

## Inhoud hoofdstuk 4

### Duurzame technologische ontwikkeling

1	Rol voor technologie?	2
2	Tijdspectief bij ontwikkeling van duurzamere technologieën	3
2.1	Kortetermijnspectief	3
2.2	Middellangeterminspectief	4
2.3	Langetermijnspectief: fundamentele oplossingen	5
3	Besluitvorming en consequentieperiode	6
3.1	Energie-infrastructuur in Nederland	7
3.2	Aluminiumproductie	8
3.3	Inherente toekomstwaarde	9
4	Toekomstdenken	10
4.1	De toekomst verkennen	11
4.1.1	Prognoses	11
4.1.2	Projecties	12
4.1.3	Speculaties	12
4.1.4	Verkenningen	13
4.2	Betrouwbaarheid	13
5	Systematische aanpak van duurzame ontwikkeling	14
5.1	DTO-programma	14
5.2	DTO-werkwijze	16
5.2.1	Probleemoriëntatie	16
5.2.2	Stakeholdersanalyse	16
5.2.3	Duurzame toekomstschets	17
5.2.4	Backcasting	19
5.2.5	Kortetermijnaanpak	20
6	Samenvatting	20
	Literatuur	23

## Duurzame technologische ontwikkeling

*W.P.M.F. Ivens*

### 1 Rol voor technologie?

De samenleving lijkt een soort haat-liefdeverhouding te hebben met 'technologie'. Enerzijds worden aan technologische doorbraken vaak de grootste verbeteringen voor de samenleving toegedicht. De introductie van nieuwe vervoermiddelen (trein, auto en later vliegtuig) en nieuwe communicatiemiddelen (telefoon, radio, televisie, internet) brengen mensen en culturen, ook over verre grenzen, nader bijeen en kunnen daarmee de basis vormen voor een vreedzame samenleving, waarin iedere burger in de basislevensbehoeften voorzien wordt. In deze visie kan technologie, mits juist gericht, de maatschappelijke problemen oplossen.

Anderzijds wordt technologie wel afgeschilderd als het grote kwaad, juist als veroorzaker van de huidige onduurzaamheid van de samenleving. Immers, de technologische veranderingen hebben geresulteerd in grootschalig materiaal- en energiegebruik, waarbij grondstoffen uitgeput raken en afvalstromen milieuproblemen teweegbrengen. In deze visie maakt de technologie weliswaar de groei van de samenleving mogelijk, maar is daarmee tevens de oorzaak van de onduurzaamheid.

In ieder geval is het van groot belang om als samenleving nadrukkelijk stil te staan bij (mogelijke) toekomstige technologische veranderingen, of je deze nu ziet als bedreigend of als reddend. Technologische veranderingen staan echter nooit op zichzelf, maar zijn onlosmakelijk verbonden aan maatschappelijke veranderingen en omgekeerd. Zo is de huidige informatiemaatschappij ondenkbaar zonder de uitvinding van de computer, maar hebben de maatschappelijke gedragspatronen (cultuur) en organisatievormen (structuur) sterk de concrete vorm van de thans beschikbare informatie- en communicatietechnologie bepaald.

Ook op het vlak van duurzaamheid speelt deze verwevenheid van technologische en sociale factoren een grote rol. Duurzaamheidsproblemen zijn zelden puur technisch, en vrijwel altijd ook sociaal van aard. Ze hangen nauw samen met de heersende normen, waarden en gedragspatronen in de samenleving en met de manier waarop deze is georganiseerd. Indien men hier geen rekening mee houdt, dan zijn projecten gericht op duurzame technologische ontwikkeling gedoemd te mislukken. In dit hoofdstuk stellen we ons op het standpunt dat technologische verandering een belangrijk *onderdeel* is van de weg waarlangs duurzame ontwikkeling tot stand kan worden gebracht, mits benaderd in de context van de cultuur en structuur van de maatschappij. Juist door die onderlinge

samenhang zou technologische ontwikkeling gebruikt kunnen worden als hefboom voor maatschappelijke veranderingen in de richting van een duurzame samenleving. In het navolgende gaan we kort in op de tijdsdimensie bij de ontwikkeling van duurzame technologie.

## 2 Tijdspectief bij ontwikkeling van duurzamere technologieën

In het voorgaande hebben we gesteld dat bij de overgang naar een duurzame samenleving de inzet van daarop gerichte technologieën waarschijnlijk onmisbaar is. Deze worden aangeduid als *duurzame technologieën*: technologieën die de menselijke behoeften vervullen zonder gebruik te maken van niet-hernieuwbare hulpbronnen en zonder grootschalige, niet terug te draaien, milieuschade te veroorzaken (Hermans & Lemmen, 2001).

In de overgang naar een duurzame samenleving zijn globaal *drie tijdfases* te onderscheiden. Deze verschillen in soort en complexiteit van de technieken die ingezet worden: de korte termijn (< 10 jaar), de middellange termijn (10-40 jaar) en de lange termijn (> 40 jaar).

### 2.1 KORTETERMIJNPERSPECTIEF

In de eerste fase kan, voor zover dat nog niet eerder gebeurd is, vooral ingezet worden op 'good housekeeping' en het toepassen van 'end-of-pipe'-maatregelen (ook wel nageschakelde technieken genoemd).

*Good housekeeping* komt erop neer dat men in een bedrijf, door zorgvuldig te handelen, verspilling van materiaal en energie voorkomt. Vaak is een betere organisatie en communicatie, gericht op een optimale bedrijfsvoering van het productieproces, al voldoende om onnodige emissies te voorkomen. Doordat daarmee tevens de efficiëntie stijgt, kan ook vaak een kostenreductie bereikt worden. Dit laatste verklaart waarom in veel bedrijven relatief gemakkelijk een draagvlak voor good-housekeepingmaatregelen te verkrijgen is.

'*End-of-pipe*'-maatregelen hebben tot doel de verspreiding van vervuilende emissies tegen te gaan. Denk aan filters op een uitlaat van een auto of aan rookgasreiniging in een afvalverbrandingsinstallatie. Bij dit soort technieken wordt dus, evenals als bij good-housekeeping, niet ingegrepen in het (productie)proces zelf. In veel gevallen zijn dit soort technieken al voorhanden en relatief eenvoudig te implementeren, omdat ze niet ingrijpen in het productieproces zelf. Implementatie brengt echter extra kosten met zich mee, en daarom gaan bedrijven veelal pas over tot toepassing van deze technieken als dit vanuit wet- en regelgeving verplicht gesteld wordt.

Het zal duidelijk zijn dat good-housekeeping en 'end-of-pipe'-maatregelen, strikt genomen, niet onder de definitie van duurzame technologie vallen. Het zijn daarentegen wel maatregelen die volop nodig zijn om ernstiger milieuschade te

voorkomen in de periode tot het beschikbaar komen van ècht duurzame technologieën.

## 2.2 MIDDELLANGETERMIJNPERSPECTIEF

Op de middellange termijn doen zich mogelijkheden voor om verdergaande veranderingen tot stand te brengen: milieugerichte product- en procesinnovaties en integraal ketenbeheer.

*Milieugerichte productinnovaties* richten zich op het ontwikkelen van nieuwe producten, als opvolger van een bestaand product, of op geheel nieuwe producten, waarbij

- grondstofgebruik geminimaliseerd wordt.
- grondstoffen op een zo hoog mogelijk gebruiksniveau in de kringloop van het economisch systeem teruggebracht worden.
- de input van fossiele energie zoveel mogelijk beperkt wordt.
- emissies beperkt worden.
- de kwaliteit, levensduur, repareerbaarheid en demonteerbaarheid van de eindproducten verhoogd wordt.

*Milieugerichte procesinnovaties* zijn, in tegenstelling tot de end-of-pipe-technologie, erop gericht te voorkomen dat er in het productieproces ongewenste emissies ontstaan (preventie). Dergelijke procesgeïntegreerde milieumaatregelen kunnen zich richten op afzonderlijke procesonderdelen of op een volledige vernieuwing van het proces.

Bij *integraal ketenbeheer* wordt verder gekeken dan de productie binnen één bedrijf. Er wordt gekeken naar de milieubelasting van een product in de volgende vier fases:

- *Winning*: verwerving van de grondstoffen en hulpstoffen voor het product.
- *Productie*: het proces waarbij de grondstoffen worden omgezet in het uiteindelijke product.
- *Gebruik*: de periode waarin het product wordt gebruikt.
- *Verwijdering*: de verwerking van het product na beëindiging van de levensduur ervan.

Het streven is hierbij dat, over de gehele keten gezien, de materiaal- en energiekringlopen zoveel mogelijk gesloten worden. Dit kan bijvoorbeeld door producten zo te ontwikkelen dat ze bij verwijdering gemakkelijk te demonteren zijn in herbruikbare bestanddelen of zijn om te zetten in energie die weer bij het productieproces ingezet kan worden.

Door een integrale afweging van milieubelasting over de gehele keten kan voorkomen worden dat verbetering op één plek afgewenteld wordt op een andere plek in de keten. Naast genoemde voordelen van een ketenbeheersbenadering zijn er ook kritiekpunten. Ten eerste is voor de analyse van een gehele keten een zeer grote set aan gegevens nodig. Vaak zijn deze moeilijk te achterhalen of hebben ze een beperkte betrouwbaarheid, waarmee het ketenbeheer zijn waarde kan verliezen.

Ten tweede is het vaak moeilijk om milieubelastingen op verschillende plaatsen in de keten met elkaar te vergelijken en daar keuzes in te maken: hoe verhoudt de grotere landschapsaantasting bij de winning van een nieuwe grondstof

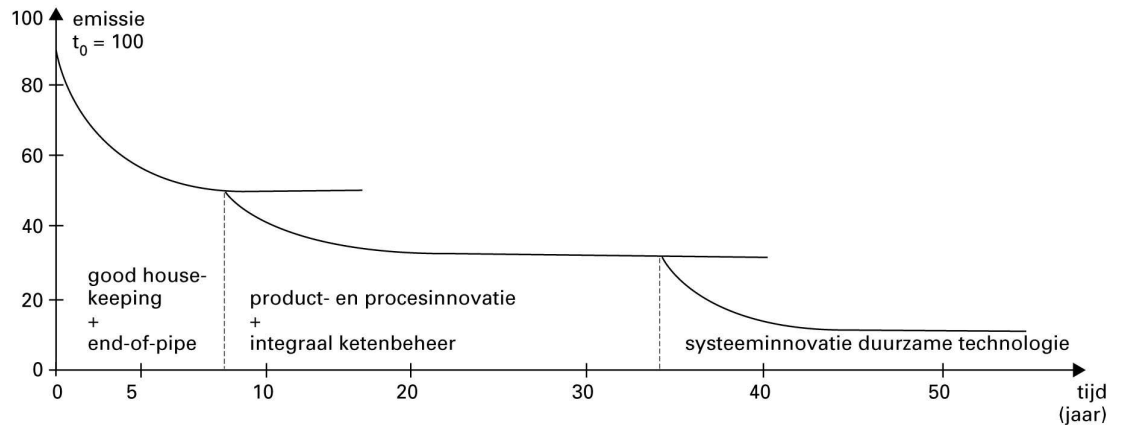
zich tot een verminderde emissie van toxische stoffen bij het productieproces?

Tevens bestaat er het risico dat de aanpak via integraal ketenbeheer teveel uitgaat van de reeds ingeslagen weg, door teveel door te borduren op processen die eigenlijk in essentie niet duurzaam zijn. Daarmee houdt de focus op integraal ketenbeheer mogelijk de ontwikkeling van fundamenteel duurzame innovaties tegen.

### 2.3 LANGETERMIJNPERSPECTIEF: FUNDAMENTELE OPLOSSINGEN

Good-housekeeping en end-of-pipemaatregelen moeten er vooral voor zorgen dat de huidige onduurzame inrichting van de maatschappij niet nog verder onnodig uit de hand loopt. Daarnaast kan het inzetten op milieugerichte product- en procesinnovaties ongewenste emissies en grondstoffengebruik verder substantieel terugdringen. Maar op den duur zullen de mogelijkheden van deze innovaties een grens bereiken (figuur 4.1). Er zullen altijd verliezen van energie en/of grondstoffen met de productie en verdere levenscyclus van een product gepaard gaan.

Om de definitieve slag naar duurzaamheid te maken, zal men niet het product als uitgangspunt moeten nemen maar de *behoefte*. Het gaat dan dus niet meer om de vraag 'Hoe kan het autoverkeer duurzaam gemaakt worden?', maar om de vraag 'Hoe kan duurzaam voorzien worden in de behoefte aan verplaatsing van mensen en goederen?'. Het zou kunnen zijn dat bij een duurzame vervulling van een bepaalde behoefte, de huidige wijze van behoeftevervulling (in dit voorbeeld de auto) totaal geen rol meer speelt. Het is dus van belang te zoeken naar alternatieve manieren waarop functies kunnen worden vervuld. Om tot innovatieve oplossingen te komen die leiden tot een duurzame(re) inrichting van de samenleving is het van belang trendbreuken tot stand te brengen. Dit vereist meer dan het aanpassen van huidige processen en organisaties. Er zullen fundamentele veranderingen moeten komen in de manier waarop in de behoeften van de samenleving voorzien wordt.



FIGUUR 4.1 Grenzen van technologiebenaderingen voor reductie van ongewenste emissies

De veranderingen die werkelijk tot een duurzame ontwikkeling van de samenleving kunnen leiden zijn de zogenoemde *systeminnovaties*: fundamentele structurele vernieuwingen van het maatschappelijke systeem, of grote delen daarvan.

De vraag is: hoe bepaal je welke fundamentele veranderingen noodzakelijk en haalbaar zijn? In het Nederlandse interdepartementale onderzoeksprogramma *Duurzame Technologische Ontwikkeling* (veelal aangeduid als het 'DTO-programma') is ervaring opgedaan met de beantwoording van deze vraag. We komen hier in paragraaf 5 uitgebreid op terug. Daaraan voorafgaand gaan we wat dieper in op het toekomstgericht denken en plannen. Eerst kijken we naar de consequenties die besluitvorming over technologie kan hebben op de toekomstige inrichting van de maatschappij (paragraaf 3).

OPGAVE 4.1

Probeer te omschrijven wat met 'fundamentele veranderingen' wordt bedoeld. Welke soorten technologische veranderingen kunnen leiden tot een werkelijk duurzame inrichting van de samenleving?

3 **Besluitvorming en consequentieperiode**

We dienen te beseffen dat technologiekeuzes in het heden de toekomst voor een groot gedeelte kunnen vormgeven. Dit kan zowel in positieve als negatieve zin het geval zijn. Enerzijds kunnen we nu ontwikkelingen op gang brengen die de kansen voor een duurzame inrichting bespoedigen. Anderzijds moeten we ons er sterk van bewust zijn dat hedendaagse beslissingen over de inrichting van de maatschappij voor een lange tijd juist nieuwe technologieën of inzichten kunnen tegenhouden. Het komt voor dat slechts met zeer grote moeite een beslissing uit het verleden nog ongedaan kan worden gemaakt (denk bijvoorbeeld maar aan het toevoegen van lood aan benzine). Een (milieu-)verbetering van een technologie nu, kan uiteindelijk verhinderen dat de echt duurzame technologie van de grond komt. Hier geldt dus ook de bekende 'wet van de remmende voorsprong'.

De periode waarover een beslissing met betrekking tot de invoering van een bepaalde technologie toekomstige ontwikkelingen op dat gebied (sterk) beïnvloedt, wordt wel aangeduid als de *consequentieperiode*.

We zullen dit toelichten aan de hand van twee voorbeelden: de huidige energie-infrastructuur in Nederland en de aluminiumproductie.

### 3.1 ENERGIE-INFRASTRUCTUUR IN NEDERLAND

Eén van de belangrijkste kenmerken van de energie-infrastructuur in Nederland is de lange levensduur van onderdelen ervan op de diverse niveaus (tabel 4.1).

TABEL 4.1 Levensduur van onderdelen van de energie-infrastructuur in Nederland

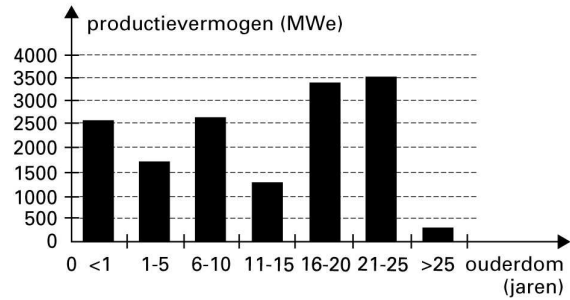
onderdeel	levensduur (jaar)
elektriciteitscentrales	25-30
leidingnetten (gas, elektrisch)	50
CV-ketels	15
warmtedistributiesysteem	30-50
gebouwen	≥ 100

Ook al zijn sommige van deze onderdelen op een gegeven moment feitelijk economisch afgeschreven dan nog worden deze uit micro-economisch volstrekt legitieme overwegingen door middel van renovaties en dergelijke een nog langere levensduur gegeven. Dit leidt ertoe dat de nieuwste state-of-the-art-technologie lang dient te wachten voordat het daadwerkelijk gebruikt wordt. We zullen dit met een aantal voorbeelden illustreren.

#### *Elektriciteitscentrales*

Het totaal aan vermogen van de in Nederland aanwezige elektriciteitscentrales bedroeg aan het eind van de 20e eeuw ruim 15000 MWe. Circa 22% van het opgestelde vermogen was tussen de 16 en 20 jaar oud en nog eens ruim 23% had een leeftijd van tussen de 21 en 25 jaar (zie figuur 4.2). Met andere woorden: bijna de helft van de centrales in Nederland was meer dan 16 jaar oud.

Het landelijk gemiddelde netto-opwekkingsrendement van elektriciteit neemt op deze manier aanzienlijk langzamer toe dan op grond van technologische ontwikkelingen te verwachten zou zijn geweest en uit oogpunt van energie-efficiëntie wenselijk is. Een kenmerkend voorbeeld hiervan is de in 1996 in gebruik genomen elektriciteitscentrale aan de Eemshaven in Groningen: deze heeft een netto-opwekkingsrendement van 55%, terwijl het landelijk gemiddelde rendement van het bestaande 'centralepark' slechts zo'n 42% bedraagt. De voortgaande technologische ontwikkelingen maken het inmiddels al mogelijk centrales te bouwen met een rendement van bijna 60% (zie kadertekst).



FIGUUR 4.2 Leeftijdsopbouw van de elektriciteitscentrales in Nederland aan het eind van de 20e eeuw  
(Bron: OUNL, 2000)

#### *Netto-opwekkingsrendement*

Het netto-opwekkingsrendement van elektriciteitscentrales is gedefinieerd als de hoeveelheid Megajoules elektriciteit (MJe of kilowattuur (kWh)) die (vanaf het hek van de centrale, na aftrek van het eigen gebruik) wordt geproduceerd uit de hoeveelheid gebruikte primaire, fossiele brandstof (omgerekend in MJ primair), dit uitgedrukt in bovenste verbrandingswaarde van de brandstof. Een netto rendement van 42% betekent derhalve dat uit 100 eenheden (MJ primair) aardgas netto 42 eenheden (MJe) elektriciteit worden geproduceerd.

#### *CV-ketels*

Een ander voorbeeld, waarbij de levensduur van de bestaande infrastructuur een belemmering vormt voor een snelle verbetering van de energie-efficiëntie, zijn de miljoenen CV-ketels. Vanaf 2000 duurt het nog minstens 15 jaar voordat alle ketels vervangen zouden kunnen zijn door de beste HR-ketel.

#### *Warmtedistributiesystemen*

Nog ingrijpender consequenties dan de levensduur van CV-ketels heeft de lange levensduur van de warmtedistributiesystemen in de gebouwen, de buizen en radiatoren van het centrale verwarmingssysteem. Deze zijn in de meeste gevallen ontworpen voor het distribueren van warm water met een aanvoertemperatuur van 90 °C en een retourtemperatuur van 70 °C. Dit betekent dat deze distributiesystemen niet kunnen worden gecombineerd met veel zuiniger, duurzame technologieën voor warmteopwekking. Die zijn namelijk gebaseerd op lagere distributietemperaturen van maximaal 55 °C aanvoer- en 35 °C retourtemperatuur. Helaas zijn in dat geval de verwarmde oppervlakten van de huidige radiatoren te klein in verhouding tot de warmtevraag in de gebouwen. Dit betekent dus dat het nu nog installeren van de zogenoemde conventionele hogetemperatuursystemen de manier waarop de verwarming van deze gebouwen geregeld is voor 30 tot 50 jaar vastlegt, en dus ook de introductie van de duurzamere technieken voor deze periode blokkeert.

### 3.2 ALUMINIUMPRODUCTIE

Een ander voorbeeld is de aluminiumproductie. Aluminium wordt geproduceerd met een methode (elektrolytische reductie)



waar zeer veel elektriciteit bij nodig is. Men zou in principe kunnen pogen aluminium te produceren via een soortgelijk proces als bij de staalproductie ingezet wordt, dat wil zeggen met directe reductie door middel van steenkool. De elektriciteit wordt veelal ook uit steenkool geproduceerd. Men zou kunnen inzetten op de ontwikkeling van een technologie waarbij directe reductie aan steenkool zou kunnen plaatsvinden. Dat zou betekenen dat de omzetverliezen van steenkool in elektriciteit worden voorkomen, een potentiële winst van ongeveer 50%. Het is echter de vraag of dit daadwerkelijk duurzaam is. Elektriciteit valt immers mogelijk op grote schaal duurzaam op te wekken (bijvoorbeeld wind- of zonne-energie). Een keuze voor directe reductie door middel van steenkool zou dus de toekomstige duurzame aluminiumproductie met inzet van duurzame opgewekte elektriciteit kunnen tegenhouden.

### 3.3 INHERENTE TOEKOMSTWAARDE

Hoe is te voorkomen dat de lange levensduur van componenten in de energie-infrastructuur de invoering van duurzame technieken blokkeert?

Uit oogpunt van kapitaalvernietiging en afval- en grondstoffenbeleid is het niet wenselijk, noch mogelijk, om al te drastische overgangen te doen plaatsvinden. Omdat keuzes die nú gemaakt worden de toekomst voor soms wel 50 jaar kunnen vastleggen, is het echter van het grootste belang bij die keuzes nu al rekening te houden met de technologie van de toekomst. De technologiekeuze moet derhalve een zo groot mogelijke flexibiliteit naar de toekomst geven, met andere woorden, een grote, *inherente toekomstwaarde* bezitten. Men dient dus te anticiperen op toekomstige technologie.

Laten we weer eens teruggaan naar het voorbeeld van de energie-infrastructuur. Men zou met ingang van heden in elk nieuw gebouw en bij grootschalige renovaties verwarmingssystemen kunnen ontwerpen met een lagetemperatuur-distributiesysteem (tegen relatief zeer beperkte meerkosten). Dit laat in de toekomst de mogelijkheid open om, bij vervanging aan het einde van de levensduur van de 'conventionele' warmteopwekker, hier warmtepompen en andere duurzame warmteopwekkers te plaatsen die alleen relatief lage temperaturen kunnen genereren. Op dit moment (2004) kunnen deze duurzame technieken voor warmteopwekking meestal niet toegepast worden omdat de kosten vaak (onoverkomelijk) veel hoger zijn dan van het conventionele alternatief (CV-ketel). Op den duur zal daar naar verwachting verandering in komen doordat enerzijds de investeringskosten van nieuwe technologieën door schaalvergroting en massaproductie nog sterk zullen dalen, en doordat er, anderzijds, nog technologieontwikkeling en rendementsverbetering zal plaatsvinden. Indien we op deze wijze al rekening houden met verwachte ontwikkelingen, dan vergroten we de inherente toekomstwaarde van de toegepaste technologie en blijft de energie-infrastructuur flexibel. Dan kunnen in de toekomst ook bijvoorbeeld de toenemende hoeveelheden duurzame

elektriciteit en elektriciteit uit warmtekrachtinstallaties in de energie-infrastructuur worden ingepast.

#### OPGAVE 4.2

Bedenk een aantal belangrijke fases in het verleden m.b.t. de inrichting van de Nederlandse maatschappij en probeer daarbij aan te geven hoe deze ingrepen belemmerend kunnen zijn voor een alternatieve inrichting van de maatschappij.

#### 4 Toekomstdenken

Om een duurzame ontwikkeling in gang te zetten kunnen we globaal drie tijdschalen onderscheiden (zie ook paragraaf 2): korte termijn (0-10 jaar), middellange termijn (10-40 jaar) en lange termijn (meer dan 40 jaar). Daarbij is het nodig dat er op al deze 'tijds'-fronten ontwikkelingen plaatsvinden. Om deze op de verschillende tijdsschalen met elkaar te laten sporen is het noodzakelijk een langetermijnspectief te hebben. Om dit te breken is het nodig om te schetsen wat de toekomstige situatie zou kunnen of moeten worden, en welke problemen daarbij te verwachten zijn.

Het denken over toekomstige ontwikkelingen is inherent verbonden met het denken en werken aan duurzame ontwikkeling en kent een aantal belangrijke aspecten:

- Het doet een beroep op het verbeeldingsvermogen om aan te geven wat wenselijk is in de toekomst en hoe dit er uit zou kunnen zien.
- Het kan blootleggen welke risico's en onzekerheden er zijn en hoe hiermee omgegaan kan worden.
- Het kan grote invloed hebben op veranderingsprocessen.
- Het nodigt uit tot een kritische houding ten opzichte van verschillende zienswijzen en werkwijzen.

Om een toekomstige situatie te kunnen beschrijven, en met name om eventuele toekomstige problemen te detecteren, wordt vaak gebruikgemaakt van *toekomstverkenningen*. Het uitgangspunt van toekomstverkenningen is het heden; de toekomstige situatie wordt geschetst op basis van huidige trends, kennis en inzichten.

Toekomstscenario's die het heden als uitgangspunt hebben worden aangeduid als *exploratieve* scenario's. Dit, in tegenstelling tot scenario's die een gewenste toekomst als uitgangspunt nemen en aangeduid worden met *normatieve* scenario's.

Toekomstverkenning wordt in diverse vormen zeer veel toegepast. Elke multinational en regering heeft wel een afdeling of bureau dat zich specifiek met toekomstverkenningen bezighoudt; denk bijvoorbeeld aan het Centraal Plan Bureau. Het CPB, dat valt onder het Ministerie van Economische Zaken, maakt onafhankelijke en wetenschappelijk verantwoorde economische prognoses en analyses.

Er zijn vele methodieken om, al dan niet in combinatie met elkaar, toekomstverkenningen uit te voeren. Dammers (2000) onderscheidt vier typen toekomstverkenningen: prognoses, projecties, speculaties en verkenningen (tabel 4.2).

TABEL 4.2 Typering van toekomstverkenningen

beschikbare gegevens	theoretische onderbouwing	
	groot	gering
veel	prognose	projectie
weinig	verkenning	speculatie

Prognoses en projecties zijn gebaseerd op gegevens die over een lange periode verzameld zijn en veel regelmaat vertonen. Op basis hiervan kunnen redelijk zekere voorspellingen gedaan worden. Als gegevens over het verleden afwezig zijn, of weinig regelmaat vertonen, is er sprake van een veel grotere onvoorspelbaarheid; methoden die desondanks in een dergelijke situatie uitspraken over de toekomst trachten te doen worden verkenningen of speculaties genoemd.

In het hiernavolgende gaan we kort in op de genoemde vierdeling van toekomstverkenningen. De tekst is grotendeels ontleend aan Vlasman en Dankelman (2002) die zich op hun beurt gebaseerd hebben op Dammers (2000).

#### 4.1.1 *Prognoses*

Een *prognose* is niet alleen gebaseerd op gegevens uit het verleden maar eveneens op een verklarend model. Vaak worden prognoses vervaardigd met een simulatiemodel. Hiermee worden de ontwikkelingen in het systeem en haar omgeving vertaald in variabelen en relaties, die in wiskundige vergelijkingen vastgelegd worden.

Een voorbeeld van een combinatie van gebruik van gegevens uit het verleden en gebruik van een verklarend model, zijn de prognoses die het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) maakt met betrekking tot toekomstige klimaatveranderingen onder invloed van door menselijk toedoen uitgestoten broeikasgassen. Naast allerlei gegevens over de concentratie van broeikasgassen in het verleden en het daarbij heersende klimaat, maakt het IPCC volop gebruik van kennis over de relatie tussen de vele variabelen die het klimaat beïnvloeden en verwerkt dit in (deel) modellen. De IPCC noemt de prognoses overigens 'projections', waarschijnlijk om aan te geven dat de onderliggende verklarende modellen nog met substantiële onzekerheden gepaard gaan.

#### 4.1.2 *Projecties*

Een *projectie* is, evenals een prognose, gebaseerd op (veel) gegevens over het verleden, maar is niet of nauwelijks gebaseerd op een onderliggende verklarende theorie. Zogenoemde extrapolaties, of *trend-extrapolaties*, vallen onder de categorie projecties. Bij een trend-extrapolatie wordt op basis van gegevens uit het verleden een lijn doorgetrokken naar de toekomst.

Een voorbeeld van projecties zijn de bevolkingsprojecties die veel landen en internationale organisatie (bijvoorbeeld de Verenigde Naties) kennen. Bevolkingsprojecties zijn toekomst-schattingen van de bevolkingsomvang en -samenstelling. Ze illustreren aannemelijke toekomstige bevolkingsveranderingen en zijn gebaseerd op aannames met betrekking tot geboorten, sterfgevallen en migratie. De geprojecteerde getallen zijn gebaseerd op bevolkingstellingen in het verleden en meestal in de toekomst geprojecteerd met een cohort-componentmethode. In de cohort-componentmethode worden de componenten van de bevolkingsverandering (vruchtbaarheid, sterfte en migratie) afzonderlijk geprojecteerd voor elk geboortecohort (personen geboren in een bepaald jaar). De bevolking wordt dan jaarlijks doorgerekend, gebruikmakend van aannames rond overlevingskansen en netto migratie per leeftijd en sexe, eventueel aangevuld met uitsplitsingen naar etnische groepen. Vaak worden meerdere alternatieve projecties gemaakt op basis van alternatieve aannames met betrekking tot bijvoorbeeld vruchtbaarheid, levensverwachting of netto migratie.

#### 4.1.3 *Speculaties*

*Speculaties* zijn kwantitatief veel minder onderbouwd dan de projecties en prognoses. Ze zijn veelal gebaseerd op algemene kwalitatieve analyses. Vaak worden die analyses en de daarop gebaseerde uitspraken met betrekking tot de toekomst opgesteld door een groep deskundigen. Dit kunnen beleidsmakers zijn, maar ook personen die toekomstverkenning als specialiteit hebben. Groepsmethoden die ingezet kunnen worden voor het opstellen van speculaties zijn bijvoorbeeld de Delphi-methode, een werkconferentie of een brainstorm-meeting.

De Delphi-methode (oorspronkelijk ontwikkeld door RAND Corporation) is een techniek die erop gericht is een groepsvisie te ontwikkelen over een bepaald onderwerp, bijvoorbeeld een technologische ontwikkeling en de te verwachten effecten daarvan. De methode bestaat uit een serie (anonieme) vragenrondes, meestal met behulp van vragenlijsten. Na de eerste vragenronde worden de uitkomsten samengevat en aan eenieder bekendgemaakt. Het individu wordt daarmee aangemoedigd om zijn eigen visie te heroverwegen en eventueel naar aanleiding van de andere inzichten bij te stellen. Naar een aantal rondes kan dan een eindresultaat opgemaakt worden. Een werkconferentie lijkt hier veel op, met dit verschil dat het aspect van anonimiteit niet aanwezig is, en er juist veel ruimte is voor openbare interactiviteit tussen de deelnemers.

Een brainstorm is een creativiteitstechniek die in de klassieke vorm in de jaren dertig in de VS is ontstaan in de reclamewereld. Het basisidee is dat het genereren van nieuwe ideeën en het vaststellen van de bruikbaarheid van die ideeën uit elkaar gehaald worden. Dit om te voorkomen dat kritiek op de eerste ideeën meteen verdere creativiteit doodslaat. We komen in paragraaf 5 nog terug op de inzet van creativiteitstechnieken.

#### 4.1.4 Verkenningen

Evenals speculaties zijn ook *verkenningen* nauwelijks gebaseerd op beschikbare gegevens uit het verleden. In tegenstelling tot speculaties zijn verkenningen wel nadrukkelijk gebaseerd op systematische theoretische inzichten.

Vaak maakt een verkenning gebruik van de *scenariomethode*. Net als bij een prognose wordt er voor een scenario vaak een simulatiemodel als hulpmiddel ingezet. Het verschil is dan dat bij de scenariomethode alleen de meest essentiële variabelen meegenomen worden, en het model daarmee dus veel minder gedetailleerd is dan bij prognoses het geval is.

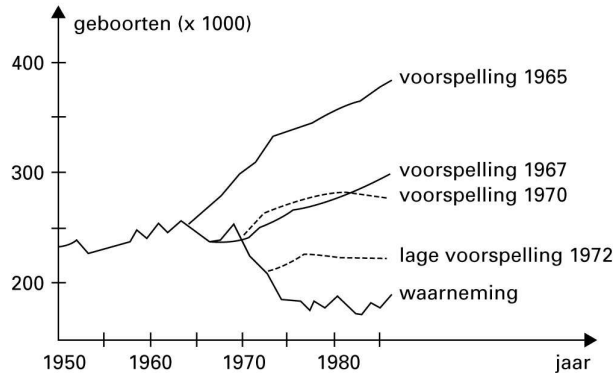
Een verkenning of scenariostudie wordt dus ingezet in situaties waarin de onvoorspelbaarheid van de toekomst vrij groot is. De uitkomst is dan ook niet één specifiek toekomstbeeld. Gepoogd wordt in kaart te brengen welke alternatieve ontwikkelingen zich zouden kunnen gaan voordoen. Het kan zijn dat de scenariostudie tegengestelde toekomstbeelden oplevert die, gegeven de (beperkte) basisgegevens en inzichten, even plausibel zijn.

Het Ruimtelijk Planbureau voert regelmatig verkenningen (scenariostudies) uit. Een voorbeeld hiervan is het project SCENE (Dammers *et al.*, 2003). In dit project is het verloop op de lange termijn verkend van ontwikkelingen in Nederland binnen de economie, de demografie, de technologie en dergelijke. Daarbij is vooral gelet op de onzekerheden omtrent het verloop van de ontwikkelingen en op de ruimtelijke knelpunten en kansen die ze voor Nederland kunnen opleveren. In deze studie is geen gebruikgemaakt van een simulatiemodel, maar zijn vier scenario's geschetst in de vorm van essays over de toekomst. Zij bevatten hoofdzakelijk kwalitatieve uitspraken, die op een lichte manier zijn onderbouwd. Deze scenariomethode werkt bij uitstek als een ideeëngenerator: de scenario's moeten vooral aanzetten tot nadenken over een eventuele toekomst. Door de scenario's systematisch met elkaar te vergelijken kunnen ook aandachtspunten voor beleidsmakers op een rij worden gezet. Op een vergelijkbare manier zijn uit de scenario's kennisvragen voor onderzoekers en ontwerpers af te leiden.

#### 4.2 BETROUWBAARHEID

Ondanks de inzet van deskundigen en geavanceerde rekenmodellen blijft het noodzakelijk de resultaten van toekomstverkenningen met het nodige wantrouwen te beschouwen. Te allen tijde blijft het noodzakelijk om de aannames die aan de toekomstverkenningen ten grondslag liggen, te toetsen: Klopt de aangenomen ontwikkeling van de bevolkingsomvang nog? Klopt de wetgeving nog? etcetera.

Figuur 4.3 is hiervan een illustratie. De voorspelling van het aantal geboortes in Nederland in 1980 was in 1965 tweemaal en in 1970 anderhalfmaal zo hoog als het uiteindelijk werkelijk aantal geboortes. Men kan zich voorstellen dat dit verschil nogal wat uitmaakt voor de afzet van luiers en de arbeidsmarktsituatie voor kleuterjuffen.



FIGUUR 4.3 Aantal geboortes in Nederland: waargenomen en voorspeld

(Bron: Keilman 1990, in OUNL, 1992)

Hieruit zal duidelijk zijn dat 'voorspellen moeilijk is, vooral als het om de toekomst gaat'. Het is niet zomaar mogelijk een exacte blauwdruk voor een toekomstige ontwikkeling te maken.

## 5 Systematische aanpak van duurzame ontwikkeling

Met een toekomstverkenning alléén komt men echter niet zomaar tot een duurzame ontwikkeling. Men redeneert dan immers sterk uit het heden, een situatie die meestal als 'niet-duurzaam' betiteld kan worden. Om deze reden is er in Nederland begin jaren negentig van de vorige eeuw een interdepartementaal onderzoeksprogramma Duurzame Technologische Ontwikkeling (DTO) opgezet, waarbinnen *een gewenste duurzame toekomst* als centraal uitgangspunt gekozen is. De resultaten van dit programma of onderdelen ervan blijken steeds opnieuw bruikbaar of gedachtevormend te zijn in projecten die zich richten op het vormgeven van een duurzame (technologische) ontwikkeling. Om deze reden gaan we er hier wat dieper op in. We gaan eerst verder in op de algemene kenmerken van dit DTO-programma en vervolgens op de kernpunten van de aanpak die in dit programma ontwikkeld is. Over het DTO-programma zijn vele teksten verschenen. Een uitgebreide verhandeling is geschreven door Weaver *et al.* (2000). Onderstaande teksten (paragrafen 5.1 en 5.2) zijn grotendeels gebaseerd op de website van DTO-KOV (2001).

### 5.1 DTO-PROGRAMMA

Van 1993 tot 1995 werd het interdepartementale onderzoeksprogramma DTO uitgevoerd. Het programma werd gefinancierd vanuit vijf ministeries Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Ministerie

van Verkeer en Waterstaat, Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen en Ministerie van Economische Zaken.

Het programma had de volgende *doelstellingen*:

- Beleidsmakers en opinieleiders overtuigen van de noodzaak van de ontwikkeling van duurzame technologie en hen illustreren hoe een dergelijke ontwikkeling daadwerkelijk ter hand kan worden genomen.
- Technologische instituten, bedrijven en universiteiten ervan overtuigen dat het wenselijk is duurzame ontwikkeling als leidraad te nemen bij onderzoek en ontwikkeling.
- Verspreiding van de DTO-filosofie aan overheid, bedrijven, consumenten en organisaties: 'Via technologische ontwikkeling kan en moet in vijftig jaar duurzaamheid worden bereikt.'

Op basis van een beraamde bevolkingsgroei, veronderstelde welvaartsstijging en het verwachte totale beslag op het milieu werd berekend dat de behoeften over vijftig jaar *twintig keer zo efficiënt* moeten worden vervuld om een wereldwijde duurzame situatie te bereiken. Om de weg naar een duurzame samenleving overzichtelijker te maken, heeft DTO een aantal maatschappelijke behoeften onderscheiden: voeden, verplaatsen, water, huisvesten en chemie. Op die terreinen zijn hedendaagse en toekomstige technologische problemen geïnventariseerd via literatuurstudie, onderzoek, interviews en workshops. Op basis daarvan zijn vijftien onderwerpen geselecteerd die verder zijn uitgewerkt. Deze onderwerpen dienen als experimentele voorbeelden van de manier waarop duurzame technologie ontwikkeld en verspreid kan worden. Deze experimenten werden 'illustratieprocessen' genoemd en werden begeleid door een projectleider en een projectcoördinator. In een illustratieproces werden zowel technologische als maatschappelijke, economische en milieuaspecten bekeken. Deze brede aanpak onderscheidt zich van andere technologieprogramma's. Een illustratieproces bestond niet alleen uit onderzoeksactiviteiten, maar ook uit een deel dat zich richtte op overname van de geschetste activiteiten (zoals onderzoek naar de ontwikkeling van benodigde technologieën) door derden. Dit kunnen bedrijven zijn, maar ook maatschappelijke organisaties, overheden, universiteiten of onderzoeksinstituten. Er werd naar gestreefd dat deze partijen bij de overname een scenario voor toekomstige activiteiten ontvangen, zodat ze vrijwel direct aan de slag kunnen.

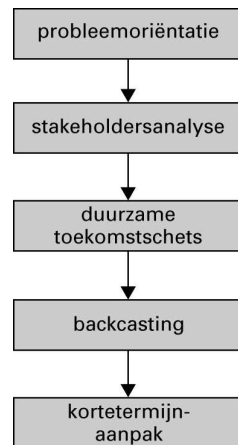
Belangrijk in de DTO-aanpak is dat *behoeften als uitgangspunt* genomen wordt. Het gaat dus niet om de vraag 'Hoe kan het autoverkeer duurzaam gemaakt worden?', maar om de vraag 'Hoe kan duurzaam voorzien worden in de behoefte aan verplaatsing van mensen en goederen?'. Het zou kunnen zijn dat bij een duurzame vervulling van een bepaalde behoefte, de huidige wijze van behoeftevervulling (in dit voorbeeld de auto) totaal geen rol meer speelt.

## 5.2 DTO -WERKWIJZE

Tijdens het DTO-programma is al doende een werkwijze ontstaan waarmee op een systematische manier mogelijkheden voor duurzame innovaties onderzocht kunnen worden. Deze

fundamentele werkwijze, de betrokkenheid van een groot aantal partijen en de voortdurende oriëntatie op de lange termijn vormen de centrale uitgangspunten voor innovaties met een duurzaam resultaat.

In de DTO-aanpak kunnen vijf stappen onderscheiden worden (figuur 4.4). De stappen volgen elkaar in de tijd op, maar het proces is interactief en iteratief (cyclisch): er zullen altijd herhalingen plaatsvinden. De stappen worden hier kort toegelicht.



FIGUUR 4.4 Schematische weergave van de stappen in de DTO-aanpak

(Bron: DTO-KOV, 2001)

### 5.2.1 *Probleemoriëntatie*

De aanpak begint met een *strategische probleemoriëntatie*. Daarin wordt het probleem verkend en afgebakend, en wordt gekeken in welke richting een duurzame (technologische) oplossing gezocht zou kunnen worden. Het is daarbij van cruciaal belang om inzicht te verkrijgen in de samenhang tussen de fysieke en de normatieve aspecten van 'onduurzaamheid'.

Daarnaast moet er een visie op duurzaamheid ontstaan. Groei is mogelijk, maar groei zonder duurzaamheid is op den duur onhoudbaar. Innovaties zijn alleen kansrijk als die op lange termijn zicht bieden op duurzaamheid. Belangrijk is het daarom te beoordelen hoe productie en consumptie mogelijk zijn zonder uitputting van grondstofvoorraden, zonder aantasting van ecosystemen en zonder accumulatie van afvalstoffen.

### 5.2.2 *Stakeholdersanalyse*

De ervaring heeft geleerd dat het belangrijk is om allerlei direct of indirect betrokkenen (*stakeholders*) bij een duurzaamheidsprobleem of -oplossing te betrekken bij duurzame technologische ontwikkeling. Ook is het belangrijk om een *interactieve werkwijze* te volgen. Een gezamenlijk ontwikkelde oplossing heeft meer legitimiteit en is effectiever. Een belangrijk doel van de strategische probleemoriëntatie is dan het inventariseren van de meningen, wensen en belangen van de belanghebbenden. Om te bedenken wie er direct en



indirect betrokken zijn bij een duurzaamheidsprobleem of een bepaalde duurzame (technologische) innovatie, is het goed eerst grofweg een sociale kaart te maken.

In de stakeholdersanalyse die binnen het DTO-project Chemie is gedaan, zijn inhoudelijke stappen verweven met het wekken en peilen van belangstelling, het vergroten van de bekendheid van het initiatief, het overtuigen van mogelijke partners, etcetera. In het geval van het project Chemie ging het om een interactieve verkenning van het probleem en van mogelijke oplossingen.

Het betrekken van allerlei belanghebbenden en geïnteresseerden heeft alles te maken met het vergroten van netwerken en draagvlak. Werkelijke steun voor een project of oplossing wordt pas verkregen als betrokkenen het project als het hunne gaan zien, als het strookt met hun opvatting van een probleem of oplossing. De interactieve werkwijze is een wezenlijk element van de DTO-aanpak. Op grond van de ervaringen uit het DTO-programma zijn enkele opmerkingen te maken:

Het gevaar bestaat dat goede ideeën van minder draagkrachtige partijen ondersneeuwen door de invloed van partijen met veel financiële middelen.

Om een probleemdefinitie tot een gedeelde probleemdefinitie te maken, moet een voorlopige probleemdefinitie vaak worden bijgesteld.

Het betrekken van een scala aan direct betrokkenen zorgt er bijna als vanzelf voor dat er een balans ontstaat tussen de culturele, structurele en technologische aspecten in duurzame technologische ontwikkeling.

### 5.2.3 *Duurzame toekomstschets*

Zeer essentieel in de DTO-aanpak is het maken van een sprong in de tijd en te schetsen hoe de wereld er uit kan zien over pakweg vijftig jaar (ongeveer twee generaties na nu). Dit moet geen blauwdruk zijn, maar een schets in houtskool van de wereld over vijftig jaar. Misschien is dan de dagelijkse gang naar school of kantoor uit de tijd, net zoals wij niet meer dagelijks naar de kolenboer gaan om briketten te halen. Misschien zijn kolen, olie en gas op hun retour, net zoals wij geen gebruik meer maken van turf. Misschien zijn andere vervoersystemen dominant en staan er andere gerechten op het dagelijks menu.

Vijftig jaar vooruitkijken lijkt soms op tasten in het duister, maar het op verantwoorde wijze introduceren van nieuwe producten, systemen en infrastructuren vergt nu eenmaal een zeer lange aanlooptijd. Binnen de DTO-aanpak worden *duurzame toekomstbeelden* wens- of streefbeelden. Bestaande tendensen worden niet doorgetrokken: er wordt juist gezocht naar mogelijke *trendbreuken*. Om deze te vinden, is het interessant om een streefbeeld te vergelijken met een toekomstbeeld uit een verkenning die het heden als vertrekpunt neemt. Het verschil tussen deze twee levert de uitdaging voor innovaties.

Binnen het DTO-programma zijn verschillende manieren gebruikt om te komen tot een toekomstbeeld:

- Creativiteits-sessies

Vaak worden hiervoor creativiteitsessies ingezet. Deze stimuleren creativiteit en vernieuwing, met name in de beginfase, of wanneer het denken over bepaalde kwesties is vastgelopen. Belangrijk bij creativiteitsessies is, dat deze goed doordacht opgezet en begeleid moeten worden. Men kan hiervoor gespecialiseerde bureaus of personen inzetten.

- Interviews

Men kan ook gebruikmaken van gerichte interviews. In een interviewsituatie worden betrokkenen gevraagd en aangemoedigd om hun visie te geven op zowel de ingeschatte als de gewenste situatie over vijftig jaar. Wanneer die stap voor mensen in één keer te groot is, is het een optie om een vervolginterview af te nemen, waarin de ondervraagden kunnen reageren op een toekomstbeeld dat is opgesteld tijdens het eerste gesprek.

- Essays

Een andere beproefde methode in het DTO-programma was het laten schrijven van een essay door twee of drie deskundigen. Deze moeten goed geïnstrueerd worden en zich vrij voelen een nieuwe visie te geven.

Van bovenstaande methode voor het maken van toekomstbeelden is het gebruikmaken van interdisciplinaire creativiteitstechnieken met name in wetenschappelijke kringen niet zeer gebruikelijk. Om deze reden gaan we hier kort nader op in.

#### *Interdisciplinair creatief proces*

In het DTO-programma is duidelijk geworden dat ideeën voor een duurzame inrichting van de samenleving gegenereerd kunnen worden in een *interdisciplinair creatief proces*. Er zijn twee elementen in de DTO-aanpak die dit creatieve proces nadrukkelijk stimuleren.

Ten eerste wordt er een toekomsttermijn genomen die veel verder weg ligt dan men normaal gewend is om te beschouwen. Gewoonlijk maakt men plannen voor een termijn van 5 á 10 jaar. In de DTO-aanpak daarentegen is het idee om een halve eeuw vooruit te kijken. Door gezamenlijk een ver weg gelegen *toekomstoriëntatie* te schetsen komt men los van het heden en de bestaande patronen en is men in staat creatieve oplossingsrichtingen te identificeren.

Een tweede prikkeling bestaat uit het redeneren vanuit behoeften, waardoor de benadering al snel interdisciplinair van karakter wordt.

Een creatief proces is altijd een combinatie van 'vrij denken' en kritisch zijn.

In de eerste fase, de *divergentiefase*, moet het kritisch denken zoveel mogelijk losgelaten worden, om juist op geheel andere ideeën te komen. Deze fase is gericht op het genereren van veel (wilde) ideeën voor oplossingen van de problematiek, zonder dat men zich daarbij in eerste instantie geremd wordt door de randvoorwaarden van het 'heden'.

Bij divergentie gaat het om het genereren van ideeën. Daarbij is het van groot belang dat potentieel goede ideeën niet vroegtijdig van tafel geveegd worden door opmerkingen zoals 'dat kan toch

niet' of 'dat lukt toch nooit'. Een techniek die divergentie (verwijdering) bevordert is de zogenoemde 'brainwriting' of '6.3.5.-methode'.

De methode verloopt als volgt. Uitgangspunt is een groep van circa zes deelnemers aan een tafel. Na een korte introductie van het probleem schrijft iedere deelnemer een herformulering van het probleem op papier (ca. 3 minuten). Vervolgens schrijft ieder drie eerste ideeën op. Daarna worden de blaadjes 1 plaats doorgegeven en leest ieder de ideeën van de buur. Daardoor kan iedere deelnemer zich laten inspireren en de volgende drie ideeën opschrijven. Deze stap wordt net zo lang herhaald tot dat de blaadjes terug zijn bij de oorspronkelijke eigenaar. Vervolgens kan individueel een eerste prioritering plaatsvinden door bijvoorbeeld voorkeuren aan te geven. Deze individuele prioritering kan dan in de groep geëvalueerd worden. Brainwriting levert in korte tijd een groot aantal ideeën op. Er bestaat wel een grote kans op veel overlap van de ideeën. De inbreng van alle individuele deelnemers is meer gegarandeerd dan bij technieken waarbij plenair 'geroepen' moet worden. In deze techniek is geen sprake van georganiseerde verwijdering; het blijft voortborduren op andermans ideeën.

De tweede fase, de *convergentie*, omvat het selecteren van de beste oplossingen en een aanpassing en/of optimalisatie daarvan voor daadwerkelijke implementatie. Tijdens het convergeren gaat het erom de kansrijke prioritaire oplossingsrichtingen te selecteren. Een eenvoudig voorbeeld hiervan is het 'scoren' van de voorliggende ideeën. Dit kan bijvoorbeeld als volgt. Alle ideeën worden op grote flap-overs samengebracht. Alle deelnemers krijgen een beperkt aantal (bijv. drie) gekleurde stickers, waarbij blauw staat voor concrete ideeën, dicht bij bestaande ideeën en direct haalbaar; rood staat voor originele ideeën die direct haalbaar zijn en geel staat voor originele ideeën die niet direct haalbaar zijn, maar misschien in de toekomst wel. De deelnemers verdelen hun stickers over de ideeën op de flap-overs. Dit leidt tot zowel rubricering als prioritering van de oplossingsrichtingen.

Er wordt dus aanspraak gemaakt op zowel het associatieve, vrije denken als op het kritische denken. Beide soorten worden echter systematisch gescheiden in de opzet van het creatieve proces.

#### 5.2.4 *Backcasting*

De idee van *backcasting* is na te gaan welke stappen achtereenvolgens nodig zijn om een duurzaam toekomstbeeld te realiseren. Het product van backcasting is een *strategie* om een duurzaam toekomstbeeld te verwezenlijken. Die strategie bestaat uit een reeks concrete suggesties voor activiteiten met een relatief korte tijdshorizon om op den duur de gewenste technologische systeemveranderingen te realiseren. Backcasting werkt net andersom dan de eerder besproken toekomstverkenningen (in het Engels ook wel 'forecasting' genoemd). In plaats van huidige ontwikkelingen door te trekken naar de toekomst wordt bij backcasting juist teruggeredeneerd vanuit een 'verafgelegen' toekomstperspectief. Daarbij wordt

nagegaan welke stappen nodig zijn om het toekomstbeeld te bereiken. Door zo precies mogelijk het traject naar die gewenste toekomst te doordenken, ontstaat zicht op de keuzes en mogelijkheden in dat traject.

Een voorbeeld van backcasting is het project van 'Mainport Rotterdam'. Door middel van backcasting werden concrete kansrijke 'zoekrichtingen' geïdentificeerd voor nieuwe technologische systemen voor zowel de havenactiviteiten in Rotterdam als elders in de goederenketens. Eerst werd een beeld geschetst van de haven van Rotterdam in 2040 en de milieubelastende consequentie van autonome ontwikkelingen, van de milieuproblemen en van mogelijke technologische zoekrichtingen. Daarnaast werd een beeld geschetst van een duurzame haven in 2040. Vanuit dat toekomstbeeld werden vervolgens de mogelijkheden geanalyseerd om met nieuwe technologieën een bijdrage te leveren aan de reductie van het gebruik van de milieugebruiksruimte. De mogelijkheden die daarbij in aanmerking kwamen voor verdere uitvoering zijn: Algemeen Transport Systeem, Waterstoftechnologie, Ondergronds Vacuüm Buizen transport, Pro-actief Clusteren en Integraal Transport.

#### 5.2.5 Kortetermijnaanpak

Volgend op de backcasting kan men een *kortetermijnaanpak* gaan ontwikkelen:

- Welk onderzoek moet gedaan worden om op lange termijn bij het duurzame toekomstbeeld uit te komen?
- Welke acties moeten daartoe worden ondernomen?

Met het ontwikkelen van een kortetermijnaanpak wordt een onderzoeks- en ontwikkelingsprogramma (R&D) en/of actieagenda geformuleerd, die in het licht staat van het gezamenlijk vastgestelde toekomstperspectief. In de praktijk zal blijken dat voor het vormgeven van de eerste activiteiten teruggevallen moet worden op de strategische probleemoriëntatie. Een eerste project of programma moet enerzijds een aanzet zijn in de richting van de gewenste toekomst en anderzijds hier en nu voldoende draagvlak kunnen verwerven.

Het einddoel van het DTO-proces is uiteraard dat de ontwikkelde duurzame technologie werkelijkheid wordt en tastbare resultaten oplevert. De fundamentele werkwijze, de betrokkenheid van een groot aantal partijen en de voortdurende oriëntatie op de lange termijn vormen goede uitgangspunten voor innovaties met een duurzaam resultaat.

## 6 Samenvatting

Een belangrijk onderdeel in de transitie naar een duurzame samenleving is de ontwikkeling en inzet van duurzame technologieën. Hieronder verstaan we technologieën die de menselijke behoeften vervullen zonder gebruik te maken van niet-hernieuwbare hulpbronnen en zonder grootschalige irreversibele milieuschade te veroorzaken. In de transitie zijn

drie tijdsfases te onderscheiden: de korte (< 10 jaar), de middellange (10-40 jaar) en de lange termijn (> 40 jaar). In de eerste fase wordt ingezet op 'good housekeeping' en het toepassen van 'end-of-pipe' maatregelen. Good housekeeping komt erop neer dat men verspilling van materiaal en energie voorkomt. 'End-of-pipe'-maatregelen gaan de verspreiding van vervuilende emissies tegen. Op de middellange termijn kunnen verdergaande veranderingen tot stand gebracht worden: milieugerichte product- en procesinnovaties en integraal ketenbeheer. Milieugerichte productinnovaties richten zich op het ontwikkelen van producten waarvoor weinig grondstof en/of energie nodig is of waarvan een groot deel gerecycled kan worden. Milieugerichte procesinnovaties zijn gericht op preventie van ongewenste emissie in het productieproces. Bij integraal ketenbeheer is het streven om in de gehele keten (winning-productie-gebruik-verwijdering) de materiaal- en energiekringlopen gesloten te houden. Op de lange termijn zijn systeeminnovaties nodig: fundamentele structurele vernieuwingen van het maatschappelijke systeem.

Technologiekeuzes in het heden leggen de toekomst voor een groot gedeelte vast. Zo hebben beslissingen rond de aanleg van de energie-infrastructuur in Nederland een grote consequentieperiode: door de lange levensduur van de componenten hebben ze nog jaren invloed op de inrichting van de maatschappij. Men dient dus te anticiperen op toekomstige technologie; de technologiekeuze dient een grote inherente toekomstwaarde te bezitten.

Omdat hedendaagse beslissingen zo verrijkend kunnen zijn, is het van groot belang dat vooraf de toekomst goed verkend wordt. Er zijn vier typen toekomstverkenningen: prognoses, projecties, speculaties en verkenningen. Een prognose is gebaseerd op gegevens uit het verleden en op een verklarend model. Een projectie is gebaseerd op gegevens uit het verleden, maar niet of nauwelijks op een onderliggende verklarende theorie; hieronder vallen (trend)extrapolaties. Speculaties zijn slechts gebaseerd op algemene kwalitatieve analyses, bijvoorbeeld op basis van een brainstorm door een groep deskundigen. Ook verkenningen zijn nauwelijks gebaseerd op beschikbare gegevens uit het verleden, maar zijn wèl gebaseerd op systematische theoretische inzichten. Men dient altijd in het achterhoofd te houden dat de betrouwbaarheid van een toekomstverkenning staat of valt met de geldigheid van de onderliggende aannames.

In het interdepartementaal onderzoeksprogramma Duurzame Technologische Ontwikkeling (DTO) is een werkwijze ontstaan waarmee op een systematische manier mogelijkheden voor duurzame innovaties onderzocht kunnen worden. De werkwijze begint met een strategische probleemoriëntatie. Daarin wordt het probleem verkend en afgebakend, en wordt gekeken in welke richting een duurzame (technologische) oplossing gezocht zou kunnen worden. Stakeholders dienen bij een duurzaamheidsprobleem of een oplossing daarvoor betrokken te worden. Ook is het belangrijk om een interactieve werkwijze te volgen. Zeer essentieel in de werkwijze is het maken van een sprong in de tijd en te schetsen hoe de wereld, uitgaande van de

behoefden, er uit kan zien over pakweg vijftig jaar. Hierbij worden interdisciplinaire creativiteitstechnieken ingezet. Nagegaan wordt welke trendbreuken nodig zijn om het duurzame toekomstbeeld te verwezenlijken. De voorlaatste stap in de werkwijze bestaat uit backcasting: men bepaalt een strategie of traject om een duurzaam toekomstbeeld te verwezenlijken. Volgend daarop worden de (onderzoeks)acties voor de korte termijn vastgesteld.

## Literatuur

- Aarts, W., *Een handreiking voor Duurzame Technologische ontwikkeling*. DTO-KOV, 1999.
- Andringa, J., *Creatief denken – een inleiding*.  
Projectleidersbijeenkomst DTO-KOV van 20 juni 2000.
- Brezet, H., *Van prototype tot standaard; de diffusie van energiebesparende technologie*, dissertatie, Erasmus Universiteit Rotterdam, Nederland. Rotterdam, Uitgeverij Denhatex, 1994.
- Cramer, J. en L. Jansen, 'De drie soorten milieu-innovaties vullen elkaar aan'. In: *Milieuforum 2-'95*, p. 10-11, 1995.
- Dammers, E., *Leren van de toekomst: over de rol van scenario's bij strategische beleidsvorming*. Delft, Eburon, 2000.
- Dammers E., H.L. Pálsdóttir, F. Stroeken, L. Crommentuijn, E. Driessen en F. Filius, *Scene; een kwartet ruimtelijke scenario's voor Nederland*. Rotterdam: Nai Uitgevers, Ruimtelijk Planbureau, 2003.
- DTO-KOV, 2001. website: [www.dto-kov.nl](http://www.dto-kov.nl)
- Hermans, F. en L. Lemmen, 'Toekomstperspectief'. In: *Oriëntatiemodule Duurzame ontwikkeling*, OUNL/TUD/UT/TUE/HSB, 2001.  
<http://blackboard.ou.nl/dto/>
- Jansen, J.L.A., 'Met technologie naar de toekomst'. In: *Materialen*, blz. 5-11, 1996.
- Keilman, N.W., *Uncertainty in national population forecasting: issues, measurement, backgrounds, recommendations: with application to the Netherlands*. Amsterdam, Swets and Zeitlinger, 1990.
- Kasteren, J., *Transities in de praktijk*, Interdepartementaal Programma Duurzame Technologische Ontwikkeling Kennisoverdracht en -verankering, 2001.
- Kokhuis, H., *ABC van XYZ*. Amsterdam, VU-uitgeverij, 2000.
- Mulder, K.F., 'De rol van technologie in duurzame ontwikkeling'. In: *Oriëntatiemodule Duurzame ontwikkeling*, OUNL/TUD/UT/TUE/HSB, 2001.  
<http://blackboard.ou.nl/dto/>
- OUNL, *Energie-optimalisering en -management*, cursus N.36.2.1.1. Heerlen, Open Universiteit Nederland, 2000.
- OUNL, *World Food Production*, cursus N.01.3.1.1. Heerlen, Open Universiteit Nederland, 1992.
- Vlasman, A. en I. Dankelman, *Denkraam voor Duurzame ontwikkeling*. Nijmegen, UCM/KUN, 45 blz., 2002.
- Weaver, P., L. Jansen, G. van Grootveld, E. van Spiegel en P. Vergragt, *Sustainable Technology Development*. Sheffield, UK, Greenleaf Publishing, 304 blz., 2000.