

Transitie naar een waterstofeconomie

Issuepaper over kansen en bedreigingen voor VROM



E. J. L. Chappin
1101870
SPM3911 Bachelorproject
Januari-maart 2004

Voorwoord

Dit issuepaper is geschreven voor het vak SPM3911, Bachelorproject van de opleiding Technische Bestuurskunde aan de Technische Universiteit Delft.

Mijn dank gaat uit naar iedereen die (op welke wijze dan ook) heeft bijgedragen aan de totstandkoming van dit paper. Jullie zijn mijn voornaamste bron van inspiratie.

Emile Chappin

Samenvatting

Het gas waterstof wordt gezien als één van de meest kansrijke energiedragers van de toekomst. Waterstof kan worden gezien als een universele energiedrager, zeer nuttig in een overgangssituatie tussen verschillende typen grondstoffen voor de energiebehoefte. Daarom lijkt een toekomst met waterstof als belangrijkste energiedrager mogelijk. Door de unieke positie van waterstof als energiedrager ontstaat dan een economie en in nog bredere zin een maatschappij die vervlochten is met waterstof. Daarom wordt vaak gesproken van de ‘waterstofeconomie’ en de transitie daarnaartoe.

Uit de analyse van de problematiek blijkt dat de beperkte middelen van VROM niet altijd effectief toe te passen zijn op de andere actoren door wederzijds afhankelijkheden en de bestuurlijk complexe situatie in Nederland. Omgevingsinvloeden zijn groot, coöperatie van veel private actoren is noodzakelijk en het milieubesef van burgers, is noodzakelijk om de brandstoffenvoorziening binnen de nog beperkte tijd duurzamer te maken.

Het is van belang dat continuïteitsbelangen van private actoren worden meegenomen in de probleemformulering, omdat VROM zich wederzijds afhankelijk weet van deze actoren. Hoewel VROM zich ook afhankelijk weet van Europese regelgeving, heeft ze middels het heersende vergunningstelsel invloed op de verschillende private actoren. Daarnaast heeft ze invloed via formele belangen in een aantal organisaties. Het blijkt dat de acceptatie door burgers van vitaal belang is voor de oplossing van de problematiek. Uit de scenario-analyse blijkt dat indien een falende markt ontstaat, niet direct de problemen opgelost worden. Daarom dient regelmatig te worden geëvalueerd, op nationaal en internationaal niveau of marktwerking de oplossing blijft in de betreffende sectoren. De probleemformulering is als volgt:

Waterstof als energiedrager wordt als oplossing gezien voor de kloof die in toenemende mate ontstaat tussen het aanbod van en de vraag naar brandstoffen. Hoe kan binnen de technische stand van zaken en bestuurlijk complexe situatie waarin VROM zich bevindt een optimale balans worden bereikt tussen economische en sociale welvaart middels de inzet van waterstof als energiedrager voor de brandstoffenvoorziening, rekening houdend met het feit dat een duurzame keuze van de burger van vitaal belang is om deze balans te bereiken?

Een kwantitatief onderzoek wordt voorgesteld met als hoofdvraag:

Welke beleidsaanbevelingen kunnen worden gedaan aan VROM om kansen te benutten en bedreigingen te minimaliseren van wegtransport met waterstof als energiedrager zoals die leven bij de Nederlandse bevolking, op een termijn van nu tot 2030?

Dat onderzoek wordt uitgevoerd middels een SPSS multiële regressie-analyse, omdat de vragen het best kunnen worden beantwoord met een consumentenonderzoek. De interpretatie van een consumentenonderzoek is het best kwantificeerbaar met behulp van multiële regressie-analyse, waarvoor het softwarepakket SPSS de beste tool is.

SPSS is geschikt om een gevoeligheidsanalyse uit te voeren, waardoor de omvang van onzekerheden in de resultaten in grote mate kunnen worden vastgesteld. Daarnaast kunnen de gewenste aanbevelingen worden gedaan nadat de analyse met SPSS is uitgevoerd.

Inhoudsopgave

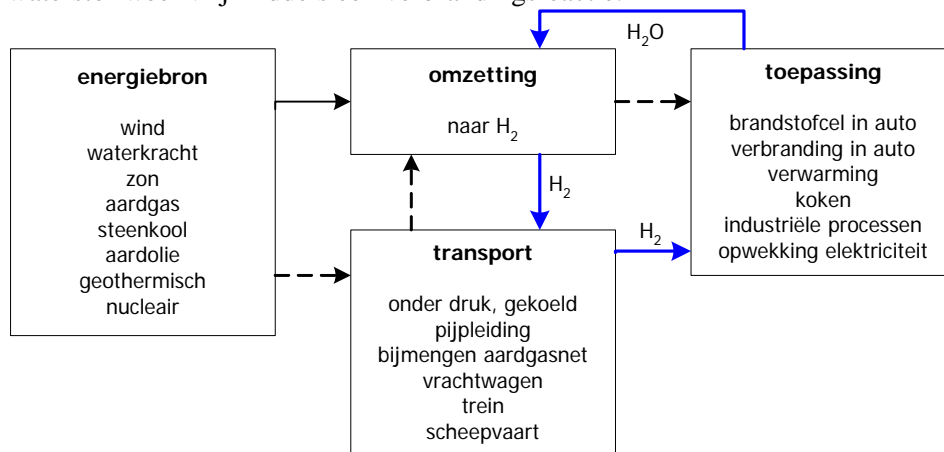
1 Inleiding	9
2 Probleemanalyse	11
2.1 Analyse, afbakening en specificatie	11
2.1.1 Aggregatieniveau probleem- en doelstelling	11
2.1.2 Specificatie van criteria	11
2.1.3 Afbakening, factoren en oorzaken	12
2.1.4 Ingreepmogelijkheden en randvoorwaarden	12
2.1.5 Synthese	13
2.2 Actoren- en netwerkanalyse	14
2.2.1 Inventarisatie van actoren	14
2.2.2 Inventarisatie van belangen, doelen en percepties	14
2.2.3 Afhankelijkheden	15
2.2.4 Structurele en culturele kenmerken	16
2.2.5 Dynamiek	16
2.3 Toekomstverkenning	17
2.3.1 Factoren en drijvende krachten	17
2.3.2 Omgevingsscenario's	17
2.4 Synthese	18
3 Plan van aanpak	19
3.1 Perspectief en processtappen	19
3.2 Onderzoeksplan	19
3.2.1 Onderzoeksvraag en deelvragen	19
3.2.2 Methodiek	20
3.2.3 Tijdsplanning en begroting	20
Literatuur	21
Bijlagen	23
1. Doelmiddelenschema	23
2. Doelstellingenboom en criteria	24
3. Causaal diagram	25
4. Overzicht van probleempercepties, belangen en doelen van actoren	26
5. Afhankelijkheden tussen actoren	28

1 Inleiding

Vorraden fossiele grondstoffen zoals steenkool, aardolie en aardgas zijn eindig. De behoefte aan en de gevolgen van het gebruik van deze grondstoffen als energiebron blijken steeds groter dan gedacht. Om ook in de toekomst aan de energiebehoefte te kunnen voldoen, wordt onderzoek gedaan naar diverse vervangende energiebronnen.

Het gas waterstof (chemische formule H_2) wordt gezien als één van de meest kansrijke energiedragers: het is direct toepasbaar als brandstof in brandstofmotoren (zoals in de huidige auto) en het kan brandstof zijn voor bepaalde types brandstofcel (chemische omzetting tot elektriciteit) (zie Airliquide, 2004). De eerste auto op waterstof is al gerealiseerd (zie Ummes, 2003). Daarnaast wordt waterstof gebruikt bij vele industriële processen (zie Airliquide) en kan het gebruikt worden in het huishouden als (gedeeltelijke) vervanger voor aardgas. Waterstof kan worden geproduceerd uit vele chemische stoffen, zoals alle fossiele grondstoffen, maar ook uit water, met behulp van elektrolyse.

Waterstof kan daarom worden gezien als een universele energiedrager en is zeer nuttig in een overgangssituatie tussen verschillende typen grondstoffen voor de energiebehoefte. Daarom lijkt een toekomst met waterstof als belangrijkste energiedrager mogelijk. Door de unieke positie van waterstof als energiedrager ontstaat dan een economie – en in nog bredere zin een maatschappij – die vervlochten is met waterstof. Daarom wordt vaak gesproken van de ‘waterstofeconomie’ en de transitie daar naartoe. De rol van waterstof in een dergelijke economie wordt geïllustreerd in Figuur 1. Aan de dikke pijlen is te zien dat het gaat om een (theoretisch) gesloten keten. Waterstof wordt eerst ingezet als energiedrager middels een elektrolysereactie. Hierbij wordt water gebruikt. Dit water komt bij het gebruik van waterstof weer vrij middels een verbrandingsreactie.



Figuur 1. De waterstoffketen

Door de groei van de vraag en de afname in het aanbod van fossiele grondstoffen in combinatie met de grote economische en humanitaire gevolgen bij een lagere voorzieningszekerheid ontstaat een groeiend probleem. De problematiek is complex, mede door onzekerheid over mogelijke mondiale en nationale regelgeving, gevolgen van liberalisering en privatisering van de Europese energiesectoren. Daarnaast bevorderen de fossiele grondstofvoorraden, doelen en belangen van energie en brandstofproducerende bedrijven en andere actoren de complexiteit.

De huidige mate van substitutiemogelijkheden voor de fossiele grondstoffen veroorzaakt dit probleem. Tevens is de huidige afhankelijkheid ervan een oorzaak. Onzekerheid belemmert bedrijven om tot innovatieve oplossingen te komen, omdat dit zorgt voor een grotere focus op korte termijnwinsten en innovatieve oplossingen op de korte termijn alleen maar middelen kosten (zie Atella et al., 2003).

Binnen de problematiek spelen verschillende actoren een rol. De Nederlandse Overheid heeft diverse rollen en dient daarom te worden opgesplitst in diverse delen (verschillende ministeries) en niveau's (gemeentelijk, provinciaal en landelijk). De overheid vervult rollen als coördinator, controleur, burgervertegenwoordiger en regelgever. Daarnaast zijn diverse private partijen actief, zoals elektriciteit- en brandstofproducerende bedrijven, maar ook bedrijven die klant zijn van deze bedrijven. Internationale organisaties, zoals de Europese Unie en de Verenigde Naties hebben naast de verschillende nationale overheden een rol in de besluitvorming over deze problematiek. De mondiale regelgeving en richtlijnen hebben grote gevolgen voor de beslissingsbevoegdheid en ruimte voor de overheid. Zo heeft het Kyoto-protocol grote gevolgen voor de Nederlandse situatie rondom de uitstoot van onder andere CO₂.

Ondanks de vele rollen en complexe situatie waarin ze zich bevindt, dient de overheid de voorzieningszekerheid te kunnen waarborgen. Binnen de Nederlandse Overheid heeft het Ministerie van VROM de belangrijkste positie in handen, doordat ze een afweging moet maken tussen het stimuleren van duurzaam gebruik en de ruimtelijke ordening en kosten binnen dit gebruik (zie Ministerie van VROM, 2004). Omdat de positie zo complex is, wordt het Ministerie van VROM als probleemeigenaar gezien voor dit onderzoek.

Dit onderzoek wordt geschreven met als doel inzicht te verschaffen in de complexe situatie rond het probleem van de beperkte fossiele brandstoffen, met waterstof als mogelijke oplossing en de rol van de Nederlandse Overheid binnen deze problematiek. Daarnaast wordt bekeken of en zo ja, waar zich kennislacunes op het gebied van deze problematiek bevinden, zodat een vervolgonderzoek kan worden gepresenteerd.

De auteur dient als onafhankelijk beleidsanalist advies te geven aan de het ministerie van VROM betreffende deze problematiek.

De opbouw van dit rapport is als volgt: in het volgende hoofdstuk zal het probleem kritisch worden geanalyseerd, gespecificeerd en geherformuleerd. Daarbij wordt tevens een actorenanalyse uitgevoerd. Omdat er kennislacunes worden geconstateerd resulteert deze analyse in het laatste hoofdstuk in een plan van aanpak en een onderzoeksplan, waarin een voorstel voor vervolgonderzoek wordt ingediend.

2 Probleemanalyse

In dit hoofdstuk wordt de in de inleiding geschetste problematiek grondig en kritisch geanalyseerd, gespecificeerd en geherformuleerd.

2.1 Analyse, afbakening en specificatie

Deze paragraaf bevat een eerste analyse waarin wordt gepoogd het probleem inzichtelijk te maken en helderheid te verschaffen in de formulering van het probleem. Daarvoor wordt de probleemschets, zoals in de inleiding is vermeld, als uitgangspunt genomen.

2.1.1 Aggregatieniveau probleem- en doelstelling

Het probleem wordt als volgt geherformuleerd:

Waterstof als energiedrager wordt als oplossing gezien voor de kloof die in toenemende mate ontstaat tussen het aanbod van en de vraag naar brandstoffen. Hoe kan en dient waterstof ingezet te worden in de toekomstige vijftienvintig jaar om de optimale balans te kunnen bereiken tussen economische en sociale welvaart op het gebied van brandstofvoorziening?

De doelstelling van de Nederlandse Overheid in deze context luidt:

Het bereiken van afgesproken internationale en nationale doelstellingen (zoals Kyoto) en meer in het algemeen komen tot een duurzame brandstoffenvoorziening.

Om tot een werkbare situatie te komen dient de probleemformulering niet te breed of te smal te worden gekozen. In deze analyse wordt beschouwd of het aggregatieniveau zoals hierboven is gekozen, verstandig is voor een verdere analyse en vervolgonderzoek. De elektriciteitssector wordt buiten beschouwing gelaten, omdat waterstof daar een overbodige tussenstap zou zijn (zie Shinnar, 2003). Dit wordt inzichtelijk gemaakt door het doelmiddelenschema in bijlage 1. Daaruit blijkt dat voorzieningszekerheid in deze problematiek voor de overheid het doel is. Hoewel de transitie naar een 'waterstofeconomie' slechts één van de oplossingen is, wordt daar wel op gefocust, omdat anders niet tot een werkbare analyse kan worden gekomen.

2.1.2 Specificatie van criteria

Middels de doelstellingenbomen in bijlage 2 zijn de doelstellingen van de Nederlandse Overheid geoperationaliseerd, zodat criteria konden worden afgeleid.

De criteria die de doelstelling kunnen meten zijn hieronder opgesomd. De richting waarin de criteria optimaliseren staat tussen haakjes. Voor bijbehorende eenheden en verklaring, zie bijlage 2. Indien streefwaarden bij al deze criteria worden bereikt, is de problematiek *in de ogen van de probleemeigenaar* opgelost. Een aantal spanningen wordt echter zichtbaar. Deze spanningen worden veroorzaakt door tegenstrijdige doelen en belangen, binnen VROM, maar ook tussen de verschillende relevante actoren.

Eenzijds dienen de doelstellingen van het Kyotoprotocol gehaald te worden, waardoor CO₂-uitstootbepalende maatregelen dienen te worden genomen. Dat zorgt echter voor extra moeite en kosten voor de overheid en de burgers, welke voorkomen dienen te worden volgens het andere deel van de doelstelling van de overheid. Daarnaast zijn de veiligheid en overlast niet altijd geoptimaliseerd indien deze maatregelen worden toegepast. Deze spanning levert de volgende factoren op:

(minimale) tarievenverschil tussen duurzame en nietduurzame alternatieven
(minimale) brandstoffentarieven

(minimale) CO₂-uitstoot
(maximale) veiligheid
(minimale) horizonvervuiling
(minimale) geluidshinder
(minimale) downtime waterstofvoorziening
(maximale) penetratie waterstof in markt

Naast deze factoren is duurzaamheid van groot belang voor VROM, welke op gespannen voet staat met de voorzieningszekerheid en leveringszekerheid. De leveringszekerheid wordt geoperationaliseerd tot de term 'downtime'. Daaruit komen de volgende factoren:

(optimale) duurzaamheid brandstoffenvoorziening
(optimale) energievoorzieningscapaciteit
(minimale) downtime brandstoffenvoorziening
(maximale) voorzieningszekerheid brandstoffenvoorziening

Naast het zorgen voor duurzaamheid en voor het halen van internationale doelstellingen dient een gezonde markt gecreëerd te worden voor bedrijven om totaal het maximaal nut te kunnen bereiken. De burger dient te kunnen kiezen voor een duurzame oplossing. Een markt wordt als gezond beschouwd, indien concurrentie geen innovatie belemmert, maar de beperking aan concurrentie geen te hoge prijzen oplevert. Met de liberalisering en privatisering van de betreffende markten in ogenschouw blijkt dit lastig te creëren. Een spanning heerst daardoor tussen de economische welvaart van bedrijven en de tarieven voor anderen. Hieruit komen de volgende factoren voort:

(maximale) economische welvaart bedrijven
(optimaal) concurrentievermogen markt
(maximaal) energierendement

2.1.3 Afbakening, factoren en oorzaken

De geografische afbakening bij dit probleem is lastig. De problematiek lijkt op het eerste gezicht duidelijk mondiaal, de meeste actoren zijn internationaal actief. Toch is VROM vooral nationaal gericht. Indien niet in voldoende mate wordt afgebakend, blijft een te complex en grootschalig probleem over om tot een werkbare analyse te komen. Als geografische afbakening is na afweging de Nederlandse grens gekozen.

Als tijdsafbakening wordt vanaf nu tot het jaar 2030 gekozen, ofwel een termijn van vijftwintig jaar. Een veel kortere termijn is niet relevant voor de grootschalige oplossingen en een te lange termijn is niet handelbaar voor een issuepaper als dit.

De factoren en oorzaken die relevant zijn in dit probleem zijn gestructureerd middels een causaal diagram. De belangrijkste factoren kwamen eerder dit hoofdstuk al aan bod, namelijk in de criteria, doelen en middelen. Dit diagram, verklaringen, eenheden bij de factoren en conclusies staan in bijlage 3. De belangrijkste conclusies worden hier vermeld. Hierin wordt met name duidelijk dat de positie van waterstof kan helpen om duurzaamheid te vergroten. Daarbij moet waterstof als medium gaan optreden tussen de diverse tegenstrijdige doelen en belangen.

2.1.4 Ingrijpbaarheden en randvoorwaarden

Mogelijkheden tot ingrijpen in het probleem door VROM zijn aanwezig. Algemene maatregelen zijn subsidieregulering en voorlichting. Onderzoek doen om technologische vooruitgang te realiseren is een optie, maar ook het inrichten van infrastructuur voor waterstoftransport is een optie. Het is mogelijk standaarden te ontwikkelen (in overleg met betrokken fabrikanten van producten en containers) voor de levering van waterstof. Op die manier kan concurrentie worden bevorderd en wordt marktpenetratie sneller bereikt.

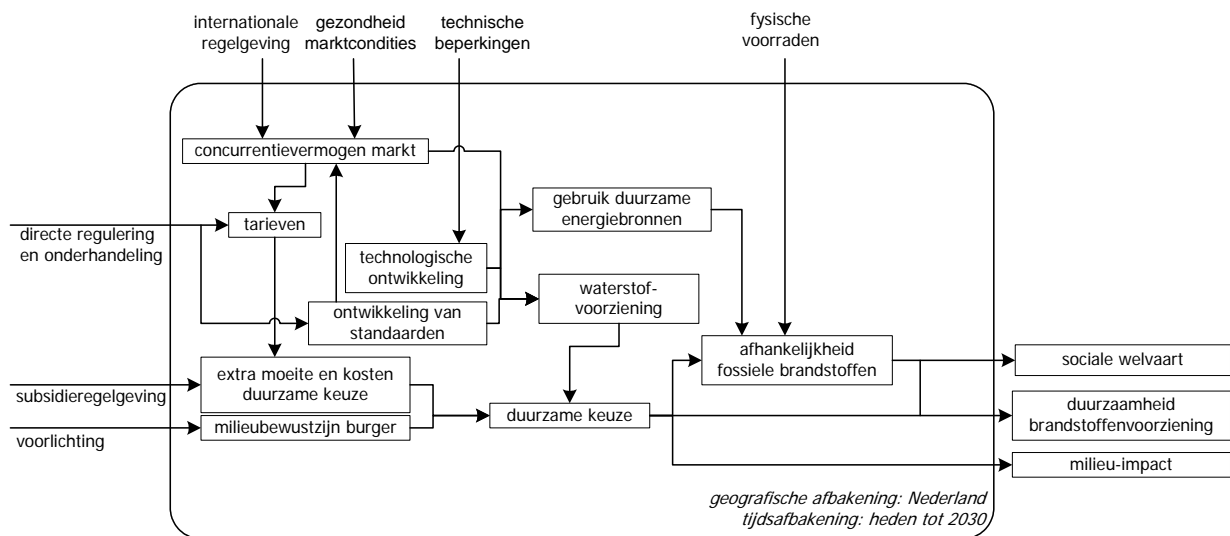
De Nederlandse Overheid is echter niet vrij in haar handelen. Ze is beperkt door de volgende randvoorwaarden. Ten eerste zorgt privatisering en liberalisering van de markten voor een beperkte mogelijkheid om invloed uit te oefenen. Marktwerking is gebaseerd op vrijheid van de partijen in deze markt. Daarnaast hindert Europese regelgeving de Nederlandse Overheid in hoge mate in haar handelen. Tevens is de overheid afhankelijk van de fysische voorraad fossiele grondstoffen. Deze is beperkt. Technische beperkingen scheppen randvoorwaarden voor de substitutiemogelijkheden voor fossiele grondstoffen. Deze beperkingen zorgen ook voor onzekerheid, omdat zij nu gelden, maar in de toekomst door technologische ontwikkeling kunnen wijzigen.

2.1.5 Synthese

De analyse, zoals tot nu toe uitgevoerd in dit hoofdstuk resulteert in deze paragraaf tot een integraal systeemdiagram. Het systeemdiagram typeert de afbakening, het aggregatieniveau, de belangrijkste factoren en randvoorwaarden. In het diagram in Figuur 2 is de systeemgrens aangegeven met de grote rechthoek. Rechtsonder binnen deze rechthoek staan de geografische afbakening en de tijdsafbakening. Maatregelen die de Nederlandse Overheid kan toepassen staan links naast de systeemgrens. Relevante invloeden van buitenaf staan boven de systeemgrens. Rechts buiten de systeemgrens staan de uitgangen, waaruit het resultaat van het systeem blijkt.

Het probleem wordt duidelijk verder afgebakend en een nieuwe probleemformulering wordt vastgesteld:

Waterstof als energiedrager wordt als oplossing gezien voor de kloof die in toenemende mate ontstaat tussen het aanbod van en de vraag naar brandstoffen. Hoe kan binnen de technisch en bestuurlijk complexe situatie waarin VROM zich bevindt waterstof ingezet worden in de toekomstige vijftienvijftig jaar om de optimale balans te kunnen bereiken tussen economische en sociale welvaart op het gebied van brandstofvoorziening?



Figuur 2. Systeemdiagram

2.2 Actoren- en netwerkanalyse

De diverse actoren verschillen in het algemeen in belangen, visie, middelen en doelen met betrekking tot een bepaalde problematiek. In deze paragraaf zullen deze verschillen worden toegelicht. Als uitgangspunt voor deze analyse wordt de probleemformulering genomen die in de vorige paragraaf is vastgesteld.

2.2.1 Inventarisatie van actoren

De belangrijkste actoren zijn hieronder opgesomd. Deze zijn te verdelen in publieke, private en maatschappelijke organisaties en individuen. Met deze actoren dient rekening te worden gehouden bij het zoeken naar oplossingen voor deze problematiek.

Tabel 1. Actoren

publieke organisaties	private organisaties	maatschappelijke organisaties	individuen
Min. van VROM Min. van V&W Min. van EZ provincies gemeenten	autofabrikanten Gasunie Shell, Exxon chemische industrie waterstofproducerende energiebedrijven	milieugroeperingen consumentenorganisaties	burgers waterstofonderzoekers

2.2.2 Inventarisatie van belangen, doelen en percepties

Van de hierboven gepresenteerde actoren worden de belangen, doelen en percepties vastgesteld. Een overzicht (en daarmee samenvatting) is te vinden in bijlage 4. De belangrijkste conclusies worden hier gepresenteerd.

De verschillen blijken groot. De kern van de problematiek verschilt in grote mate tussen de diverse actoren. Binnen de drie onderzochte ministeries valt deze grofweg uiteen in drie onderdelen: de milieu-impact (VROM), de noodzakelijkheid voor transport (in de toekomst) (V&W) en het kostenaspect van grootschalige veranderingen (EZ). Gemeenten en provincies hebben minder te maken met dit probleem omdat het zich niet direct op hun terrein speelt. Daar spelen gedachten zoals: 'als het maar geregeld wordt' en 'not in my backyard'.

Private actoren zien veelal kansen. Autofabrikanten zijn druk bezig met ontwikkelen van waterstofauto's om te kunnen inspelen op markten die kunnen ontstaan. Grote bedrijven zoals Shell en Exxon, maar ook Gasunie hebben grote belangen bij dit probleem, want de continuïteit op de middellange termijn loopt groot gevaar. Deze actoren zullen daardoor agressief kunnen reageren op beleid dat wordt uitgevoerd, ofwel om hun huidige positie zo lang mogelijk vol te houden, ofwel om binnen nieuwe markten een belangrijke positie in te nemen. Voor private ondernemingen is continuïteit van het eigen bedrijf dus de belangrijkste drijfveer tot innovatie en vooruitgang, of juist niet. Er ontstaan daarom alleen problemen indien die continuïteit in gevaar is. Daardoor is het noodzakelijk om bedrijven in die perceptie te beïnvloeden om tot oplossingen te komen, zodat op tijd vervangende bronnen exploiteerbaar kunnen worden gemaakt. Een beperking aan het innovatief handelen van de diverse organisaties is daardoor een onderdeel van het probleem.

Bij het zoeken naar oplossingen voor deze problematiek zal dan ook moeten worden gekeken naar kansrijke nieuwe technologieën om te stimuleren dat private ondernemingen deelnemen en meewerken aan het integraal oplossen van de problematiek. Alleen dan kan de totale welvaart geoptimaliseerd worden.

Daarnaast ontbreekt bij een aantal burgers het besef van het probleem. Het is daarom zinvol burgers bekend te maken met de problematiek indien ze betrokken dienen te worden om oplossingen te laten slagen. Het is daarom van belang dit gemiste milieubesef als onderdeel van het probleem te zien. Tevens is het noodzakelijk dat een oplossing economisch haalbaar is, omdat de organisaties die de oplossingen dienen te financieren continuïteit als hoofdbelang hebben.

2.2.3 Afhankelijkheden

De actoren zijn via verschillende wegen direct of indirect afhankelijk van elkaar. Daarom is steun van verschillende actoren nodig, indien (bijvoorbeeld) de Nederlandse Overheid een oplossing wenst te implementeren. In bijlage 5 staan de belangrijkste afhankelijkheden samengevat in een tabel.

Hieronder staat een tabel waarin de actoren worden gegroepeerd naar de mate waarin de actor kritiek is bij de oplossing van de problematiek, mate van betrokkenheid en de gerichtheid van belangen, doelstellingen en percepties.

Tabel 2. Betrokkenheid, kritiek en gerichtheid van actoren

	betrokken		niet betrokken	
	kritiek	niet kritiek	kritiek	niet kritiek
gelijkgericht	VROM V&W EZ waterstofproducerende energiebedrijven	milieugroeperingen chemische industrie waterstofonderzoekers		provincies gemeenten
tegengesteld	Shell, Exxon Gasunie	autofabrikanten	burgers	consumentenorganisaties

De verschillende ministeries hebben elk een eigen opvatting over de problematiek, maar zijn redelijk gelijkgericht. Het zal echter noodzakelijk zijn bestuurlijke en technische middelen te bundelen. De kennis, kunde en middelen over de verkeersproblematiek dienen gecombineerd te worden met de milieu-vereisten van VROM. Samen met EZ zullen de ministeries als ‘overheid’ op moeten treden, wil de problematiek effectief aangepakt worden. Uit deze tabel blijkt dat deze ‘overheid’ met name rekening moet houden met Shell, Exxon en Gasunie. Deze zijn bij machte, indien ze moeilijkheden hebben met voorgestelde overheidsmaatregelen, veel invloed uit te oefenen om hun wensen te kunnen vervullen. Strategisch gedrag van deze partijen kan veel gevolgen hebben bij de introductie van waterstof als energiedrager op grote schaal. Deze partijen hebben veel unieke technische kennis en middelen die noodzakelijk zijn. De afhankelijkheid is echter wederzijds, omdat de verschillende overheden ook benodigd zijn voor de verlening van vergunningen en dergelijke. Bij de meest grootschalige projecten worden de vergunningen verleend door de Minister van VROM, bij kleinere projecten door de provincie of de gemeente. De Minister kan ook bij kleinere projecten zijn invloed uitoefenen door regelgeving betreffende vergunningverlening. De problematiek tussen de publieke en private actoren is dus erg verweven.

De chemische industrie en autofabrikanten zijn niet kritiek, maar kunnen wel een belangrijke rol spelen bij het uitvoeren van bepaalde typen beleid, zoals het vormen van standaarden. Autofabrikanten zijn al bezig met het ontwikkelen van de technologie voor bijvoorbeeld waterstofauto's (zie Ummes, 2003) en hebben daarmee belangrijke kennis en middelen in handen om een waterstofgedragen economie te kunnen ondersteunen. Het is duidelijk dat VROM deze partijen moet steunen en sturen in hun ontwikkelingen, zodat de ontwikkelingen plaatsvinden die VROM wenst; om autofabrikanten die nog weinig onderzoek doen naar waterstofauto's te stimuleren. Deze partijen weten zich sterk afhankelijk van subsidieregulering, omdat onderzoek doen in eerste instantie alleen maar geld kost en pas veel later eventueel opbrengsten oplevert. Niet bij elke partij heerst echter dezelfde kennis; om een product op waterstof te vervaardigen is kennis van veel verschillende zaken nodig. Uitwisseling van deze kennis zal noodzakelijk zijn om de technisch complexe en verweven kennis te kunnen benutten. Een overheid kan daarbinnen een rol spelen door een proces als het vaststellen van standaarden te faciliteren.

Milieugroeperingen en waterstofonderzoekers zijn van minder belang, omdat deze in hogere mate uitwisselbaar zijn. Wel kunnen deze groepen nieuwe aspecten aan het licht brengen en kunnen zij een rol spelen bij de voorlichting. Milieugroeperingen hebben bronnen die kunnen helpen bij het overtuigen van de burger. Ook hier valt de sterke verwevenheid van de bestuurlijke en technische aspecten van de waterstofproblematiek op.

Provincies en gemeenten zijn niet betrokken bij het probleem en samenwerking bewerkstelligen met deze regionale en lokale overheden is niet eenvoudig. Gemeenten en provincies spelen wel een grote rol

in de informatievoorziening en voorlichting naar de burger omdat deze overheden veel dichterbij de burger staan.

Burgers zijn de laatste jaren minder betrokken bij verschillende vormen van duurzaamheid op milieugebied. Steun van de burgers is echter wel van belang als het gaat om de keuze tussen duurzame en niet duurzame concurrenten op een liberale markt. Indien de kosten voor duurzame producten hoger zijn, zullen deze zonder milieubesef nauwelijks worden aangeschaft. Ze kiezen uiteindelijk welk beleid haalbaar is en welk niet. Daarom worden burgers als kritiek beschouwd. Consumentenorganisaties zijn echter niet kritiek, ze zijn uitwisselbaar en spreken met weinig overtuiging. Voor deze groeperingen geldt wel dat ook zij van belang zijn voor burgersvoorlichting. Deze voorlichting is van groot belang als het gaat om risicoperceptie. Indien de algemene perceptie is dat waterstofauto's gevaarlijk zijn, koopt men geen auto op waterstof, onafhankelijk van het feit of het in werkelijkheid gevaarlijk is of niet.

2.2.4 Structurele en culturele kenmerken

Diverse partijen zijn gebonden aan wettelijke en beleidsmatige kaders. Voor veel van hun activiteiten zijn private partijen afhankelijk van de overheid middels milieuvergunningen, milieu-effectrapportages en dergelijke. Daarnaast heeft de overheid nog een groot (formeel) belang in een aantal delen van de sectoren die onderhevig zijn aan liberalisering en privatisering. De delen waar zich een natuurlijk monopolie bevindt, worden veelal door de overheid in handen gehouden, met behulp van eigendomsrechten, regelgeving of via een vorm van toezicht. Hoewel formeel in die tussentijd veel verandert, blijkt altijd dat daar in de praktijk weinig van te merken is. Beleid pakt daardoor minder effectief uit dan bedoeld. De structuur van de overheid binnen de sector is daardoor complex en niet eenduidig. Het toepassen van instrumenten in het algemeen zal voor VROM hierdoor minder effectief zijn dan gewenst.

Dit wordt mede versterkt door de geslotenheid en pluriformiteit en interdependenties van en tussen private actoren (zie Bruijn et al., 1999). De private bedrijven onderling bevinden zich in een behoorlijke mate van concurrentie. Hoewel er in bijvoorbeeld de elektriciteitssector sprake is van een oligopolie – waar dus sprake is van marktmacht en daarmee verminderde concurrentie – is deze markt momenteel in een overgangssituatie naar een volledig geliberaliseerde en geprivatiseerde markt. Hierdoor wordt verwacht dat het concurrentievermogen van de markt toe zal nemen.

Samenwerking vindt plaats tussen en binnen de milieugroeperingen en consumentenorganisaties. Daaruit zijn deze groeperingen dan ook ontstaan. Deze groeperingen maken veelal gebruik van conflicten met de overheid of andere private bedrijven en worden regelmatig getypeerd als onbetrouwbaar (zie Aspartaam, 2004; Energieprobleem, 2004; Lodder, 2004; Visser, 2004).

2.2.5 Dynamiek

De verschillende actoren zijn niet stabiel in hun percepties, doelen en afhankelijkheidsrelaties. In deze paragraaf zullen de grootste oorzaken van dynamiek hierin worden geschetst.

Allereerst scheidt de electorale cyclus van de Nederlandse regering dynamiek. Elke vier jaar kan het beleid volgens een geheel andere visie worden gekenmerkt, zodat de onzekerheden op de middellange tot lange termijn groot worden. Duurzame relaties tussen de ministeries onderling maar ook tussen ministeries en private partijen worden hierdoor bemoeilijkt. Ook de liberalisering van de energiesectoren (die nog in gang is) veroorzaakt veel dynamiek. De sector als geheel is aan grote veranderingen onderhevig. Uitkomsten van de voorgestelde organisatie van de markt zijn nog erg onzeker. Uitkomsten van onderzoek die innovaties tot gevolg hebben, kunnen grote dynamiek veroorzaken voor veel partijen. Indien één autofabrikant met een op alle belangrijke fronten veel beter product komt, heeft dat niet alleen een grote invloed op de andere autofabrikanten, maar ook op de klanten. Daarnaast heeft een dergelijke innovatie ook grote invloed op de belastingen die betaald zullen worden op de mate waarin subsidieregelingen zullen gelden en bovendien ook op de bedrijven waar de brandstof vandaan dient te komen. Deze dynamiek is niet goed voorspelbaar, maar wel voorstelbaar.

2.3 Toekomstverkenning

In de paragraaf toekomstverkenning wordt gebruik gemaakt van omgevingsscenario's (zie Enserink et al., 2002). Mogelijke toekomstige *omgevingen* worden geschetst, waarbij de gevolgen voor de problematiek centraal staan.

2.3.1 Factoren en drijvende krachten

De toekomstige omgeving wordt bepaald door factoren die niet beïnvloedbaar zijn door de Nederlandse Overheid. Deze factoren zijn mogelijk beïnvloedbaar door andere actoren of zijn gekenmerkt door onzekerheid als gevolg van complexiteit. De factoren zijn te vertalen naar drijvende krachten. Dat zijn de grote trends die de factoren min of meer bepalen. De factoren en vertaling naar drijvende krachten staan vermeld in Tabel 3.

Om zinvol toekomstige scenario's te kunnen schetsen is het noodzakelijk dat van de gebruikte drijvende krachten de ontwikkeling onzeker is en de invloed op de beleidsdoelstellingen groot. Ten eerste is de globale economische welvaart relatief zeker. Hoewel deze tijdelijk vrij hevig kan fluctueren, groeit zij op een termijn van vijftientig jaar hoogstwaarschijnlijk stabiel. Hoewel de invloed van de globale economische ontwikkeling groot is, wordt deze drijvende kracht toch niet verder meegenomen in de toekomstverkenning. Ten tweede is de gezondheid van de markt zeer onzeker (zie Team Nieuw Gas, 2003). De elektriciteitsvoorziening in Californië is daarvan een voorbeeld. Het innovatief vermogen van de markt is van groot belang voor de beleidsdoelstellingen. Ten derde zijn de technische mogelijkheden erg onzeker. Vooruitgang vindt continu plaats, maar is onvoorspelbaar. De invloed van nieuwe technische mogelijkheden kan heel groot zijn, denk maar aan de verbrandingsmotor of het wiel. De bewezen grondstofvoorraad is vrij stabiel gebleken. De orde van grootte verandert niet veel meer, alleen onder invloed van technologische vernieuwingen, waardoor deze drijvende kracht buiten beschouwing kan worden gelaten.

Tabel 3. Factoren en drijvende krachten

factor	drijvende kracht	onzekerheid	invloed	gebruikt
economische welvaart	globale economische welvaart	-	+	-
coöperativiteit groeperingen	gezondheid markt	+	+	+
internationale regelgeving				
gezondheid marktcondities				
fysische voorraden	bewezen grondstoffenvoorraad	-	+	-
technische beperkingen	technische mogelijkheden	+	+	+

2.3.2 Omgevingsscenario's

De twee geselecteerde drijvende krachten spannen een omgevingsruimte op, waarbinnen scenario's kunnen worden geschetst. Dit wordt grafisch weergegeven in Figuur 3. Elk van deze vier scenario's wordt kort beschreven. Daarbij wordt aangegeven welke gevolgen voor de problematiek kunnen worden geschetst.

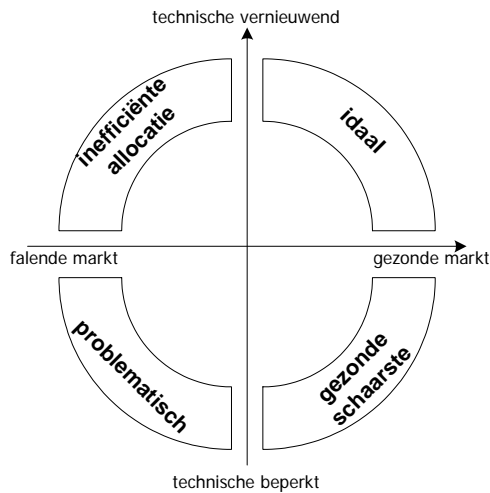
In een technisch vernieuwende, maar falende ongezonde markt (marktfalen zorgt voor inefficiënte allocatie en prijzen) wordt het potentieel niet benut. De markt is niet goed geconfigureerd, er is sprake van *inefficiënte allocatie*. Hoewel technologische innovaties plaats hebben gevonden, zal optimale implementatie daarvan niet plaatsvinden. Waterstof heeft hier een kleine kans om als realistisch alternatief te worden gezien.

Het meest *problematische* scenario kenmerkt zich door een falende markt en technische beperkingen. Hoewel er schaarste op de grondstoffenmarkt heerst, heeft dit niet gezorgd voor innovaties. De grondstoffenvoorraad is minimaal geworden en alternatieven zijn niet in voldoende mate voorhanden. Waterstof zal niet aanslaan als vervanging en de doelstellingen worden in dit scenario als niet of nauwelijks haalbaar beschouwd.

Het meest *ideale* scenario bevindt zich in een technische vernieuwende en gezonde markt. Innovaties hebben als gevolg gehad dat een waterstofeconomie zich aan het ontwikkelen is. Omdat het op alle

fronten een goede vervanger is, blijkt acceptatie door de bevolking mee te vallen. Tevens is tijd gewonnen met nieuwe winningstechnieken, om een wat ruimere overgangssituatie te hebben naar bijvoorbeeld een waterstofeconomie.

In een gezonde, maar technisch beperkte markt is sprake van *gezonde schaarste*. In dit scenario staat de brandstof- en energievoorziening onder druk, de beperkte voorraden leiden tot hoge prijzen en mogelijkheden voor waterstof ontwikkelen zich maar langzaam. De overheid zal steeds meer ter verantwoording worden geroepen voor haar beleid en interventie wordt een reële optie.



Figuur 3. Scenarioruimte

2.4 Synthese

In dit hoofdstuk is een analyse gemaakt van de problematiek. Daaruit blijkt dat de beperkte middelen van VROM niet altijd effectief toe te passen zijn op de andere actoren door wederzijdse afhankelijkheden en de bestuurlijk complexe situatie in Nederland. Omgevingsinvloeden zijn groot, coöperatie van veel private actoren is noodzakelijk en het milieubesef van burgers is noodzakelijk om de brandstoffenvoorziening binnen de nog beperkte tijd duurzamer te maken.

In de actoren- en netwerkanalyse zijn nieuwe inzichten naar voren gekomen die invloed hebben op de probleemformulering en -afbakening. Zo is het relevant om continuïteitsbelangen van private actoren mee te nemen in de probleemformulering, omdat VROM zich wederzijds afhankelijk weet van deze actoren. Ze heeft middels het heersende vergunningenstelsel invloed op de verschillende private actoren, maar is afhankelijk van coöperatie. Daarnaast heeft ze via formele belangen invloed in een aantal organisaties. VROM weet zich afhankelijk van internationale regelgeving, maar ook van andere ministeries binnen de Nederlandse Overheid, zoals EZ en V&W. Het blijkt dat de acceptatie door burgers van vitaal belang is voor de oplossing van de problematiek.

Uit de scenario-analyse blijkt dat indien een falende markt ontstaat, de problemen niet direct worden opgelost. Daarom dient regelmatig te worden geëvalueerd, op nationaal en internationaal niveau of marktwerking de oplossing blijft in de betreffende sectoren. De laatste probleemformulering luidt als volgt:

Waterstof als energiedrager wordt als oplossing gezien voor de kloof die in toenemende mate ontstaat tussen het aanbod van en de vraag naar brandstoffen. Hoe kan binnen de technisch en bestuurlijk complexe en verweven situatie waarin VROM zich bevindt een optimale balans worden bereikt tussen economische en sociale welvaart middels de inzet van waterstof als energiedrager voor de brandstoffenvoorziening, rekening houdend met het feit dat een duurzame keuze van de burger van vitaal belang is om deze balans te bereiken?

Deze probleemformulering zal in hoofdstuk 3 verder worden afgebakend, zodat een kwantitatieve analyse kan worden voorgesteld.

3 Plan van aanpak

In dit hoofdstuk zullen mogelijke vervolgacties worden vastgesteld.

3.1 Perspectief en processtappen

De probleemeigenaar is het Ministerie van VROM. Diens belangen dienen te worden nagestreefd, namelijk het streven naar een duurzaam gebruik van aardse voorraden en middelen. Met het oog op de problematiek zijn de middelen die daartoe kunnen worden ingezet beperkt. De transitie naar een waterstofeconomie is een zeer relevante en daardoor bijna noodzakelijke optie. De problematiek die hier gesitueerd wordt, is dan ook een deel van de mondiale problematiek betreffende de vorming van een mondiale duurzame energievoorziening. Uit hoofdstuk 2 blijkt dat de prestatie van een dergelijk systeem echter sterk afhangt van de wijze waarop consumenten met producten op waterstof omgaan (zie Eggerson, 2003). Aangezien weinig onderzoek gedaan is naar acceptatie van waterstof door consumenten, heerst daar nog grote onduidelijkheid over (zie Schulte et al., 2004). Hoewel veel aspecten van een mogelijke waterstofeconomie nog niet zijn onderzocht is noodzakelijkerwijs naar dit probleemgebied afgebakend. Tevens wordt alleen naar wegtransport gekeken, omdat dit in eerste instantie de belangrijkste toepassing zal zijn en meerdere toepassingen binnen het kader van het voorgestelde onderzoek niet behapbaar zou zijn.

3.2 Onderzoeksplan

Het doel van het voorgenomen onderzoek is het scheppen van duidelijkheid over de wijze waarop consumenten overwegen duurzame producten aan te schaffen en hoe over waterstof wordt gedacht. Daartoe is een onderzoeksvraag opgesteld, zijn deelvragen vastgesteld en zijn methoden benoemd om deze deelvragen te kunnen beantwoorden. Daarna volgt een tijdsplanning met begroting.

3.2.1 Onderzoeksvraag en deelvragen

Eerst is de onderzoeksvraag opgesteld:

Welke beleidsaanbevelingen kunnen worden gedaan aan VROM om kansen te benutten en bedreigingen te minimaliseren van wegtransport met waterstof als energiedrager zoals die leven bij de Nederlandse bevolking, op een termijn van nu tot 2030?

Om deze onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden zijn de volgende deelvragen vastgesteld:

- In welke mate zijn consumenten op de hoogte van de momenteel bekende voordelen, nadelen en gevaren van waterstof?
- In welke mate zal voorlichting invloed hebben op de perceptie van consumenten met betrekking tot de voordelen, nadelen en gevaren van waterstof?
- In welke mate wordt waterstof als energiedrager geaccepteerd in personenauto's en autobussen?
- Welke kostenverandering is noodzakelijk voordat waterstof als duurzame energiedrager zal worden gebruikt door de consument in verschillende producten?
- Met welke zekerheid kunnen de antwoorden op deze vragen worden vertaald naar aanbevelingen?
- Welke aanbevelingen aan de opdrachtgever kunnen worden gedaan met betrekking tot de acceptatie van waterstof als energiedrager in personenauto's?

3.2.2 Methodiek

De deelvragen kunnen kwantitatief worden uitgewerkt met wiskundige modellen. De voorkeur gaat direct uit naar SPSS multiële regressie-analyse, omdat de deelvragen het best kunnen worden beantwoord met een consumentenonderzoek. De interpretatie van een consumentenonderzoek is het best kwantificeerbaar met behulp van multiële regressie-analyse, waarvoor het softwarepakket SPSS de beste tool is.

SPSS is geschikt om een gevoeligheidsanalyse uit te voeren, waardoor de omvang van onzekerheden in de resultaten in grote mate kan worden vastgesteld. Daarnaast kunnen de gewenste aanbevelingen worden gedaan nadat de analyse met SPSS is uitgevoerd.

Binnen de faculteit Techniek, Bestuur en Management is afgelopen jaar een consumentenonderzoek uitgevoerd (zie Bosch et al., 2003). Binnen de geponeerde vraagstelling is echter genoeg ruimte om vruchtbaar onderzoek te doen. De data, resultaten en bevindingen van het eerder voltooide onderzoek vormen een goed uitgangspunt.

3.2.3 Tijdsplanning en begroting

Het vervolgonderzoek duurt in totaal elf weken. Gedurende die tijd zal 20 manuur per week besteed worden aan dit onderzoek. De tijdsplanning ziet er als volgt uit:

Tabel 4. Tijdsplanning

week	onderdeel
1	onderzoeksvoorstel
2	causaal model
3-4	dataverzameling
5	modelassumpties en datapreparatie
6-7	modelschatting
8	interpretatie
9	reflectie
10-11	rapportage

Een begroting is niet bijgevoegd, vanwege het feit dat dit onderzoek uitgevoerd zal worden als sluitstuk van de bacheloropleiding Technische Bestuurskunde en daarom zal er alleen sprake zijn van een vergoeding in ECTS studiepunten.

Literatuur

Airliquide, Hydrogen, Physical properties, safety, MSDS, enthalpy, gas liquid equilibrium, density, viscosity, flammability, transport properties, <http://www.airliquide.com/en/business/products/gases/gasdata/index.asp?GasID=36>, geraadpleegd 22 februari 2004.

Amsterdamse Tram, De, <http://www.amsterdamsetram.com>, geraadpleegd 2 februari 2004.

Aspartaam, Geeft consumentenbond onjuiste voorlichting?, <http://www.aspartaam.nl/consumentenbond>, geraadpleegd 15 maart 2004.

Atella, V., Atzeni, G.E., Belvisi P.L., Investment and exchange rate uncertainty, in: *Journal of Policy Modeling*, Vol. 25, pp. 811–824, 2003.

Bosch, S. van den, Molin, E., Hemmes, K., Patil, A., Zachariah, J.L., *Public Acceptance of Hydrogen in the Netherlands: Results of a Survey*, Delft: TU Delft, 2003.

Bruin, J.A. de, Heuvelhof, E.F. ten, *Management in netwerken*, Utrecht: Lemma, 1999.

Eggerson, B., Raising awareness: Key to public understanding and acceptance of renewable hydrogen, in: *Refocus*, Vol. 4, No. 6, pp. 58-59, 2003.

Energieprobleem, Het., Milieuorganisaties: Actievoeren en Informeren voor een beter Milieu, <http://proto.thinkquest.nl/~llb044/onderwerpen/milieuorganisaties/organisaties.php>, geraadpleegd 15 maart 2004.

Enserink, B., Koppenjan, J.F.M. en Thissen, W.A.H., *Analyse van Complexe Omgevingen, leerboek*, Delft: Faculteit Techniek Bestuur en Management, 2002.

Gandala, N., Salantc D., Waverman, L., Standards in wireless telephone networks, in: *Telecommunications Policy*, Vol. 27, pp. 325–332, 2003.

Lodder, A.R., Zelfregulering, een dubieus standpunt van de Consumentenbond, <http://appia.rechten.vu.nl/~lodder/papers/cr2000-6.htm>, geraadpleegd 15 maart 2004.

Ministerie van Economische Zaken, <http://www.ez.nl>, geraadpleegd 12 maart 2004.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, <http://www.verkeerenwaterstaat.nl>, geraadpleegd 12 maart 2004.

Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Centrale Directie Communicatie, *Een wereld en een wil, werken aan duurzaamheid*, Den Haag: Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 2001.

Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, <http://www.vrom.nl>, geraadpleegd 12 maart 2004.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), *Energy The Next Fifty Years*, Paris: OECD, 1999.

Schulte, I., Hart, D., Vorst, R. van der, Issues affecting the acceptance of hydrogen fuel, in: *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 29, pp. 677-685, 2004.

Shinnar, R., The hydrogen economy, fuel cells, and electric cars, in: *Technology in Society*, Vol. 18, pp. 455-476, 2003.

Team Nieuw Gas, *Wegen naar Nieuw Gas: "De eerste stap is een daalder waard"*, *Transitiepaden naar een duurzame gasinzet*, Den Haag: Ministerie van Economische Zaken, 2003.

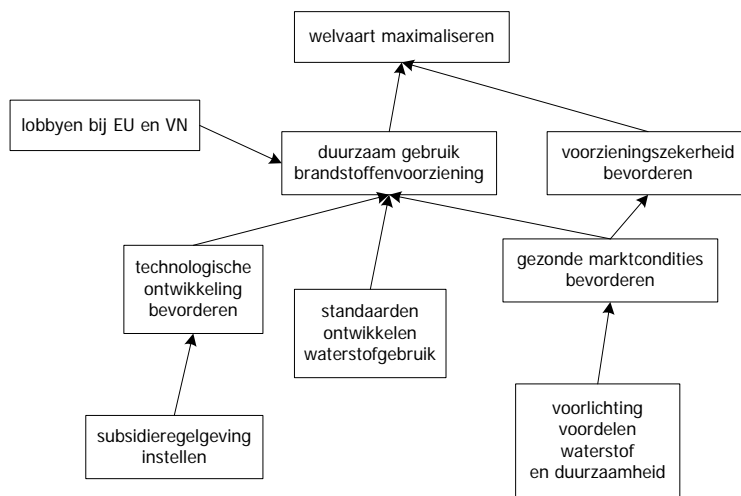
Ummes, N., 'Wonder op waterstof' breekt door, in: *Milieudefensie*, Vol. 9, 2003.

Visser, R., Interstad Nieuws week 3, Wageningse hoogleraar Plantenveredeling: 'Reclame Greenpeace raar en misleidend', <http://www.wageningen.interstad.nl/pages/nieuwsweek0103.html>, geraadpleegd 15 maart 2004.

Bijlagen

1. Doelmiddelenschema

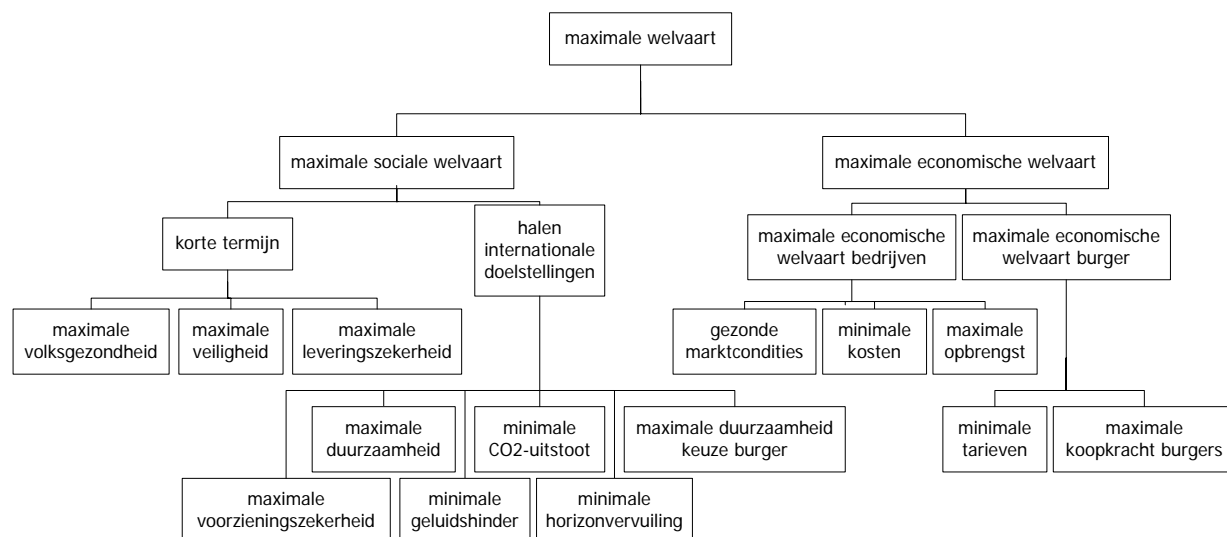
Een doelmiddelenschema is een verzameling blokjes. Bovenaan staan doelen van de hoofdactor, in dit geval het Ministerie van VROM. Indien aan een doel middels een lijn een ander blokje staat verbonden, is dat een middel om het doel te kunnen bereiken. Elk middel kan weer een (sub)doel zijn, waarvoor opnieuw middelen zijn om ze te bereiken. Zo ontstaat een web van doelen en middelen.



Figuur 4. Doelmiddelenschema Nederlandse Overheid

2. Doelstellingenboom en criteria

Doelstellingenbomen geven op verschillende niveaus doelstellingen van actoren weer. Bovenaan staat het hoofdoel van een actor, net zoals in een doelmiddelenschema. De relatie tussen de verschillende blokken bestaat hier echter uit operationalisatie van de doelstelling tot diverse subdoelstellingen. Onderaan staan volledig geoperationaliseerde doelstellingen, waaruit direct meetbare criteria zijn af te leiden. In een doelstellingenboom staan *geen* middelen.



Figuur 5. Doelstellingenboom VROM

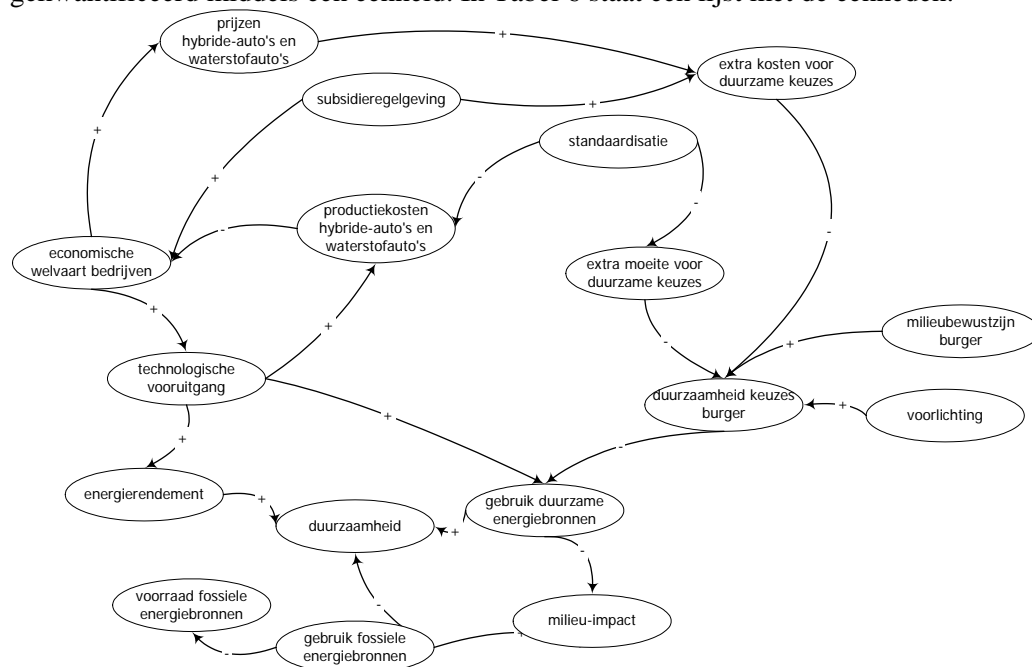
De criteria die hieruit af te leiden zijn en relevant zijn voor de problematiek staan in Tabel 5.

Tabel 5. Criteria voor de Nederlandse Overheid

criterium	eenheid	doel (richting)
tarievenverschil tussen duurzame en niet-duurzame alternatieven	%	minimaal
brandstoffentarieven	€ per kWh per tariefgroep	minimaal
CO ₂ -uitstoot	ton per jaar per gas	minimaal
veiligheid	slachtoffers per jaar	maximaal
horizonvervuiling	rapportcijfer	minimaal
geluidshinder	dB	minimaal
downtime waterstofvoorziening	min. / jaar	minimaal
penetratie waterstof in markt	%	maximaal
duurzaamheid brandstoffenvoorziening	% duurzaam	maximaal
energievoorzieningscapaciteit	balans	optimaal
downtime brandstoffenvoorziening	min. / jaar	minimaal
voorzieningszekerheid brandstoffenvoorziening	% zekerheid	maximaal
economische welvaart bedrijven	winstgevendheid	maximaal
concurrentievermogen markt	balans	optimaal
energierendement	nuttige energie-output per energie-input	maximaal

3. Causaal diagram

Een causaal diagram maakt de verbanden tussen factoren en oorzaken inzichtelijk. Afhankelijkheden worden weergegeven middels een pijl met een +- of --teken. Een +-teken geeft een positieve bijdrage of invloed weer, een --teken een negatieve. De verschillende factoren kunnen meetbaar worden gekwantificeerd middels een eenheid. In Tabel 6 staat een lijst met de eenheden.



Figuur 6. Causaal diagram

Een aantal relaties is niet evident zodat ze toelichting behoeven. Zo zorgt standaardisatie voor minder problemen bij de aanschaf en het gebruik van duurzame producten, omdat de beschikbaarheid van deze groter zal zijn (zie Gandala et al., 2003). Daarnaast zal technologische vooruitgang alleen plaatsvinden als de economische omgeving daarvoor geschikt is. Het gebruik van duurzame energiebronnen is van deze technologische vooruitgang afhankelijk, omdat nog innovaties nodig zijn om duurzame energiebronnen op grotere schaal rendabel te kunnen exploiteren.

Tabel 6. Factoren en eenheden

factor	eenheid
prijzen hybride-auto's en waterstofauto's	% meerkosten t.o.v. reguliere auto's
extra kosten voor duurzame keuzes	€meerkosten / €regulier product
subsidierelgeving	€subsidie / €eigen investering
economische welvaart bedrijven	€/ jaar
productiekosten hybride-auto's en waterstofauto's	€/ auto
standaardisatie	% markt gestandaardiseerd
extra moeite voor duurzame keuzes	min. / jaar
technologische vooruitgang	# innovaties / jaar
energieerendement	nuttige energie-output per energie-input
duurzaamheid	% duurzaam
gebruik duurzame energiebronnen	% bronnen duurzaam
duurzaamheid keuzes burger	% keuzes duurzaam
milieubewustzijn burger	rapportcijfer enquête
voorlichting	€voorlichtingskosten / jaar
milieu-impact	levenscyclusanalyse-score
gebruik fossiele grondstoffen	Mton per jaar (per grondstof)
voorraad fossiele grondstoffen (R/P)	jaar (per grondstof)

4. Overzicht van probleempercepties, belangen en doelen van actoren

In de onderstaande tabel staat een overzicht van de belangen, doelen en probleempercepties van de verschillende actoren die eerder zijn gespecificeerd. De verschillen tussen de actoren worden door deze karakteristieken gekenmerkt. Conclusies uit deze tabel zijn in de hoofdtekst getrokken. Om de overzichtelijkheid te bewaren zijn van de maatstaven geen eenheden opgenomen. Een aantal daarvan staat echter al eerder vermeld; een aantal maatstaven dient verder geoperationaliseerd te worden om direct meetbaar te zijn. Vanwege het overzicht is voor dit aggregatieniveau gekozen.

Tabel 7. Overzicht van probleempercepties, belangen en doelen

actor	probleempercepties				belangen	doelen
	maatstaf	kern problematiek	oorzaken	beïnvloedingsmogelijkheden		
Min. van VROM	- mate van uniforme dienstverlening primaire voorzieningen	de impact van de brandstoffen-voorziening op het milieu is gigantisch en moet worden verminderd, met name met het oog op de toekomst	- toename gebruik en afname voorraad fossiele grondstoffen - beperkte beschikbaarheid duurzame brandstoffen - privatisering en liberalisering - beperkt milieubewustzijn burger	- subsidieregulgeving - directe regulering - toezichthouder - voorlichting - agendasetting - financiële kracht	maximaliseren welvaart Nederlandse burger	minimaliseren milieu-impact met betrekking tot Nederlandse vervoersvoorziening
Min. van V&W	- mate waarin kan worden voldaan aan de vraag naar transport	continuïteit van vervoersmogelijkheden loopt gevaar	- beperkte innovatie en vervangende brandstoffen onder andere door liberalisering	- subsidieregulgeving - lobbykracht - voorlichting - agendasetting - financiële kracht	maximaliseren welvaart Nederlandse burger	optimaliseren en continueren vervoersvoorziening
Min. van EZ	- afstand van optimale balans tussen kosten en baten van vervoersvoorziening	de brandstoffen-voorziening en vervoersvoorziening dienen ook in de toekomst te worden gewaarborgd; dit wordt twijfelachtig.	- beperkte innovatie en vervangende brandstoffen	- subsidieregulgeving - lobbykracht - voorlichting - agendasetting - standaardisatie - financiële kracht	maximaliseren welvaart Nederlandse burger	optimaliseren en continueren vervoersvoorziening 'at reasonable cost'
provincies	- nimby-effect	Het vervoer zorgt direct en indirect voor steeds meer overlast, liever alleen de baten hier	overheid is de oorzaak: liberalisering, privatisering en korte termijn denken van de jaren '80 en '90	- agendasetting - lobbykracht - financiële kracht	maximaliseren welvaart binnen provincie	overlast vervoer minimaliseren en aantrekkelijk maken binnen provincie
gemeenten	- nimby-effect	Het vervoer zorgt direct en indirect voor steeds meer overlast, liever alleen de baten hier	overheid is de oorzaak: liberalisering, privatisering en korte termijn denken van de jaren '80 en '90	- agendasetting - lobbykracht - financiële kracht	maximaliseren welvaart binnen gemeente	overlast vervoer minimaliseren en aantrekkelijk maken binnen gemeente
auto-fabrikanten	- winst op korte en lange termijn	vernieuwende brandstoffen vereisen innovatieve technologie, welke kansen en risico's ten opzichte van de concurrenten meebrengt	- beperkte beschikbaarheid duurzame brandstoffen - toename autogebruik - hevige concurrentie	- R&D - nieuwe technologie door innovatie - standaardisatie	continuïteit bedrijf	verbeteren concurrentiepositie door gebruik maken van de kansen die de problematiek biedt
Gasunie	- schade door wanlevering aan derden	continuïteit van het bedrijf in gevaar	- afname voorraad fossiele grondstoffen - teveel gokken op één paard - duurzame energiebronnen onvoldoende winstgevend	- blokkademacht - marktmacht - nieuwe bronnen en technologie door innovatie	continuïteit bedrijf	vergroten winst op korte en lange termijn, o.a. door aanboren nieuwe energiebronnen

actor	probleempercepties				belangen	doelen
	maatstaf	kern problematiek	oorzaken	beïnvloedings-mogelijkheden		
Shell, Exxon	- schade door wanlevering aan derden	continuïteit van het bedrijf in gevaar	- afname voorraad fossiele grondstoffen - teveel gokken op één paard - duurzame energiebronnen onvoldoende winstgevend	- blokkademacht - marktmacht - nieuwe bronnen en technologie door innovatie	continuïteit bedrijf	vergroten winst op korte en lange termijn, o.a. door aanboren nieuwe energiebronnen
chemische industrie	- efficiëntie - concurrentiepositie	uitputting van grondstoffen zorgt voor meer ontwikkeling en mogelijk nuttige innovaties	- natuurlijke uitputting	- marktmacht - financiële macht - R&D	continuïteit bedrijf	verbeteren concurrentiepositie door gebruik goedkope grondstoffen nu en in de toekomst
waterstof-producerende energie-bedrijven	- efficiëntie - zekerheid - concurrentiepositie	uitputting van grondstoffen zorgt voor behoefte aan vervangende bronnen	- natuurlijke uitputting - stagnerende innovatie	- nieuwe bronnen en technologie door innovatie	continuïteit bedrijf	verbeteren concurrentiepositie door gebruik goedkope grondstoffen en efficiënte opwekking
milieu-groeperingen	- gebruik grondstoffen - milieu-impact	uitputting van grondstoffen heeft grote invloed op milieu, duurzame energiebronnen noodzakelijk	- omvang van het verbruik fossiele brandstoffen	- protesteren - onderzoek - milieu-voorlichting - lobbyen	vertegenwoordigen milieubelang	duurzaam gebruik grondstoffen
consumenten-organisaties	- veiligheid - leveringszekerheid - tarieven	elektriciteit en brandstoffen dienen goedkoop, veilig en universeel te zijn.	- onduurzaam handelen betreffende bedrijven - matige regelgeving overheid	- consumenten-onderzoek - onderzoek - lobbyen	vertegenwoordigen burgers	openheid verschaffen bij bedrijven en de overheid over het beleid en de gevolgen daarvan
burgers	- veiligheid - leveringszekerheid - tarieven	gedurende de komen jaren geen probleem	- geen (probleem)	- groeperen in protest - kiezen tussen concurrenten	maximaliseren eigen welvaart	lage tarieven hoge beschikbaarheid
waterstof-onderzoekers	- aantal publicaties per jaar	onverantwoordelijk gebruik van de aarde zorgt voor grote tekorten op middellange termijn	- slechte regulering - slechte samenwerking - te weinig onderzoek naar substitutie-mogelijkheden	- onderzoek doen - adviseren - voorlichting	ontwikkelen van kennis	efficiënt en effectief gebruik van de aarde

5. Afhankelijkheden tussen actoren

Actoren weten zich afhankelijk van elkaar. Dit wordt veroorzaakt door de diversiteit in de hulpbronnen die de diverse actoren bezitten. Een overzicht voor de hulpbronnen die een rol spelen, staat in Tabel 8.

Tabel 8. Hulpbronnen van actoren

actor	hulpbronnen	vervangbaarheid	afhankelijkheid	kritieke actor
Min. van VROM	- subsidieregulering - directe regulering - toezichthouder - voorlichting - agendasetting - financiële kracht - gezag - legitimiteit - vergunningverlener	klein	groot	ja
Min. van V&W	- subsidieregulering - lobbykracht - voorlichting - agendasetting - financiële kracht - gezag - legitimiteit	klein	groot	ja
Min. van EZ	- subsidieregulering - lobbykracht - voorlichting - agendasetting - standaardisatie - financiële kracht - gezag - legitimiteit	klein	groot	ja
provincies	- agendasetting - lobbykracht - financiële kracht - vergunningverlener	middelmatig	klein	nee
gemeenten	- agendasetting - lobbykracht - financiële kracht - vergunningverlener	groot	klein	nee
auto-fabrikanten	- R&D - nieuwe technologie door innovatie - financiële macht - kennis - marktmacht	matig	klein	nee
Gasunie	- blokkademacht - marktmacht - nieuwe bronnen en technologie door innovatie	klein	groot	ja
Shell, Exxon	- blokkademacht - marktmacht - nieuwe bronnen en technologie door innovatie	middelmatig	groot	ja
chemische industrie	- marktmacht - financiële macht - R&D	middelmatig	middelmatig	nee
waterstofproducerende energiebedrijven	- nieuwe bronnen en technologie door innovatie	matig	groot	ja
milieu-groeperingen	- protesteren - onderzoek - milieu-voorlichting - lobbyen - mediamacht	groot	klein	nee

actor	hulpbronnen	vervangbaarheid	afhankelijkheid	kritieke actor
consumentenorganisaties	- consumenten-onderzoek - onderzoek - lobbyen - mediamacht	groot	klein	nee
burgers	- groeperen in protest - kiezen tussen concurrenten	groot	groot	ja
waterstof-onderzoekers	- onderzoek doen - adviseren - voorlichting - gezag	groot	groot	nee