van scenarioanalyse in relatie tot technologiekeuzes aan de orde, opdat de reikwijdte en betekenis van de conclusies helder zijn.

1.2 Energiescenario's en de transitie naar duurzaamheid

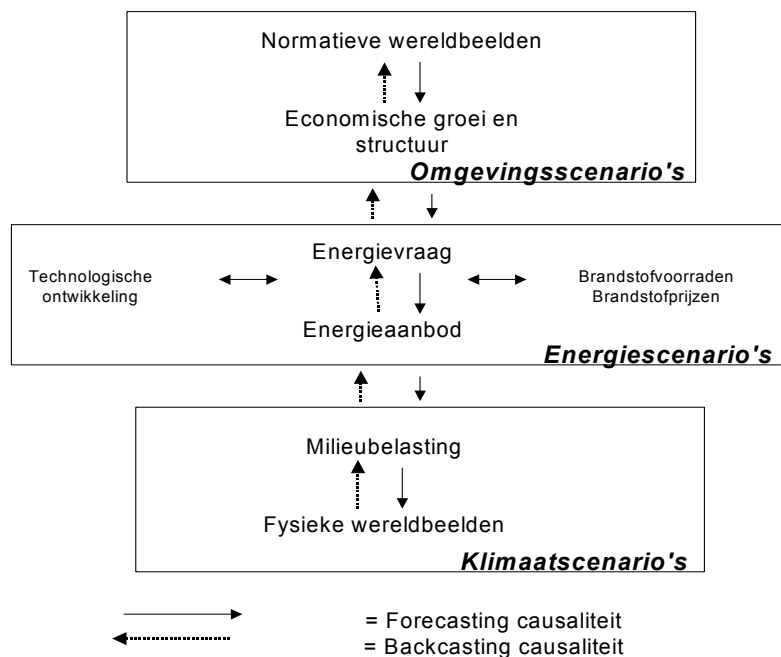
Analytisch proces rond het opstellen van energiescenario's

Energiescenario's zijn een veel gebruikt hulpmiddel voor bezinning over de lange termijn transitie naar een duurzame wereld. Het gaat daarbij om het op een consistente en plausibele wijze in kaart brengen van onzekerheden in het traject naar duurzaamheid. Wat betreft de aanbodkant van energiescenario's wordt dan vooral een beeld geschetst van de mogelijke of gewenste samenstelling van het pakket aan energiedragers en conversietechnologieën. Het analytisch proces dat tot dergelijke scenario's leidt omvat echter een veel bredere vraagstelling dan een puur technologische. Veronderstellingen rond het toekomstig verloop van de economische groei vormen de belangrijkste kwantitatieve uitgangspunten voor energiescenario's, terwijl gevolgen voor de milieubelasting de belangrijkste kwantitatieve resultaten opleveren. Veranderingen in de economie, de energiesector en de milieubelasting komen echter niet in maatschappelijk vacuüm tot stand maar hangen sterk samen met ontwikkelingen van wereldpolitieke en sociaal-institutionele aard. Naast deze generieke ontwikkelingen in maatschappij en economie worden veranderingen in de energiesector ook specifiek gevoed door de technologische vooruitgang en de stand van zaken wat betreft brandstofvoorraden en energieprijzen. De samenhang tussen al deze factoren wordt in Figuur 1.1 schematisch weergegeven. De omschrijving van drijvende krachten die buiten de energievoorziening optreden wordt veelal aangeduid met de term omgevingsscenario. Een evaluatie van energiescenario's ten behoeve van transitievraagstukken moet zich uiteraard sterk richten op de samenhang van ontwikkelingen in de energievoorziening met allerlei andere maatschappelijke processen. Dit vormt immers een essentieel uitgangspunt in het transitiedenken. Deze maatschappelijke processen worden vooral in de omgevingsscenario's beschreven.

Relevantie van energiescenario's voor transitievraagstukken

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. Zoals reeds benadrukt, omvatten deze veranderingen niet alleen de technologieën die in de energiesector toegepast worden, maar ook de gedragsmatige en institutionele randvoorwaarden die voor een transitie naar een duurzame energievoorziening noodzakelijk zijn. De term transitie management geeft impliciet duidelijk aan dat het gaat om een bewust streven naar duurzaamheid. Traditioneel werden energiescenario's vooral gebruikt om vanuit het heden naar de toekomst te redeneren.

Bij deze 'forecasting' aanpak worden de maatschappelijke randvoorwaarden (normen, waarden, instituties) min of meer als gegeven beschouwd, terwijl het accent sterk op technologische veranderingen ligt. Vanuit een transitieperspectief wordt vooral gezocht naar transitiepaden die tot een gewenste uitkomst kunnen leiden (b.v. een bepaalde concentratie van broeikasgassen in de atmosfeer) en de maatschappelijke voorwaarden die de toepassing van de daarvoor noodzakelijke technologieën mogelijk moeten maken. Deze aanpak wordt veelal aangeduid als 'backcasting'. De vraag is dan niet wat er in de toekomst gaat gebeuren als alles min of meer trendmatig blijft verlopen, maar wat we nu zouden moeten doen als we in de toekomst ergens willen uitkomen. Deze evaluatie zal zich dus vooral richten op de vraag of energiestenari'o's in dit opzicht relevante informatie bieden.



Figuur 1.1 *Samenhang tussen energiescenario's, omgevingscenario's en klimaatsscenario's*

Rampenscenario's niet gebruikelijk

Als energie inderdaad van doorslaggevende betekenis is voor de economische groei en milieubelasting zou men verwachten dat dramatische ontwikkelingen in de wereldeconomie of het wereldwijde milieu van grote invloed zijn op de stand van zaken in de energievoorziening en omgekeerd. Veel te weinig of veel te dure energie zou immers sterk remmend werken op de economie, terwijl een veel te grote milieubelasting of veel te dure milieumaatregelen eveneens dramatische effecten zouden hebben. In de praktijk krijgen rampenscenario's echter weinig aandacht. Zo vormen de gevolgen van een nieuwe wereldoliecrisis of een uit de hand lopende klimaatverandering geen onderdeel van de hier behandelde energiescenario's. In het algemeen ligt het accent bij scenario's maar in beperkte mate op wat er allemaal mis zou kunnen gaan in de wereld. Historische trends die leiden tot maatschappelijk onaanvaardbare consequenties, b.v. de permanente aanwezigheid van armoede in grote delen van de wereld, worden daarom zelden consequent doorgetrokken. Afgezien van deze inleidende kanttekening zal deze inherente blindheid van scenario' voor rampspoed in dit rapport dan ook niet verder aan de orde gesteld worden.

1.3 Te bespreken energiescenario's

Ruimtelijke schaal van energiescenario's

In dit rapport komen zowel energiescenario's op mondiale schaal als energiescenario's op nationale schaal aan de orde. Wereldscenario's zijn vaak gebaseerd op de optelsom van een aantal regionale scenario's. In die zin doen wereldscenario's ook kwantitatieve uitspraken over regionale ontwikkelingen. Deze regionale scenario's zijn kwantitatief echter niet verder opgesplitst naar afzonderlijke landen. Omgekeerd doen nationale scenario's geen kwantitatieve uitspraken over ontwikkelingen op regionaal of mondiaal niveau. Niettemin is deze scheiding op basis van ruimtelijke schaal analytisch minder strikt dan op het eerste oog lijkt, omdat nationale scenario's vaak sterk samenhangen met veronderstellingen over wereldwijde ontwikkelingen terwijl mondiale en regionale scenario's ook kwalitatieve conclusies op nationale schaal toelaten. Er zal in dit overzicht dan ook geen strikte scheiding toegepast worden tussen mondiale en nationale scenario's.

Belangrijkste te bespreken wereldscenario's

In het overzicht en de evaluatie wordt de nadruk gelegd op twee heel verschillende scenariostudies op wereldschaal: de IPCC-scenario's en de Shell-scenario's.

- De IPCC-emissiescenario's zijn opgesteld onder auspices van het Intergovernmental Panel on Climate Change door een internationaal team van energiedeskundigen van zeer brede samenstelling met als belangrijkste doelstelling het verkennen van de mogelijke emissies van broeikasgassen in de verre toekomst als basisgegevens voor klimaatmodellen. Deze scenario's zijn kwantitatief in detail uitgewerkt op basis van complexe energie- en milieumodellen. De uitkomsten spelen een centrale rol in de publieke besluitvorming rond formulering en implementatie van het internationale klimaatbeleid (IPCC, 2000).
- De Shell-scenario's zijn opgesteld door een intern Shell-team als management tool voor de strategische besluitvorming binnen een wereldwijd opererend energiebedrijf. Uniek is dat de Shell-scenario's openbaar worden gemaakt en in brede kring besproken. Het zijn de bekendste energiescenario's uit het bedrijfsleven. Hoewel de kwantitatieve onderbouwing in tegenstelling tot de IPCC-emissiescenario's summier is, zijn de kwalitatieve conclusies van invloed op de openbare meningsvorming over energieontwikkelingen in de verre toekomst en interessant uit oogpunt van de transitiegedachte (Shell, 2001).

Belangrijkste te bespreken nationale scenario's

In Nederland worden periodiek nationale energiescenario's opgesteld door de planbureaus in samenwerking met ECN. Het betreft de Referentieramingen van ECN/RIVM en de Lange Termijn Verkenningen van CPB. De Referentieramingen richten zich echter op de middenlange termijn en zijn derhalve uit oogpunt van transitievraagstukken minder geschikt, terwijl de momenteel beschikbare energiescenario's uit de lange termijn verkenningen van het CPB sterk gedateerd zijn. Voor de nationale scenario's is daarom gekeken naar twee wel beschikbare, eenmalige scenariostudies: de LTVE-scenario's van EZ en de COOL-scenario's van het NOP-MLK.

- De projectgroep Lange Termijn Visie Energievoorziening (LTVE) is binnen EZ gevormd voor het opstellen van een aantal lange termijn energiescenario's die als achtergrond kunnen dienen voor het analyseren van energietransities (EZ, 2001). De scenario's hebben een sterk kwalitatief karakter en brengen vooral de mogelijke gevolgen van een viertal uiteenlopende wereldbeelden in 2050 voor de Nederlandse energievoorziening in kaart.
- Het COOL-project (Climate OptiOns for the Long term) functioneerde als integratieproject voor de resultaten van het Nationaal Onderzoek Programma Mondiale Luchtverontreiniging en Klimaatverandering (NOP-MLK.) Doelstelling was het formuleren van strategieën voor drastische reducties van broeikasgassen op de lange termijn, waarbij de dialoog tussen onderzoekers, bedrijfsleven en overheid centraal stond. In het kader van dit project zijn voor Nederland (COOL, 2001a) en Europa (COOL, 2001b) lange termijn scenario's opgesteld. De transitieroutes die in het eindrapport voor afzonderlijke sectoren in Nederland zijn opge-

nomen komen hier niet aan de orde, omdat zij niet zijn samengevat in consistente eindbeelden voor de totale energievoorziening (COOL, 2001c).

CPB is voornemens in 2004 nieuwe energiescenario's uit te brengen in het kader van het 'Welvaart en LeefOmgeving' (WLO) project. Deze scenario's zullen niet beschikbaar komen vóór afronding van dit overzichtsrapport. Wel beschikbaar zijn de Europese omgevingsscenario's waarop de energiescenario's voor Nederland uiteindelijk gebaseerd gaan worden. Deze Europees georiënteerde omgevingsscenario's zijn in dit overzicht wel meegenomen (CPB, 2003).

1.4 Opzet van overzicht en evaluatie

Van omgevingsscenario's via brandstofinzet naar technologiekeuze

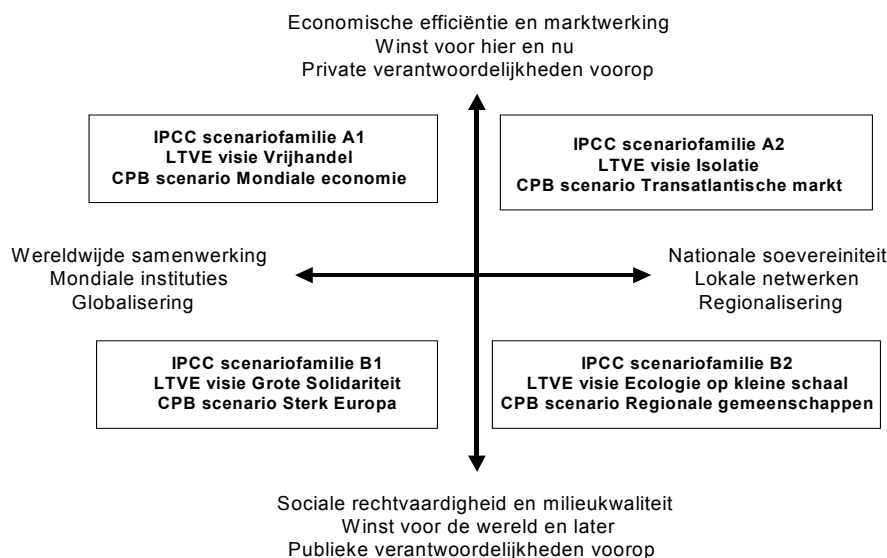
De hoofdstukindeling is zo gekozen, dat eerst behandeld wordt hoe in alle besproken studies de drijvende krachten in de omgevingsscenario's gezien worden (Hoofdstuk 2). Vervolgens worden dan de verschillende transitietrajecten van de brandstofinzet behandeld (Hoofdstuk 3) en tot slot komt de technologiekeuze aan de orde (Hoofdstuk 4). De hoofdstukken zijn dus niet ingedeeld per scenariostudie omdat juist het naast elkaar zetten van de verschillende benaderingen de meest relevante informatie voor transitievraagstukken oplevert. Hoofdstuk 5 sluit dit rapport af met enkele conclusies.

2. DRIJVENDE KRACHTEN IN OMGEVINGSSCENARIO'S

2.1 Het IPCC-concept van scenariofamilies

Typologie van omgevingsscenario's

De IPCC-scenario's zijn tot stand gekomen op basis van de gedachte, dat toekomstige wereldbeelden van de energievoorziening sterk bepaald worden door uiteenlopende veronderstellingen over twee maatschappelijke veranderingsprocessen: de mate van globalisering van de wereld-economie en de mate waarin korte termijn monetaire voordelen (private prioriteiten) meer bepalend zijn voor gebeurtenissen dan lange termijn niet-monetaire voordelen (sociale prioriteiten). Deze twee processen vormen de cruciale dimensies die de belangrijkste verschillen in maatschappelijke uitgangspunten voor het formuleren van een consistent en plausibel wereldbeeld ('story line') omspannen. Figuur 2.1 schetst deze ruimte en de belangrijkste drijvende krachten die langs de twee hoofdasen van economische globalisering en maatschappelijke prioriteiten gemeten kunnen worden. Energiescenario's die in dit tweedimensionale vlak dicht bij elkaar liggen worden gezien als behorend tot dezelfde familie. Deze conceptuele indeling van scenario's heeft veel invloed gehad op scenariobouwers van latere datum.



Figuur 2.1 *Typologie van omgevingsscenario's volgens IPCC, LTVE en CPB*

Beschrijving van de IPCC-scenariofamilies

De vier scenariofamilies van het IPCC worden als volgt gekarakteriseerd:

- **A1 Familie**

De drijvende krachten in dit type scenario's komen voort uit een hoge economische groei in een sterk globaliserende wereld met snelle technologische vooruitgang. Er is sprake van convergentie tussen landen in vele opzichten, zowel sociaal-cultureel als qua welvaartsniveau. Het milieu vormt echter geen doorslaggevende factor maar is eerder een afgeleide van economische overwegingen evenals de oplossing van verdelingsvraagstukken.

- **A2 Familie**

Wat betreft de economische ontwikkeling is er in deze wereld sprake van divergentie en isolationisme terwijl de technologische ontwikkeling minder snel verloopt en regionaal verschilt. Regionale verschillen blijven in sociaal-cultureel opzicht behouden en de regionale

identiteit wordt niet opgeofferd aan groei en uniformiteit. Materialistische waarden blijven wel overheersen ten koste van sociale rechtvaardigheid en milieubescherming.

- **B1 Familie**
Naast drijfveren van economische groei en efficiëntieverhoging vormen milieubescherming en sociale rechtvaardigheid een sterk bepalende factor voor de maatschappelijke inrichting. Hierdoor krijgt de economische groei een andere en minder grondstofintensieve richting en leidt de krachtige technologische ontwikkeling vooral tot milieuvoordelen. Deze trend wordt wereldwijd gedeeld en leidt tot een nieuwe wereldorde met instituties die minder bepaald worden door economische belangen.
- **B2 Familie**
Dit wereldbeeld vormt een tegenpool voor zowel globaliserende als materialistische tendensen. Regionale normen en waarden evenals sociale rechtvaardigheid en milieukwaliteit krijgen een sterk gewicht, waardoor de economische groei relatief laag blijft en de technologische ontwikkeling fragmentarisch. Lokale oplossingen voor economische en sociale vraagstukken hebben de overhand en de afhankelijkheid van wereldwijde ontwikkelingen is gering.

2.2 Varianten op het IPCC-concept: de LTVE- en CPB-scenario's

Zelfde conceptuele dimensies in andere scenario's

De LTVE-omgevingsscenario's van EZ zijn langs min of meer dezelfde twee dimensies af te zetten als de IPCC-scenario's al ligt het accent iets meer op kenmerken die vooral voor Nederland van belang zijn. Voor de nieuwe Europees gerichte scenario's van het CPB zoals opgesteld in het kader van het Welvaart en Leefomgeving project geldt eigenlijk hetzelfde. Wel is de karakterisering in dit geval geheel in termen van een economisch perspectief op de toekomst van Europa. In wezen gaat het echter in beide gevallen om nuanceverschillen volgens min of meer dezelfde conceptuele dimensies. De plaats van de verschillende LTVE- en CPB-scenario's staat eveneens in Figuur 2.1 aangegeven.

Beschrijving van de LTVE-omgevingsscenario's

De vier omgevingsscenario's van de nationale LTVE-energiescenario's kunnen als volgt omschreven worden:

- **Vrijhandel (A1 type scenario)**
Economie en geld overheersen zonder nationale grenzen, waardoor de groei en de technologische vooruitgang weliswaar hoog zijn, maar waarbij milieumissies blijven stijgen en de tegenstellingen tussen armoede en rijkdom groot blijven. Vooral WTO-achtige internationale organisaties krijgen veel invloed.
- **Isolatie (A2 type scenario)**
Het materialisme blijft hoogtij vieren als is het binnen nationale grenzen. De rijke landen zonderen zich af en exporteren milieuproblemen naar arme landen. De technologie ontwikkeling richt zich op autarkische doeleinden en de cultuur is naar binnen gericht.
- **Solidariteit op wereldschaal (B1 type scenario)**
De vrijhandel overheerst weliswaar maar wordt t.b.v. van milieu en rechtvaardigheid sterk gestuurd. Krachtige internationale instellingen met milieubescherming en armoedebestrijding als missie lossen het klimaatprobleem op en zorgen voor een rechtvaardige inkomensverdeling. De technologische ontwikkeling is hoog maar niet alleen gestuurd door winstbejag.
- **Ecologie op kleine schaal (B2 type scenario)**
De economische groei is laag en de technologische vooruitgang richt zich sterk op oplossing van milieuproblemen en lokale productie- en consumptiepatronen. Bestuurlijke innovatie vindt vooral plaats op regionaal niveau. Normen en waarden keren zich af van ongebreideld materialisme.

Beschrijving van de CPB-omgevingsscenario's

De vier omgevingsscenario's van de nieuwe Europese lange termijn scenario's van het CPB worden als volgt gekenmerkt:

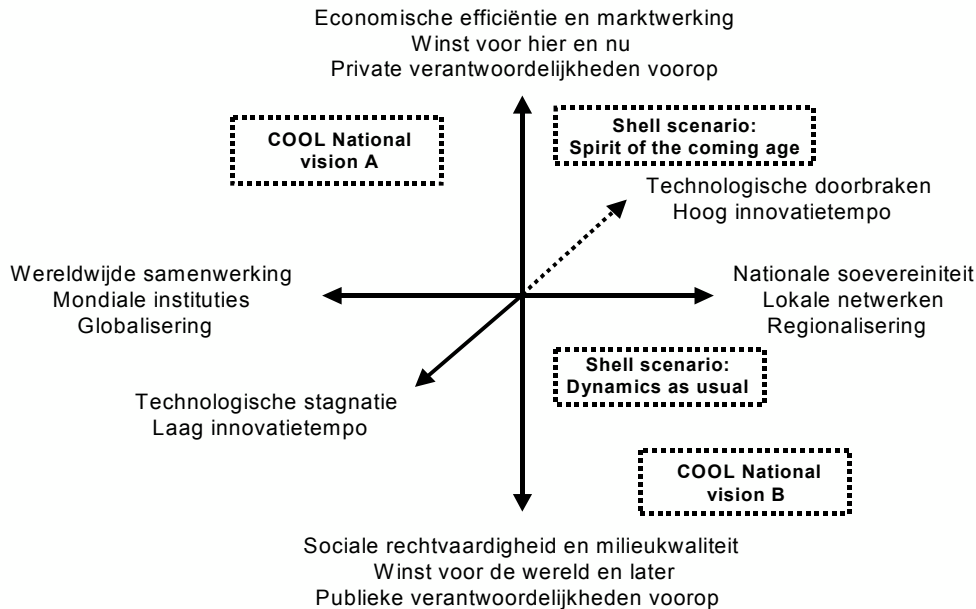
- **Mondiale economie (A1 type scenario)**
Verbetering van de economische efficiëntie via versnelde Europese (economische) integratie is de krachtigste maatschappelijke drijfveer. Ook de integratie van Oost-Europa is in dit opzicht succesvol. De liberalisatie van de wereldhandel boekt steeds verdere vooruitgang en dit verbetert de groeivoorzichten voor ontwikkelingslanden. De globalisering wordt echter gekenmerkt door eendimensionaal economisch succes en leidt niet tot oplossing van wereldwijde milieuproblemen.
- **Transatlantische markt (A2 type scenario)**
Ook hier speelt verbetering van de economische efficiëntie een hoofdrol, maar dit keer via een transatlantisch handelspact tussen de VS en afzonderlijke Europese lidstaten. De economische integratie binnen Europa verliest daarmee vaart en de onderlinge inkomensverschillen binnen Europa nemen toe. In institutionele zin is er convergentie tussen de Amerikaanse aanpak van marktwerking en overheidsingrijpen en de Europese. Het transatlantisch pact leidt echter niet tot hoge economische groei elders in de wereld waardoor de tegenstellingen tussen arme en rijke landen verscherpen.
- **Sterk Europa (B1 type scenario)**
De Europese eenwording verloopt voorspoedig maar niet door nadruk op economische groei en verbetering van efficiëntie maar door bewust streven naar sociale cohesie via inkomenspolitiek. Hierdoor wordt Europa een wereldmacht die ook de ontwikkelingslanden meevoert in succesvolle mondiale samenwerking op andere gebieden dan alleen wereldhandel. De VS verliest door eenzijdige behartiging van economische belangen een leidende rol op het wereldtoneel.
- **Regionale gemeenschappen (type B2 scenario)**
De integratie van Europa verloopt langzaam doordat het gewicht van nationale belangen erin slaagt een voortgaande economische integratie te frustreren. Zorg voor handhaving van de oude welvaartsstaten voorkomt dynamische structurele veranderingen. Op wereldschaal vormen zich relatief geïsoleerde handelsblokken die de voortgang van de economische globalisatie belemmeren. Institutionele vernieuwing op Europees niveau komt vrijwel tot stilstand.

2.3 Technologie als autonome factor: de Shell- en COOL-scenario's

Technologische ontwikkeling als derde as

In de eerder genoemde scenario's wordt de technologische ontwikkeling vooral als resultante gezien van de beschreven omgevingsscenario's. In het algemeen wordt daarbij een sterke positieve koppeling verondersteld tussen het tempo van de economische groei, de globalisering van de wereldeconomie en de snelheid van de technologische vooruitgang. Deze veronderstelling is vaak niet expliciet onderbouwd en het is zeker mogelijk factoren te signaleren die deze veronderstelling niet in alle omstandigheden rechtvaardigen. Zo was de oliecrisis van de jaren zeventig tegelijkertijd aanleiding voor economische stagnatie en snelle technologische vooruitgang in de gas- en oliewinning en het eindverbruik. Bovendien wordt het tempo van technologische ontwikkeling ook sterk gestuurd door structurele veranderingen in de economie en niet alleen door het niveau van de economische groei. Technologische ontwikkeling kan dus zeker gezien worden als een autonome drijfkracht, die in ieder geval niet alleen afhankelijk is van algemeen economische ontwikkelingen wat betreft groei en handel. Technologie vormt dan als het ware een derde as in aanvulling op de tweedimensionale indeling van het IPCC-scenariofamilie concept. In het ene uiterste van deze as liggen dan de werelden waarin de technologische ontwikkeling traag verloopt en grote doorbraken uitblijven. Op het andere uiterste van deze as liggen dan de werelden waarin verondersteld wordt dat de technologische ontwikkeling een hoog tempo aanhoudt en grote doorbraken elkaar in snel tempo opvolgen. Figuur 2.2 voegt deze derde as toe aan het tweedimensionale IPCC-concept. Zowel in de Shell-scenario's als in de COOL-

scenario's speelt de technologische ontwikkeling een autonome hoofdrol en bovendien wordt in beide studies uitgegaan van snelle veranderingen. Wel liggen de scenario's op tegenpolen wat betreft de sociale prioriteiten, omdat de Shell-scenario's uitgaan van een grote invloed van de (economische) prioriteiten van consumenten, terwijl de COOL-scenario's uitgaan van een dominerende prioriteit voor milieukwaliteit.



Figuur 2.2 *Technologische vooruitgang als derde as naast sociale prioriteiten en mate van globalisering*

Beschrijving van de Shell-omgevingsscenario's

In de Shell-scenario's vormt de technologie een onbeheersbare factor die meerdere kanten kan opgaan en die van doorslaggevende betekenis is voor de inrichting van de energievoorziening. De Shell-studie stelt zelfs expliciet, dat allerlei bredere maatschappelijke ontwikkelingen er veel minder toe doen dan wel eens gedacht wordt en noemt naast de technologische ontwikkeling toch weer de brandstofvoorraden als doorslaggevende factor voor de lange termijn koers van de energievoorziening. De twee gepresenteerde scenario's zijn dan ook niet gebaseerd op in detail uitgewerkte omgevingsscenario's, maar beschrijven vooral waartoe andersoortige technologische trajecten kunnen leiden en welke sociale prioriteiten daartoe aanleiding zouden kunnen geven. De twee Shell-scenario's kunnen conform dit beeld als volgt omschreven:

- **Dynamics as usual**
De sociale prioriteiten liggen bij de transitie naar een duurzame wereld. Dit leidt tot een evolutionaire technologische ontwikkeling, die niettemin gekenmerkt wordt door wisselende successen en veel maatschappelijke conflicten, waarbij bestaande brandstoffen en technologieën nog lang de toon zetten.
- **Spirit-of-the-coming-age**
Onverwachte technologische doorbraken, die tot stand komen door consumentenvoorkeuren voor experimentele en revolutionaire nieuwe technologieën blijken uiteindelijk ook te leiden tot een snelle wijzigende brandstofinzet en superieure milieukwaliteit. De markt is niet noodzakelijkerwijze slecht voor het milieu, maar leidt tot snelle innovaties die in veel opzichten optimaler zijn.

Omgevingsscenario's in de COOL-studie

De COOL-studie is in tegenstelling tot alle eerder genoemde scenariostudies gebaseerd op een 'backcasting' aanpak, waarbij een forse emissiereductie van broeikasgassen (80%) in 2050 uitgangspunt in plaats van resultaat is. Daarbij is geabstraheerd van het soort maatschappelijke ontwikkelingen dat uiteindelijk tot een omgeving zou kunnen leiden waarin 80% reductie mogelijk is. Veeleer zijn uitspraken gedaan over de inzet van (nieuwe) technologische opties die tot dit eindresultaat zouden kunnen leiden. Voor de Nederlandse scenario's is aanvankelijk een achtergrondstudie gemaakt waarin twee visies op omgevingsscenario's zijn gepresenteerd (Visie A en Visie B). Deze twee visies komen sterk overeen met de IPCC-omgevingsscenario's A1 en B2. Deze twee visies komen echter in de eindrapportage van het COOL-project niet meer aan de orde. Een tweede kenmerk van de COOL-studie was het intensieve gebruik van een continue dialoog op nationaal, Europees en mondiaal niveau met allerlei doelgroepen om de technologische resultaten te toetsen op draagvlak. In deze consultatierondes kwamen vooral twijfels naar voren over de plausibiliteit van omgevingsscenario's die tot dergelijke uitkomsten zouden kunnen leiden. De technologische haalbaarheid van de scenario's op zich stond minder ter discussie.

Varianten binnen IPCC-omgevingsscenario's op basis van technologiekeuze

Opgemerkt moet worden, dat er ook in de IPCC-scenario's niet altijd sprake was van een heel sterke koppeling tussen omgevingsscenario's en brandstofinzet inclusief technologiekeuze. Dit heeft er zelfs toe geleid dat in het eindrapport de A1 scenariofamilie steeds is gepresenteerd in de vorm van drie technologische sterk uiteenlopende varianten. Naast de basisvariant (beschreven als variant A1B) is er een fossiel-intensieve (beschreven als variant A1FI) en een duurzaam-intensieve variant (beschreven als variant A1T.) In die zin kan ook in de IPCC-scenario's van een hypothetische derde as gesproken worden, maar dit wordt nergens zo expliciet behandeld als in de Shell- en COOL-scenario's het geval is.

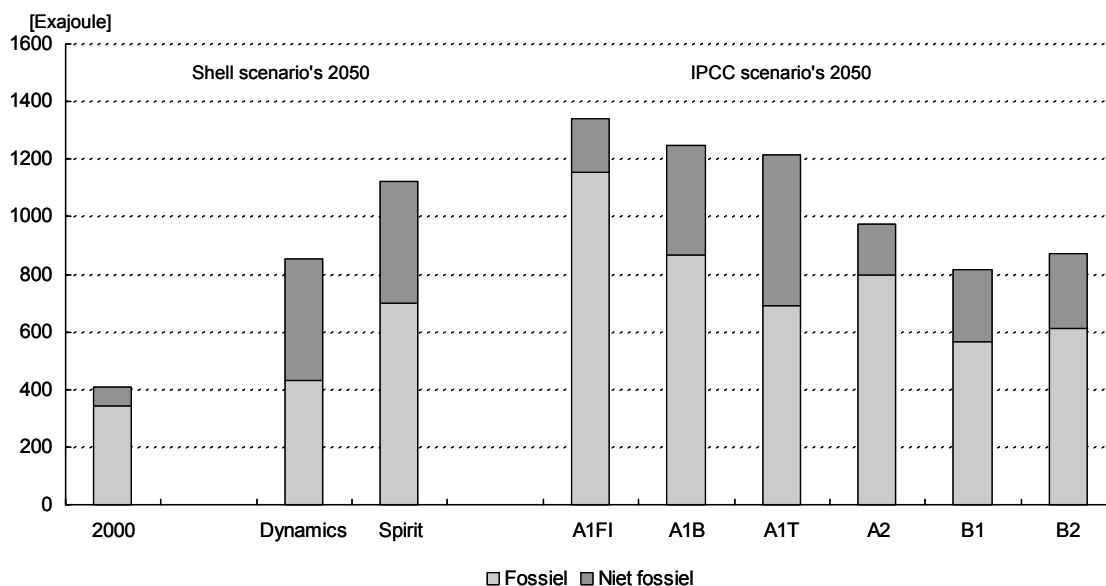
2.4 Invloed drijvende krachten op niveau van energiegebruik

Economische globalisering belangrijkste drijvende kracht in mondiale scenario's

Een wereld met een voortschrijdende globalisering en prioriteit voor individuele consumenten en burgers leidt tot een relatief sterk stijgend niveau van primair energiegebruik zoals uit Figuur 2.3 te concluderen valt. Het wereldenergieverbruik in de IPCC-A1 scenario's stijgt namelijk het snelst, onmiddellijk gevolgd door het Shell Spirit of the coming Age scenario. De scenario's met een sterke nadruk op publieke prioriteiten (sociale rechtvaardigheid en milieu) laten een veel minder sterke stijging zien (IPCC-B scenario's en Shell Dynamics as usual scenario). Het IPCC A2-scenario neemt een tussenpositie. In alle scenario's verdubbelt het primaire energiegebruik in 2050 in ieder geval, in de IPCC A1-scenario's komt het zelfs tot een verdrievoudiging.

Combinatie van institutionele globalisering met hoge milieuprioriteit levert laagste niveau

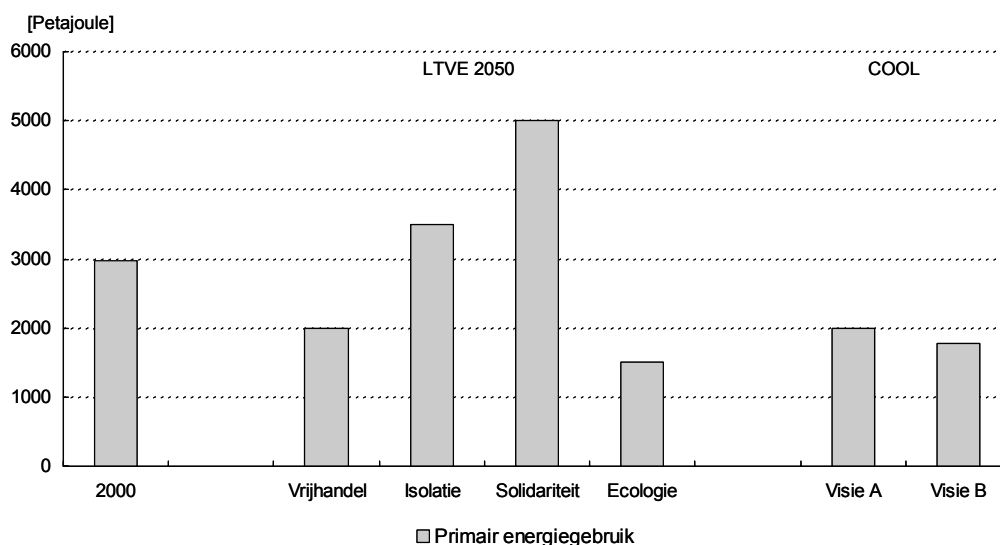
Zoals men a priori zou verwachten leidt het IPCC B1-scenario tot het laagste niveau van de mondiale energievraag en daarmee het laagste niveau van de mondiale milieubelasting. In wezen spoort dit IPCC-plaatje goed met het wereldbeeld van het Shell Dynamics as usual scenario dat op ongeveer hetzelfde niveau van de mondiale energievraag uitkomt.



Figuur 2.3 Niveau primair energiegebruik in 2050 in Shell- en IPCC-scenario's

Invloed drijvende krachten in nationale scenario's niet eenduidig

De invloed van economische globalisering in de nationale scenario's is lang niet zo eenduidig als in de mondiale scenario's. In vier van de zes scenario's is er sprake van een dalend i.p.v. een stijgend energiegebruik. Bovendien komt het LTVE-scenario 'solidariteit op wereldschaal' op het hoogste niveau van het energiegebruik i.p.v. het laagste zoals in het equivalente IPCC B1-scenario. Een belangrijke reden zou kunnen zijn dat Nederland al veel welvarender is dan grote delen van de wereld. Een vergelijking met de OECD-cijfers in de IPCC-scenario's ligt dan ook meer voor de hand. De OECD-niveau cijfers laten echter een gelijk patroon zien als de mondiale niveau cijfers en ook hier is alleen sprake van een daling van het energiegebruik in het B1 scenario. Als reden voor het zeer hoge niveau van de energievraag wordt aangegeven, dat Nederland zich min of meer uit solidariteitsoverwegingen opoffert om wereldleverancier van energie-intensieve producten te worden. Wat betreft de COOL-scenario's moet overigens met nadruk opgemerkt worden, dat het streefbeeld betreft waarin de klimaatproblematiek expliciet aangepakt wordt ('backcasting' methode) en dat derhalve een vergelijking met de andere scenario's eigenlijk niet verantwoord is.



Figuur 2.4 Niveau primair energiegebruik in 2050 in LTVE- en COOL-scenario's

2.5 Evaluatie van omgevingsscenario's

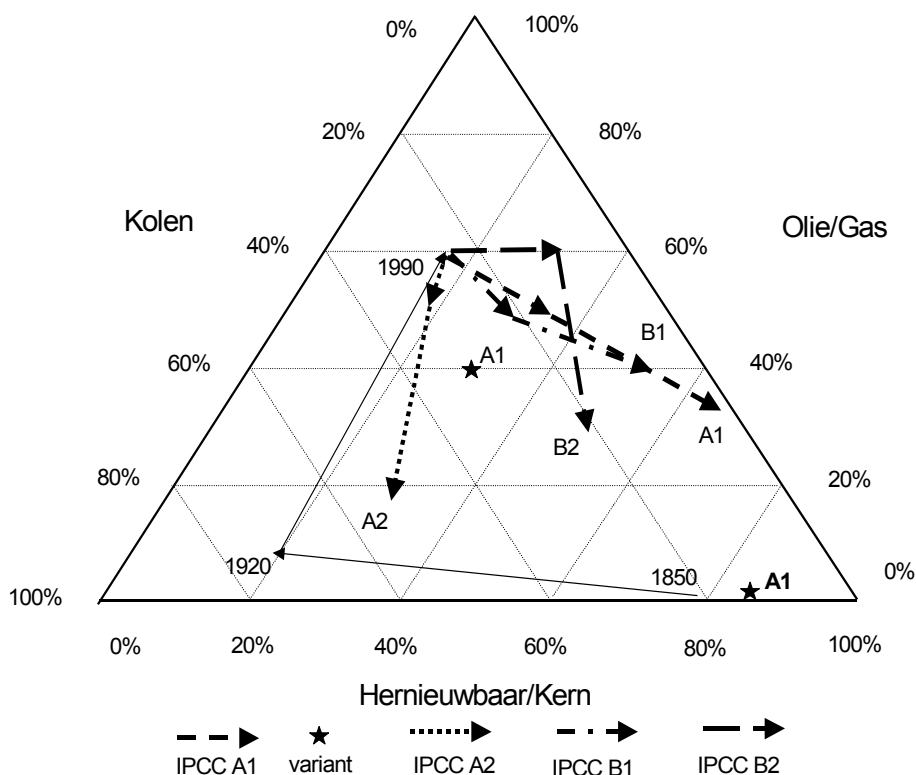
Ten aanzien van de drijvende krachten in omgevingsscenario's kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Er bestaat een hoge mate van gelijkgezindheid onder scenariobouwers over de belangrijkste onzekerheden die de mogelijke maatschappelijke omgeving waarin de transitie naar duurzaamheid zal moeten plaatsvinden afbakenen. Naast de mate van globalisering en het relatieve gewicht van private versus sociale prioriteiten is dat in ieder geval ook de snelheid van technologische vooruitgang.
- Men is het niet eens over de mogelijke structurele samenhang tussen de drie genoemde basisonzekerheden. Er bestaat soms de neiging om de assen van voortgaande wereldwijde samenwerking en hoge prioriteit voor marktwerking te laten samenvallen met snelle technologische ontwikkeling, zodat het in de wereld slechts twee kanten op kan gaan: ofwel in de richting van voortgaande globalisering, meer marktwerking en snellere technologische ontwikkeling ofwel in de richting van tragere globalisering, zwaarwegende publieke verantwoordelijkheden en stagnerende technologische ontwikkeling. Vooralsnog lijkt dit geen standpunt dat als uitgangspunt voor transitiebeleid genomen zou moeten worden. Juist voor transitiebeleid moet gebruik gemaakt worden van de vrijheidsgraad die door een onafhankelijke sturing van technologische ontwikkeling geboden wordt.
- Het niveau van het mondiale energiegebruik is sterk afhankelijk van veronderstellingen over de richting waarin de drijvende krachten zich bewegen. Een combinatie van economische globalisering en private prioriteiten leidt tot het hoogste niveau, een combinatie van institutionele globalisering en publieke prioriteiten leidt tot het laagste niveau. Snelle technologische vooruitgang zal ceteris paribus ook beperkend werken op de vraag.
- De behandelde nationale scenario's leiden niet tot eenduidige conclusies over de invloed van de drijvende krachten op het niveau van het nationale energiegebruik in Nederland. De veronderstellingen hierover lijken deels in tegenspraak met hetgeen geconstateerd kan worden uit de mondiale scenario's. De uitwerking van de drijvende krachten op het niveau van het Nederlandse energieverbruik leent zich dus voor uiteenlopende interpretaties.

3. DE SAMENHANG TUSSEN OMGEVINGSSCENARIO'S EN DE INZET VAN BRANDSTOFFEN

3.1 Transitietrajecten van de brandstofinzet in de IPCC-referentiescenario's

Voor de beschrijving van de ontwikkeling van de brandstofinzet in de besproken scenario's wordt een figuur gebruikt die de trajecten van de aandelen van de drie belangrijkste groepen brandstoffen (kolen, olie en gas, hernieuwbare bronnen en kernenergie) in één diagram aanschouwelijk maakt. De figuur vormt een driehoek met zijden waarlangs de percentages inzet van de betreffende brandstofcategorieën zijn aangegeven. De hoekpunten van deze driehoeken beschrijven situaties waarin één van de drie brandstofsoorten de gehele energievoorziening dekt: de top bij 100% olie en gas, de linkerhoek bij 100% kolen en de rechterhoek bij 100% hernieuwbaar en/of kern. Binnen in de driehoek zijn lijnen getrokken die een constant aandeel van een bepaalde brandstof aangeven. Essentieel voor de interpretatie is een juiste koppeling van lijnen met brandstoffen. De horizontale lijnen geven het aandeel van olie en gas weer, de lijnen van linksboven naar rechtsonder het aandeel van kolen en de lijnen van rechtsboven naar linksonder het aandeel hernieuwbare bronnen en kernenergie.



Figuur 3.1 *Ontwikkeling van de brandstofsamenstelling in de IPCC-scenario's*

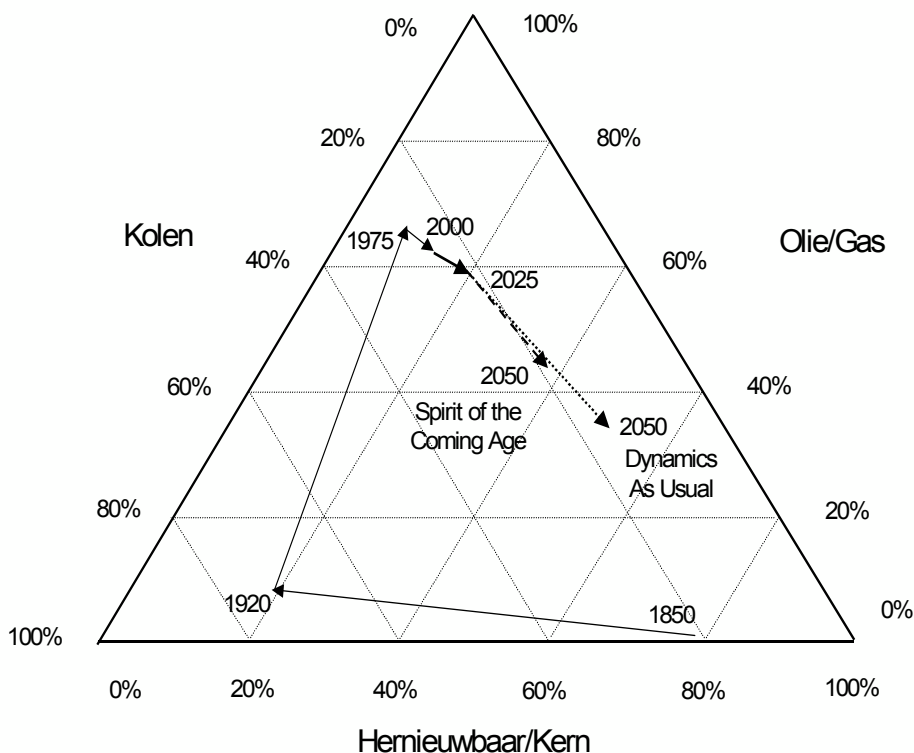
De dunne lijn geeft de historische transitie van 1850 tot 1990 weer, die in twee periodes uiteenvalt. De periode tot 1920 wordt gekenmerkt door een continue vervanging van hernieuwbare bronnen door steeds meer kolen. Daarna stabiliseert de inzet van hernieuwbare bronnen min of meer en vindt alleen nog substitutie van kolen door olie en gas plaats.

De IPCC-scenario's A1, A2, B1 en B2 zijn weergegeven in twee trajecten: het traject van 1990 tot 2050 (de eerste pijl) en het traject van 2050 tot 2100. Kenmerkend voor alle scenario's tot 2050 is, dat er een eind komt aan het stijgende aandeel van olie en gas. Het aandeel van kolen loopt weliswaar in de meeste scenario's ook terug maar veel minder hard. De koolstofneutrale bronnen winnen geleidelijk aan aandeel. Opmerkelijk voor deze eerste periode is ook dat de vier scenario's nog niet zo sterk uiteenlopen. De samenhang tussen omgevingsscenario's en de inzet van brandstoffen loopt pas sterk uiteen in het traject na 2050. Dan vind in wezen de slag plaats tussen kolen en hernieuwbare bronnen en/of kernenergie, terwijl de rol van olie en gas wordt gemarginaliseerd. In de A1 en B1 scenario's (de werelden van globalisering) worden hernieuwbare bronnen en/of kernenergie dominant. In de A2 en B2 scenario's (de werelden van isolatisme) blijft de rol van kolen sterk of wordt zelfs dominant. Opvallend is verder, dat de werelden waarin niet-monetaire waarden overheersen (B1 en B2) kennelijk tot minder dramatische transitie aanleiding geven dan de werelden waarin monetaire waarden overheersen. (De eindpunten van B1 en B2 liggen dicht bij elkaar en dicht bij het vertrekpunt dan de eindpunten van A1 en A2) Deze conclusie kan ook afgeleid worden uit het feit, dat de IPCC in aanvulling op de genoemde vier scenario's nog twee varianten op het A1 scenario heeft ontwikkeld, waarbij in de ene variant de fossiele brandstoffen veel sterker blijven overheersen terwijl in de andere variant de hernieuwbare bronnen en/of kernenergie nog verder doorzetten. Alleen de eindpunten van deze trajecten zijn in Figuur 3.1. opgenomen.

Figuur 3.1 laat goed zien hoe de transitie die in de vorige eeuw plaats vond (de eerste helft van een kloksgewijze lopende krul) in de komende eeuw op verschillende manieren verder kan lopen (de tweede helft van de krul). Het brengt als het ware de cirkelgang van de transitie in kaart. Daarbij moet nadrukkelijk vermeld worden dat de intentie van de IPCC was om scenario's te formuleren waarin nog geen rekening gehouden worden met bewust klimaatbeleid. Het betreft dus duidelijk beleidsloze referentiescenario's (door de IPCC 'marker' scenario's genoemd). De gevolgen voor de verwachte atmosferische concentratie van broeikasgassen in 2100 lopen dan ook sterk uiteen (A1 574 ppm, A2 799 ppm, B1 539 ppm, B2 598 ppm). Na verschijning van het oorspronkelijke Special Report on Emission Scenario's (SRES) zijn ten behoeve van het Third Assessment Report nog een aantal beleidsscenario's doorgerekend (de zogenaamde post-SRES scenario's), die de noodzakelijke koerswijzigingen om verschillende niveau's van broeikasgasconcentraties te halen in kaart te brengen. In deze post-SRES scenario's neemt de penetratie van hernieuwbare bronnen en/of kernenergie nog verder toe, terwijl de CO₂-emissie door de inzet van kolen verder vermindert door brandstofsubstitutie of CO₂-afvang en -opslag.

3.2 Brandstofinzet in Shell-scenario's divergeert niet

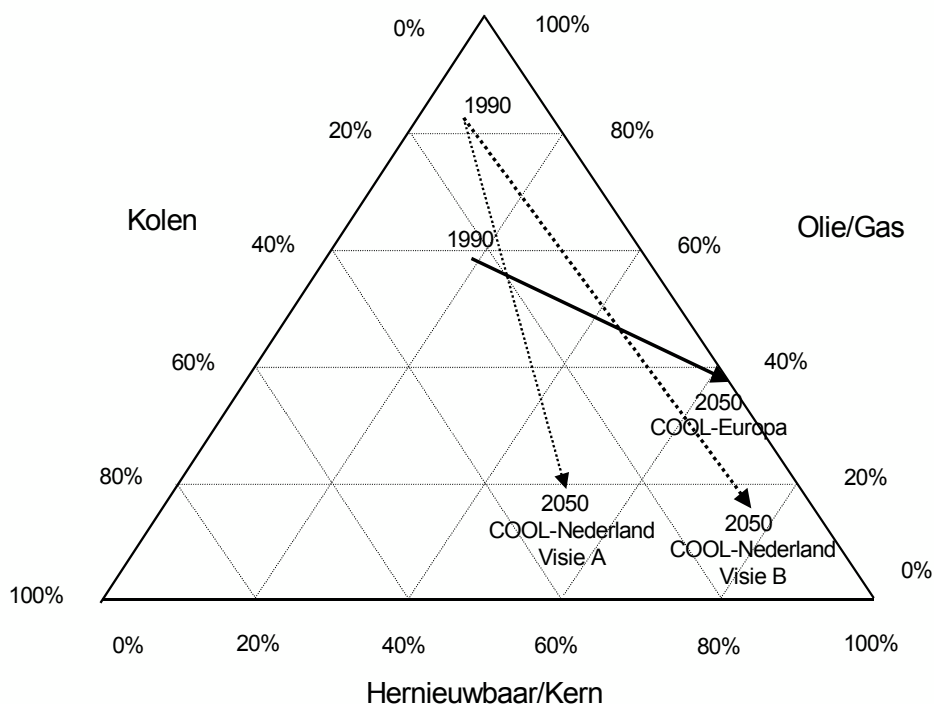
De samenstelling van de brandstofinzet in de beide Shell-scenario's loopt niet erg sterk uiteen. In de periode tot 2025 blijft deze zelfs in beide scenario's ongeveer gelijk. In de periode 2025-2050 treedt er wel differentiatie op, maar dit uit zich vooral in een verschillend tempo van substitutie langs in wezen hetzelfde traject, waarbij vooral olie en gas vervangen wordt door koolstofneutrale energiedragers terwijl de inzet van kolen slechts heel langzaam afneemt. Belangrijk is hierbij op te merken, dat de werkelijke verschillen tussen de energievoorziening in beide scenario's minder te maken hebben met de samenstelling van de brandstofinzet, maar met andere factoren. In de eerste plaats ontwikkelt de totale energievraag zich veel sneller in het scenario waarin de substitutie iets minder snel verloopt ('spirit of the coming age'). In de tweede plaats verschilt vooral de inzet van technologie per brandstofsoort. Deze observatie wordt in het volgende hoofdstuk verder toegelicht.



Figuur 3.2 *Ontwikkeling van de brandstofsamenstelling in de Shell-scenario's*

3.3 Brandstofinzet in de COOL-scenario's meest duurzaam

Voor de COOL-studie zijn scenario's ontwikkeld zowel op nationaal niveau als op Europees niveau. Nogmaals wordt benadrukt dat deze scenario's gebaseerd zijn op een doelstelling van 80% reductie van de uitstoot van broeikasgassen en in die zin veel extremere beelden schetsen dan de eerder genoemde scenario's. Het transitietraject van de scenario's is weergegeven in Figuur 3.3. Opgemerkt moet worden dat er twee scenario's geproduceerd zijn voor Europa, maar dat het aandeel koolstofneutrale brandstoffen in beide scenario's gelijk is. Vooral de inzet van technologie verschilt en dit komt in het volgende hoofdstuk pas aan de orde. De substitutie richting hernieuwbare bronnen gaat in deze scenario's duidelijk veel verder dan in de eerder genoemde scenario's. Opvallend is verder, dat het Nederlandse energiewaarscenario gebaseerd op visie A qua omgevingscenario sterk verwant is aan het IPCC A1-scenario, maar dat hier kennelijk uitgegaan wordt van een transitietraject, dat veel dichter ligt bij de fossiel-intensieve variant van het IPCC A1-scenario dan bij het basisscenario.



Figuur 3.3 *Ontwikkeling van de brandstofsamenstelling in de COOL-scenario's*

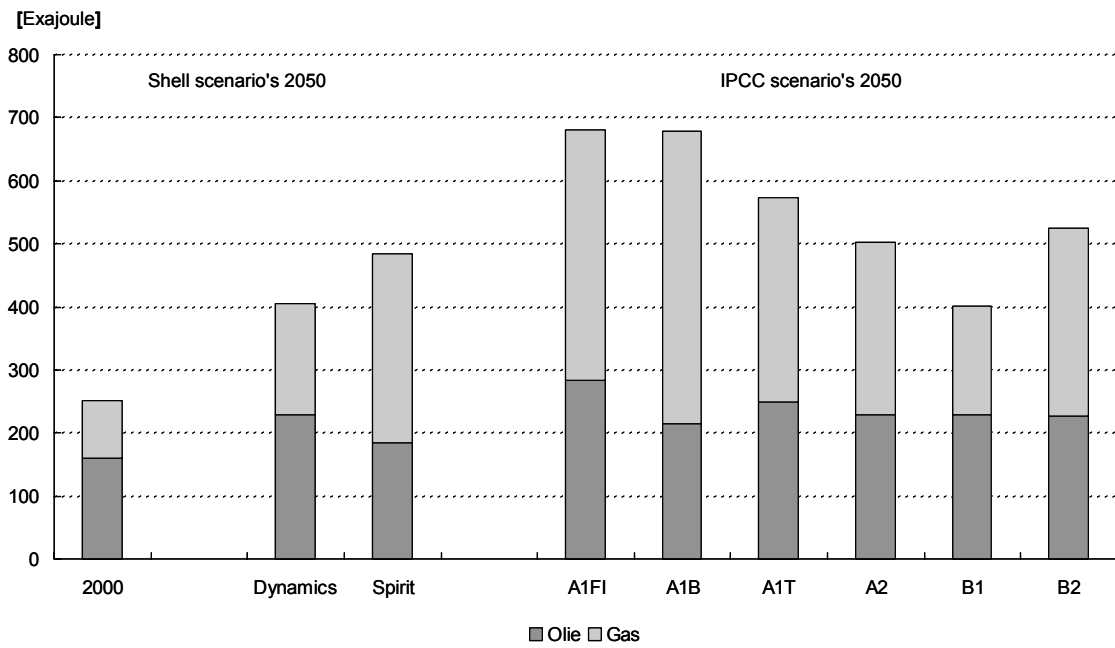
3.4 Transitietrajecten van de brandstofinzet in de LTVE-scenario's

De LTVE-scenario's geven geen kwantitatieve cijfers over de brandstofinzet, maar stappen rechtstreeks van de omgevingsscenario's naar conclusies over in te zetten energietechnologie.

3.5 Evaluatie van brandstofinzetscenario's

Ten aanzien van de samenhang tussen omgevingsscenario's en de inzet van brandstoffen kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Indien uitgegaan wordt van omgevingsscenario's met krachtige globaliseringstendensen (de IPCC-scenariofamilie's A1 en B1) worden hernieuwbare bronnen en/of kernenergie dominant. Indien uitgegaan wordt van omgevingsscenario's met krachtige tendensen tot isolacionisme (de IPCC-scenariofamilie's A2 en B2) blijft de rol van kolen sterker of wordt zelfs dominant. Wereldbeelden waarin niet-monetaire waarden en sociale prioriteiten overheersen (B1 en B2) worden geacht tot minder dramatische transitie aanleiding te geven dan wereldbeelden waarin monetaire waarden overheersen.
- De bovenstaande conclusie wordt niet gedeeld door scenariobouwers die de nadruk leggen op een autonome rol voor technologie (Shell- en COOL-studies). Zij komen juist tot de conclusie dat transitie in de brandstofinzet vooral bepaald worden door niet-monetaire waarden en sociale prioriteiten min of meer onafhankelijk van tendensen tot meer of minder globalisering.
- De brandstofsamenstelling is afhankelijk van veronderstellingen over technologische vooruitgang en economische structuur. Een snelle technologische vooruitgang blijkt niet noodzakelijkerwijze goed voor meer inzet van hernieuwbare bronnen en/of kernenergie. Het kan ook leiden tot een langer gebruik van schonere fossiele brandstoffen.



Figuur 3.4 Aandelen olie en gas in Shell- en IPCC-scenario's voor 2050

4. DE SAMENHANG TUSSEN OMGEVINGSSCENARIO'S, BRANDSTOFINZET EN TECHNOLOGIEKEUZE

4.1 Technologiekeuzes vaak niet duidelijk onderbouwd

De in het vorige hoofdstuk beschreven algemene transitietrajecten voor de brandstofinzet laten in het algemeen een veel grotere rol voor hernieuwbare bronnen en soms kernenergie zien. Hoe groot die rol gaat worden hangt daarbij mede af van de inzet van nieuwe en efficiëntere technologie voor fossiele brandstoffen met eventueel CO₂-afvang en opslag. Niet alle scenario's zijn even expliciet over de veronderstelde inzet van de technologieën die daarbij een rol spelen. Bovendien is niet altijd duidelijk wat de samenhang is tussen de veronderstelde omgevingsscenario's en de veronderstelde technologiekeuze. Over de ontwikkeling van infrastructuur worden in het algemeen al helemaal geen uitspraken gedaan. In dit hoofdstuk wordt in grote lijnen aangegeven in welke scenario's wel een expliciete keuze plaatsvindt.

4.2 De rol van kolen

Wereldwijde rol van kolentechnologie

Het aandeel van kolen in de toekomstige energievoorziening kan sterk uiteenlopen. De belangrijkste drijvende kracht is de maatschappelijke prioriteit die aan milieuproblemen wordt toegekend. Hoe meer aandacht voor milieubelangen, des te minder kolen. Geen van de scenario's laat de technologische ontwikkeling op dit vlak een doorslaggevende rol spelen. Immers, in beginsel zouden CO₂-afvang en opslag ook kolen tot een koolstofneutrale brandstof kunnen maken. Maar in geen enkel scenario leidt deze mogelijkheid tot een sterk stijgend aandeel kolen. Wat betreft de invloed van globalisering op de rol van kolen zijn er geen duidelijke krachten die eenduidig tot meer en minder koleninzet leiden. Aan de ene kant leidt de vorming van regionale economische blokken en tendensen richting nationale autarkie tot grotere koleninzet m.n. vanwege de kolenrijkdom van de bevolkingsrijke Aziatische landen. Aan de andere kant leidt de bloei van de wereldhandel eveneens tot grote wereldwijde stromen van energiedragers waaronder kolen. De rol van kolen in de Shell-scenario's blijft min of meer constant omdat de kosten van kolen op termijn een knellende factor gaan worden voor verdere uitbreiding. Wel vindt er een verschuiving plaats naar andere technologie. Kolenvergassing met CO₂-afvang en opslag en methaan uit kolenbedden worden aan het eind van het traject standaard en zijn m.n. in China en India van belang, maar dit leidt niet tot vergroting van het aandeel kolen. Geen van de scenario's presenteert kwantitatieve gegevens over specifieke ontwikkelingen van de inzet van kolentechnologie in termen van conversierendement, verbranding versus vergassing of meestoken van biomassa.

Nederlandse rol van kolentechnologie

In de LTVE-scenario's worden kolen alleen van belang geacht in de scenario's 'Vrijhandel' en 'Isolatie' conform het bovengestelde. Kolenvergassing wordt daarbij in het scenario 'Vrijhandel' belangrijk genoemd vanwege continuïteit in de gasinfrastructuur en vanwege Nederlandse pretenties als gasbankier voor Europa. In de Europese COOL-scenario's vallen de kolen geheel weg vanwege milieuprioriteit. In de COOL-visies voor Nederland zit kolen vooral grootschalig in Visie A (Economische globalisering) waarbij wordt uitgegaan van 40% koolstofneutrale inzet t.b.v. coproductie van waterstof en elektriciteit.

4.3 De rol van olie en gas

Wereldwijde rol van olie en gas

In vrijwel alle IPCC-scenario's verdubbelt de inzet van olie en gas. Kennelijk worden de voorraden fossiele brandstoffen voldoende geacht om de inzet van olie en gas op een termijn van 50 jaar nog op concurrerende wijze te laten plaatsvinden. De in het algemeen veel sterkere stijging van de inzet van gas zoals in Figuur 4.1 te zien is, betreft een visie die in brede kringen gedeeld wordt. Wel is er grote onzekerheid over de vereiste ontwikkeling van verdere infrastructuur (o.a. LNG versus pijplijn). Maar hierover laten de scenario's zich niet uit. Opvallend is de relatief bescheiden rol die olie en gas spelen in de Shell-scenario's t.o.v. de IPCC-scenario's. Dit is vooral een gevolg van verwachtingen bij Shell dat schaarste en kosten wel degelijk een grote rol gaan spelen tegen het midden van de eeuw, een opvatting die in de IPCC-scenario's nauwelijks een rol lijkt te spelen.

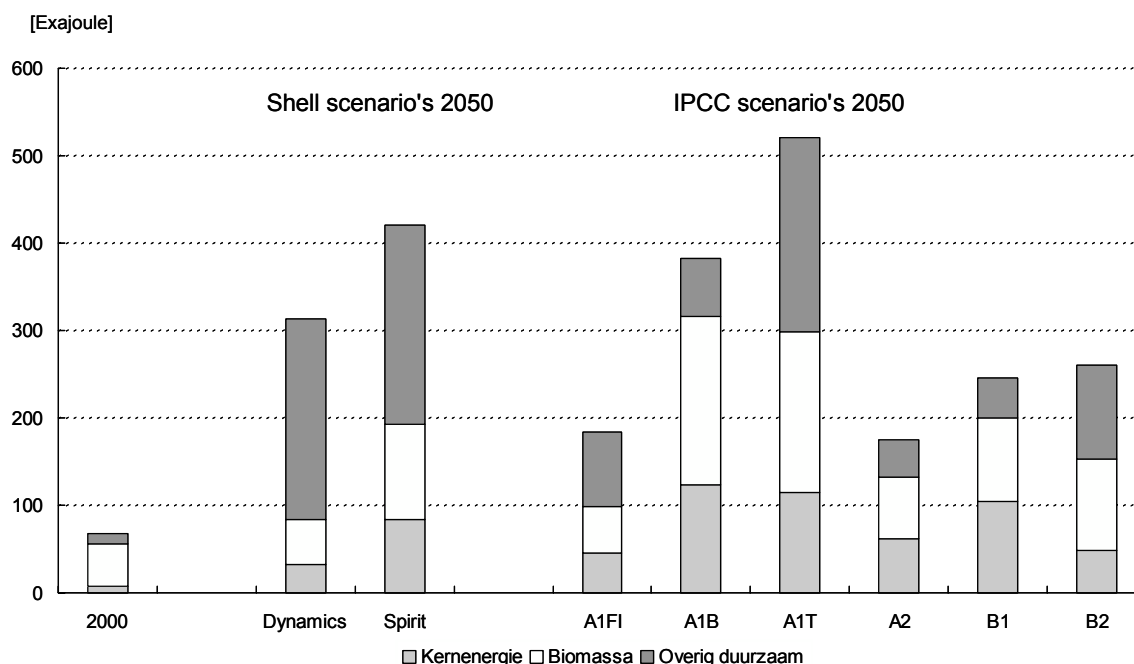
Europese en Nederlandse rol van olie en gas

In de Europese COOL-scenario's wordt verondersteld dat de rol van olie sterk wordt teruggedrongen (van 40% naar 8%) en dat het aandeel van aardgas verdubbelt m.n. in efficiënte toepassingen. Deze veronderstelling wordt in beide scenario's gehanteerd. In de nationale COOL-scenario's neemt de rol van olie en gas in 2050 zowel in absolute als in relatieve zin sterk af: van meer dan 2500 PJ naar minder dan 500 PJ ofwel van ongeveer 85% naar beneden de 20%. Olie wordt in deze scenario's alleen nog ingezet als feedstock en in de transportsector geheel vervangen door biofuels of waterstof. Gas blijft een bescheiden rol spelen in de gebouwde omgeving en industrie, maar wordt in deze en andere toepassingen vooral door biomassa verdrongen. De rol van olie en gas wordt in de LTVE-scenario's niet kwantitatief gespecificeerd. Zowel de visie op olie als gas is sterk afhankelijk van de omgevingsscenario's. In de scenario's met nadruk op globalisering ('vrijhandel' en 'solidariteit') is de nationale gasvoorraad opgemaakt en wordt de bestaande infrastructuur gebruikt voor gas uit een mix van bronnen w.o. vergassing van kolen en biomassa. Nederland wordt daarbij gasbankier. In het eerste scenario ('vrijhandel') is olie bovendien relatief goedkoop en ruim beschikbaar gebleven, zodat de dominantie van het huidige autoconcept gehandhaafd blijft. In het tweede scenario ('solidariteit') is de olie uitgefaseerd en vervangen door (elektrisch) openbaar vervoer en brandstofcelauto's. In de scenario's met nadruk op nationale oplossingen ('isolatie' en 'ecologie') wordt zeer zuinig omgesprongen met de nationale gasvoorraad en is alleen zeer efficiënte inzet via m.n. WKK is toegestaan. Wat betreft olie is de oplossing vooral gezocht in reductie van mobiliteit. In het eerste scenario ('isolatie') is olie erg duur en schaars beschikbaar, zodat het traditionele autoconcept veel minder dominant is geworden. In het tweede scenario ('ecologie') is het vervoer geheel gebaseerd op (elektrisch) openbaar vervoer en hybride auto's met brandstofcellen.

4.4 De rol van kernenergie

Wereldwijde rol van kernenergie

Kenmerkend voor alle IPCC-scenario's is de grotere inzet van kernenergie zoals in Figuur 4.2 is weergegeven. In geen van de referentiescenario's wordt uitgegaan van een uitfasering van kernenergie. In absolute zin is er in 2050 minimaal sprake van een zesmaal zo hoge inzet als in 2000 en in de helft van de scenario's is er sprake van minimaal een twaalfmaal zo hoge inzet. Deze verhoogde inzet vindt steeds in alle onderscheiden regio's plaats al loopt de concentratie per regio van scenario tot scenario uiteen. Ook zijn er moeilijk conclusies te trekken wat betreft de inzet van kernenergie in relatie tot de drijvende krachten per scenario. In de Shell-scenario's is eveneens geen sprake van uitfasering al is er in het Shell Dynamics as usual scenario slechts sprake van een ruime verdubbeling. Over het type kerncentrales of de gebruikte splijtstofcyclus worden geen specifieke uitspraken gedaan.



Figuur 4.1 Samenstelling van niet-fossiele inzet in Shell- en IPCC-scenario's voor 2050

Europese en Nederlandse rol van kernenergie

In de Europese COOL-scenario's is kernenergie helemaal niet in beschouwing genomen. Men meldt weliswaar, dat de bijdrage van kernenergie groot kan zijn indien de problemen van kosten, veiligheid, afvalverwerking en proliferatie goed opgelost worden, maar stelt dan expliciet en zonder veel toelichting dat alleen de opties met veel duurzame energie interessant zijn om verder uit te werken. In de nationale COOL-visies speelt kernenergie een belangrijke rol in visie A (economische globalisering en private prioriteiten), waarbij in 2050 30% van de elektriciteit met kernenergie wordt opgewekt. In visie B wordt kernenergie niet toegepast. De LTVE-scenario's doen geen uitspraak over de feitelijke bouw van nieuwe kerncentrales, maar wijzen met name in de scenario's met veel regionale prioriteiten (de B scenario's in IPCC-termen) naar een belangrijke rol voor kernenergie in Europa vanwege de voorzieningszekerheid. Vooral de import van kernstroom speelt daar een rol.

4.5 De rol van hernieuwbare bronnen

Wereldwijde rol van hernieuwbare bronnen

Alle scenario's gaan uit van een forse stijging van het aandeel duurzame energie zoals in het vorige hoofdstuk reeds is behandeld. De details van de samenstelling van dit aandeel worden niet gegeven. Wel is de verdeling tussen het aandeel biomassa en het aandeel overige hernieuwbare bronnen (m.n. zon, wind en waterkracht) bekend zoals weergegeven in Figuur 4.2. Hieruit komt geen duidelijk patroon naar voren wat betreft de samenhang met drijvende krachten in de omgevingsscenario's. Opvallend is verder de gemiddeld veel grotere rol van biomassa in de IPCC-scenario's dan in de Shell-scenario's. De redenen hiervoor in termen van b.v. knelpunten in de concurrentie om bouwland bij biomassa of uitblijvende kostendalingen bij zonnecellen kunnen niet achterhaald worden.

Europese en Nederlandse rol van hernieuwbare bronnen

Zowel de Europese als de Nederlandse COOL-scenario's worden gekenmerkt door zeer hoge aandelen biomassa. Uiteraard hangt dit samen met het feit dat het gaat om backcasting scenario's die een wereldbeeld schetsen waarin 80% CO₂-emissiereductie optreedt. In het eerste Europese scenario wordt dit voornamelijk bereikt door biomassa inzet (34% van het totale finale energiegebruik). In het tweede Europese scenario wordt naast biomassa (21%) ook een aanzienlijke hoeveelheid zon ingezet (17%). Het aandeel van biomassa in de Nederlandse COOL-scenario's ligt nog hoger (op 40% in visie A en 66% in visie B.) De aandelen van andere hernieuwbare bronnen liggen daar substantieel onder. In de LTVE-scenario's worden geen kwantitatieve uitspraken gedaan over duurzame energie, maar wel kwalitatieve relaties gelegd tussen de omgevingsscenario's en de inzet van duurzame energie in Nederland. Biomassa speelt een grote rol in het scenario 'vrijhandel' omdat in dit scenario de internationale stromen biomassa sterk toenemen en Nederland daarbij een rol speelt als Europees distributieland. Biomassa speelt ook een grote rol in het scenario 'solidariteit' maar nu ligt de nadruk meer op het gebruik van biomassa als feedstock in de chemische industrie, waarop Nederland mondiaal een sleutelrol is gaan spelen. In het scenario 'isolatie' speelt biomassa op lokale schaal een rol terwijl wind zowel off-shore als on-shore sterk in belang toeneemt. Tenslotte worden in het scenario 'ecologie' alle vormen van duurzame energie op decentrale basis ingezet.

4.6 Evaluatie van technologiekeuze

Ten aanzien van de samenhang tussen omgevingsscenario's en technologiekeuze kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De beschouwde scenario's bieden in het algemeen weinig inzicht in specifieke veronderstellingen over de details van technologiekeuze anders dan het niveau en de samenstelling van de inzet van energiebronnen.
- Voor zover er wel uitspraken gedaan worden over technologiekeuze, b.v. over kernenergie of biomassa laat de onderbouwing van deze keuze in termen van drijvende krachten in omgevingsscenario's of parameters in de sfeer van ontwikkeling van investeringskosten, brandstofprijzen, conversie-efficiëntie of maatschappelijke acceptatie te wensen over.
- De indruk bestaat dat de percepties van verantwoordelijke onderzoekers en onderzoeksorganisaties in veel gevallen een grote rol spelen wat betreft technologiekeuze, b.v. in het geval van kernenergie in de IPCC-scenario's en in het geval van biomassa in de COOL-scenario's.
- De enige studie die op consequente wijze een koppeling legt tussen drijvende krachten in omgevingsscenario's en de gevolgen voor Nederlandse inzet van technologie is de LTVE-studie. Maar deze studie doet weer geen kwantitatieve uitspraken. Verdere kwantitatieve uitwerking van de uitgangspunten en resultaten van deze studie zou voor transitiebeleid interessant geweest zijn.

5. CONCLUSIES

5.1 Samenvatting van algemene conclusies

In de drie basishoofdstukken van dit rapport zijn een aantal algemene conclusies getrokken wat betreft de drijvende krachten in omgevingsscenario's en de samenhang tussen omgevingsscenario's, brandstofinzet en technologiekeuze. Deze conclusies worden hier nog eens bondig samengevat.

Drijvende krachten in omgevingsscenario's

Er bestaat eensgezindheid tussen de verschillende scenariobouwers over de belangrijkste drijvende krachten voor ontwikkelingen in de energiesector en de aard van de onzekerheden die dit met zich meebrengt. Maar er is geen eensgezindheid over de samenhang tussen deze drijvende krachten en onzekerheden. Grootste verschilpunt betreft de vraag of het tempo van technologische ontwikkeling sterk bepaald wordt door het tempo van de economische groei en de mate van economische globalisering dan wel een min of meer autonoom karakter heeft. Het niveau van het mondiale energiegebruik is in ieder geval sterk afhankelijk van het type omgevingsscenario, waarbij vooral de groei van de mondiale economie en handel eenduidig samenhangt met het niveau van het mondiale energiegebruik. Omdat Nederland hierbij heel verschillende posities kan gaan innemen in de Europese energievoorziening, is deze conclusie niet zonder meer van toepassing voor het niveau van het Nederlandse energiegebruik.

Samenhang tussen omgevingsscenario's en brandstofinzet

Aanhoudende globalisering en economische groei leiden gezamenlijk uiteindelijk tot een dominante rol van hernieuwbare bronnen en/of kernenergie. Deze conclusie wordt evenzeer ingegeven door het daarmee gepaard gaande hoge groeitempo van het energiegebruik dat inzet van alle beschikbare bronnen noodzakelijk maakt als door de blijvende aandacht voor milieuvraagstukken. Meer nadruk op sociale prioriteiten zoals een rechtvaardiger inkomensverdeling of stringenter milieubeleid leidt niet eenduidig tot een bepaalde brandstofsamenstelling. Die samenstelling is afhankelijk van aanvullende veronderstellingen over technologische vooruitgang en economische structuur. Bovendien blijkt dat een snelle technologische vooruitgang niet noodzakelijkerwijze goed is voor meer inzet van hernieuwbare bronnen en/of kernenergie. Het kan ook leiden tot een langer gebruik van schonere fossiele brandstoffen.

Samenhang tussen omgevingsscenario's en technologiekeuze

In het algemeen zijn de besproken scenariostudies weinig specifiek over de technologieën die in de verschillende scenario's een hoofdrol spelen. Details over de manier waarop de verschillende energiebronnen worden ingezet in termen van technologische parameters en configuraties zijn schaars. Dit maakt generaliserende conclusies over de samenhang tussen omgevingsscenario's en technologiekeuzes onmogelijk. De indruk bestaat dat technologiekeuzes in het algemeen geen direct en logisch gevolg zijn van veronderstellingen over de drijvende krachten in de omgevingsscenario's, maar deels samenhangen met de percepties van onderzoekers en de formulering van energiemodellen. Dit betekent overigens niet dat deze percepties en modellen geen rationele of empirische basis hebben, maar wel dat de achtergrond van deze percepties en modellen onvoldoende expliciet gemaakt worden in de beschikbare rapportages.

5.2 Sterke en zwakke kanten van de verschillende scenariostudies

Voor een evaluatie van de sterke en zwakke kanten van de verschillende scenariostudies is het van essentieel belang de doelstellingen van de scenario's goed in het oog te houden. Met deze

kanttekening in gedachte kunnen een aantal conclusies worden getrokken voor de besproken scenariostudies.

Sterke en zwakke kanten van de IPCC-scenario's

De IPCC-scenario's zijn vooral opgesteld ter onderbouwing van lange termijn verwachtingen over de opbouw van broeikasgasemissies in de atmosfeer teneinde de mogelijke klimatologische en ecologische gevolgen in kaart te brengen. Ze beschrijven de consensus onder modelexperts over de omvang van de onzekerheden over het niveau van deze emissies. In die zin hebben deze scenario's gefunctioneerd als waakhond voor de problematiek, maar kunnen ze moeilijk gebruikt worden voor het ontwerpen van oplossingsrichtingen. Ze beschrijven geen consensus over de richting waarin de technologische ontwikkeling zich zou moeten of kunnen bewegen. Ook is het niet mogelijk uitspraken op het niveau van mondiale ontwikkelingen rechtstreeks te vertalen naar voor Nederland relevante conclusies met betrekking tot transitiebeleid. De belangrijkste waarde voor het transitiebeleid lijkt te liggen in de gebruikte concepten op het gebied van de belangrijkste dimensies van onzekerheden in omgevingsscenario's. Deze concepten hebben al invloed gehad op de gedachtevorming rond Europese scenario's van het CPB en vormen een interessant kader voor het formuleren van raakvlakken tussen algemeen maatschappelijke ontwikkelingen en mogelijke regimewijzigingen in de energiesector.

Sterke en zwakke kanten van de Shell-scenario's

De Shell-scenario's zijn bedoeld als stimulering voor uitdagende beelden van de toekomst, die in veel opzichten de conventionele patronen van het denken over de toekomst willen doorbreken. Ze zetten een evolutionaire visie (van kolen naar gas naar duurzaam en/of kern gedreven door milieu-eisen) tegenover een revolutionaire visie (de waterstofeconomie gedreven door consumentenbelangen) en laten zien dat conventionele opvattingen ter discussie moeten staan. De revolutionaire visie is duidelijk één van de vele mogelijkheden. Het zijn goede transitie-scenario's, omdat ze een sterk focus hebben op de procesmatige kant van transities en de samenhang tussen innovatie in niches, regimeveranderingen op het niveau van de energiesector en brede maatschappelijke ontwikkelingen. Ze zijn minder gefocust op specifieke cijfers. In tegenstelling tot de IPCC-scenario's leggen ze sterk de nadruk op de autonome krachten in technologische ontwikkelingen en zijn ze minder optimistisch over de uiteindelijke effecten van de schaarste aan fossiele brandstoffen.

Sterke en zwakke kanten van de COOL-scenario's

De COOL-studie is de enige studie met een backcasting karakter: het vertalen van gewenste milieugevolgen naar eisen aan de energiesector. In de scenario's worden dan ook extreme eindsituaties geschetst, waarin de focus nadrukkelijk op één reddende energiebron ligt: biomassa. In dat opzicht beschrijven de COOL-scenario's ingrijpende transities. Daarbij moet wel opgemerkt worden, dat de doelstelling van deze scenario's vooral gericht was op het uitlokken van dialoog met de doelgroepen van mogelijk beleid. Op basis van deze dialoog zijn in het eindrapport vervolgens per sector transitieroutes geformuleerd met een veel meer genuanceerde inzet van brandstoffen en technologieën. Deze routes zijn echter niet meer geaggregeerd tot consistente scenario's. Dit betekent dat de belangrijke boodschappen wat betreft transitie-management eigenlijk meer zijn vastgelegd in deze sectorale transitieroutes dan in de oorspronkelijke scenario's die hier besproken worden. De sterke kant van de COOL-scenario's was vooral het uitlokken van dialoog. Het is jammer dat de resultaten van deze dialoog in de vorm van transitieroutes niet meer in nieuwe scenario's zijn vastgelegd.

Sterke en zwakke kanten van de LTVE-scenario's

De verdienste van de LTVE-studie is vooral gelegen in de vertaling van de onzekerheden in mondiale omgevingsscenario's naar mogelijke gevolgen voor de inzet van specifieke energiebronnen en energietechnologie in de Nederlandse situatie. In zekere zin zijn de geopolitiek georiënteerde mondiale omgevingsscenario's aangevuld met parallelle technologisch georiënteerde storylines voor de toekomst van de energievoorziening in Nederland. Het is wel jammer dat de kwantitatieve invulling van deze innovatieve aanpak erg summier is gebleven. Niettemin leve-

ren de scenario's verrassende inzichten op. Zo maakt de analyse duidelijk dat de gevolgen voor Nederland van uiteenlopende mondiale ontwikkelingen sterk afhangen van de door Nederland gekozen rol in de Europese energievoorziening.

5.3 Rol van scenario's bij het formuleren van transitiebeleid

Wat zou de rol van energiescenario's eigenlijk moeten zijn bij het formuleren van transitiebeleid? De besproken scenario's leiden weliswaar tot relatief weinig significante conclusies voor transitie-management, maar daaruit mag niet geconcludeerd worden dat dit noodzakelijkerwijze het geval is. De volgende kanttekeningen geven beknopt aan op welke wijze de betekenis van energiescenario's voor transitiebeleid verbeterd zou kunnen worden.

Identificatie van robuuste technologieën verdient meer aandacht

Scenario's kunnen gebruikt worden voor het identificeren van robuuste technologieën. De term robuustheid geeft aan dat het gaat om het vinden van technologieën die als het ware resistent zijn voor alle door scenario's in kaart gebrachte onzekerheden. Het zijn de technologieën die in alle scenario's in belang toenemen en in sterke mate bijdragen aan het oplossen van duurzaamheidsproblemen. Het blijkt, dat de besproken scenariostudies slechts in beperkte mate aan het beantwoorden van deze vraag kunnen bijdragen. Op het niveau van de inzet van energiebronnen kunnen nog wel enige generalisaties gemaakt worden. Zo blijkt aardgas op het traject naar meer duurzaamheid bijna altijd een grotere rol te gaan spelen en neemt de bijdrage van hernieuwbare bronnen op termijn onherroepelijk toe. Maar gaat het om meer specifieke keuzes van conversietechnologie dan is er echter weinig consensus te bespeuren. Door een betere vertaling van omgevingscenario's naar consequenties voor technologiekeuzes zoals b.v. summier in de LTVE-scenario's is gebeurd, kan het nut van energiescenario's vergroot worden.

Technologische onzekerheden moeten beter in kaart gebracht worden

In de Shell-scenario's wordt gewezen op de grote invloed van wat 'disruptive technologies' genoemd worden. Daarbij doelt men op de plotselinge wisselingen in het succes van een energietechnologie door ontwikkelingen op andere gebieden van wetenschap en innovatie. Het kan dan bijvoorbeeld gaan op de invloed van gentechnologie op biomassatoepassingen. Met deze 'disruptive technologies' wordt in het algemeen in scenario's geen rekening gehouden. Toch zijn deze juist voor transitiebeleid interessant omdat ze bepalen waar in het traject naar duurzaamheid mogelijk vertakkingen plaatsvinden die het pad in een heel andere richting sturen. In die zin ontbreekt in scenario's vaak het denken over de processen die leiden tot verschillende eindbeelden. Forecasting scenario's leggen a.h.w. te veel nadruk op de bestaande beginsituatie terwijl backcasting scenario's te veel nadrukken leggen op de gewenste eindsituatie. Uit oogpunt van transitiebeleid zou er meer aandacht moeten komen voor het traject zelf en de plotselinge doorbraken die de padafhankelijkheid op verschillende tijdstippen zouden kunnen doorbreken. Niet alleen de maatschappelijke onzekerheden, maar ook de technologische onzekerheden zouden daartoe beter in kaart gebracht moeten worden.

Meer focus op aard van strategische keuzes wenselijk

Transitiebeleid moet zich richten op twee doelstellingen van strategische aard: aan de ene kant moet gezorgd worden dat ongewenste toekomst vermeden kunnen worden (zogenaamde 'hedging strategies'), aan de andere kant moet gezorgd worden dat gewenste toekomst mogelijk gemaakt worden (zogenaamde 'shaping strategies'). De keuze voor bepaalde technologieën moet eigenlijk in het licht van een juiste balans tussen 'hedging' doeleinden en 'shaping' doeleinden gezien worden. Sommige technologieën liggen duidelijk goed in een 'hedging' strategie (b.v. kernenergie) en andere technologieën in een 'shaping' strategie (b.v. zonnecellen). Scenario's zouden eigenlijk duidelijker antwoord moeten geven op de vraag hoe die balans gevonden kan worden. De besproken scenario's maken een dergelijke keuze niet mogelijk, omdat ze in het algemeen beleidsarm zijn en weinig uitspraken doen over de maakbaarheid van de eindbeelden. De invloed van bewuste beleidskeuzes zijn niet zichtbaar. Het bewust hanteren van pessimisti-

sche rampenscenario's kan de basis vormen voor effectieve 'hedging' strategieën, terwijl het bewust hanteren van optimistische transitie scenario's de basis kan vormen voor effectieve 'shaping' strategieën. Deze duale samenhang tussen scenariokeuzes en strategisch beleid verdient meer aandacht.

Kansen en bedreigingen op het niveau van niches en regimes signaleren

Transitiebeleid wordt gekenmerkt door acties op drie niveau's: het niveau van het stimuleren van innovaties in niches die als proeftuin voor succes functioneren, het niveau van het vooruitlopen op regimeveranderingen in de energiesector die nadere regulering vereisen teneinde publieke belangen veilig te stellen en het niveau van het signaleren van maatschappelijke ontwikkelingen die de koers van de energiesector beïnvloeden maar niet op het niveau van het energie- en milieubeleid vorm krijgen. De rol van de hier besproken energiescenario's speelt zich in eerste instantie af op het derde niveau van signalering en alertheid. Niettemin zouden scenario's wel degelijk een rol kunnen spelen op het lagere niveau van regimeverandering en de processen, die daarbij een rol spelen. Het ECN heeft hiertoe al eens een eerste poging gedaan in een scenariostudie waarin de rol van infrastructurele ontwikkelingen en afhankelijkheid in het spanningsveld tussen klimaatbeleid en liberalisering centraal stond (van Hilten, 2000). Het feit dat de in dit rapport besproken scenario's niet op regimeniveau bruikbaar zijn, wil dus niet zeggen dat dit per definitie zo is.

REFERENTIES

- COOL (2001a): Faaij A., S. Bos, T. Spakman, D.J. Treffers, C. Battjes, R. Folkert, E. Drissen, C. Hendriks, J. Oude Lohuis: *Views on the future – two visions on the Dutch energy supply for use by the National Dialogue*, Programmabureau NOP, RIVM, Bilthoven
- COOL (2001b): Anderson M., T. Kaberger, A. Mol and D. Phylipsen: *The European dialogue – Strategic vision on long term climate policies for the European energy sector*, Programmabureau NOP, RIVM, Bilthoven
- COOL (2001c): Berk M., M. Hisschmöller, T. Mol, L. Hordijk, M. Kok en B. Metz: *Strategieën voor lange termijn klimaatbeleid – de resultaten van het COOL-project*, Programmabureau NOP, RIVM, Bilthoven
- CPB (2003): Mooij R. de en P. Tang: *Four futures of Europe*, Centraal Planbureau, s' Gravenhage.
- EZ (2001): *Energie en Samenleving in 2050 - Nederland in Wereldbeelden*, Projectgroep Lange Termijn Visie Energie Voorziening (LTVE), Ministerie van Economische Zaken
- Hilten, O. van et al.(2000): *Energietechnologie in het Spanningsveld tussen Klimaatbeleid en Liberalisering*. ECN-C--00-020, Petten.
- IPCC (2000): *Special Report on Emissions Scenarios*, Cambridge University Press & Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge.
- Shell (2001): *Energy Needs, Choices and Possibilities - Scenarios to 2050*, Shell International, London.