CE Oplossingen voor milieu, economie en technologie

Oude Delft 180 2611 HH Delft tel: 015 2 150 150 fax: 015 2 150 151 e-mail: ce@ce.nl website: www.ce.n

Duurzaam op weg

Een beleidsmatige verkenning naar duurzame energiebronnen in het wegverkeer

Rapport

Delft, juli 2002

Opgesteld door: Bettina Kampman

Ingeborg de Keizer



Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

Bettina Kampman, Ingeborg de Keizer

Duurzaam op weg

Een beleidsmatige verkenning naar duurzame energiebronnen in het wegverkeer

Delft, CE, 2002

Verkeer / Vervoer / Wegverkeer / Brandstoffen / Duurzaam / Biomassa / Waterstof / Elektriciteit / Overheidsbeleid / Beleidsinstrumenten / Programma's / Inventarisatie

Publicatienummer: 02.4210.08

Verspreiding van CE-publicaties gebeurt door:

CE

Oude Delft 180 2611 HH Delft Tel: 015-2150150 Fax: 015-2150151

E-mail: publicatie@ce.nl

Opdrachtgever: Novem

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Bettina

Kampman

© copyright, CE, Delft

CE

Oplossingen voor milieu, economie en technologie

CE is een onafhankelijk onderzoeks- en adviesbureau, gespecialiseerd in het ontwikkelen van structurele en innovatieve oplossingen van milieuvraagstukken. Kenmerken van CE-oplossingen zijn: beleidsmatig haalbaar, technisch onderbouwd, economisch verstandig maar ook maatschappelijk rechtvaardig.

CE is onderverdeeld in vijf secties die zich richten op de volgende werkterreinen:

- economie
- energie
- industrie
- materialen
- verkeer & vervoer

Van elk van deze secties is een publicatielijst beschikbaar. Geïnteresseerden kunnen deze opvragen bij CE tel: 015-2150150. De meest actuele informatie van CE is te vinden op de website: www.ce.nl

Inhoud

Sar	nenva	tting	1
1	Inleid 1.1 1.2 1.3	Aanleiding Doel en afbakening	9 9 10 10
2	Duur	zame brandstoffen voor het wegverkeer	11
3	Biobr 3.1 3.2 3.3 3.4 3.5 3.6	Kosten en beschikbaarheid Energie- en CO₂-reductie	13 13 14 14 15 16
4	Wate 4.1 4.2 4.3 4.4 4.5	Inleiding Inleiding Waterstofproductie en -opslag Beschikbaarheid, kosten, energie en CO ₂ -reductie Toepassing in het wegverkeer Beleid en praktijktoepassingen	21 21 22 22 23 24
5	Duur 5.1 5.2 5.3		27 27 27 29
6	Conc 6.1 6.2 6.3 6.4 6.5	clusies en aanbevelingen Duurzame brandstoffen voor het wegverkeer Potentiële CO ₂ -reductie Europese beleidsontwikkelingen Mogelijkheden voor Nederlands beleid Aanbevelingen	31 31 32 34 36 37
Lite	ratuur		41
Α	Biobrandstoffen beleid		
В	CO ₂ -	opslag	51

Samenvatting

Inleiding

Verkeer en vervoer draagt voor meer dan 20% bij aan de totale uitstoot van CO_2 in Nederland [RIVM, 2001], en ook de komende jaren wordt niet verwacht dat dit aandeel zal afnemen. Er is de laatste tijd dan ook veel aandacht voor ontwikkelingen die erop gericht zijn de CO_2 -uitstoot in de sector verkeer en vervoer significant en structureel te verlagen. Vooral van waterstof in combinatie met een brandstofcel en biobrandstoffen die worden geproduceerd uit biologisch materiaal wordt veel verwacht.

Hoewel de verwachtingen van de experts ten aanzien van de kansen van deze oplossingen nog sterk verschillen, zijn de meeste het er wel over eens dat het nog een lange tijd zal duren voordat het wegverkeer zal zijn overgestapt op een andere, duurzame brandstof. De huidige fossiele brandstoffen zijn relatief goedkoop en de voertuigtechniek is ver ontwikkeld, waardoor de duurzame alternatieven met name op het gebied van kosten en prestaties op dit moment nog niet concurrerend zijn.

De overheid denkt er daarom over na welke initiatieven nu kunnen worden ontplooid om het proces van overschakeling naar duurzaam vervoer te versnellen. Hiervoor wordt bijvoorbeeld een aantal Novem programma's uitgevoerd die zijn gericht op stimulering van deze ontwikkelingen, en is het transitieproces 'Duurzame Mobiliteit' opgezet. In deze studie, die is uitgevoerd in opdracht van Novem als onderdeel van het EBIT programma, zijn er verschillende opties voor duurzame brandstoffen geïnventariseerd en geanalyseerd. Het doel hierbij was niet om gedetailleerde technische informatie te verzamelen van de diverse opties, maar om een overzicht van de belangrijkste mogelijkheden en knelpunten te geven, zodat er conclusies getrokken kunnen worden ten aanzien van de beleidsmatige mogelijkheden van de Nederlandse overheid. De insteek van de studie is gericht op CO_2 -reductie in verkeer en vervoer, en dan met name op duurzame brandstoffen in het wegverkeer.

Duurzame brandstoffen voor het wegverkeer

De duurzame brandstoffen die mogelijk op termijn de huidige brandstoffen kunnen vervangen, kunnen in drie categorieën worden ingedeeld:

- biobrandstoffen, geproduceerd uit hernieuwbare bronnen (biomassa);
- waterstof, geproduceerd uit duurzame energie zoals biomassa, wind, zon of waterkracht;
- duurzame elektriciteit, ook geproduceerd uit biomassa, wind, zon of waterkracht, in combinatie met (accu-)elektrische auto's.

Een eventuele overgang naar deze brandstoffen kan ook consequenties hebben voor de aandrijftechnologie in de voertuigen. Daarbij kunnen we bijvoorbeeld denken aan een vervanging van de huidige verbrandingsmotor door elektrische aandrijving, waarbij gebruik wordt gemaakt van accu's of van brandstofcellen, dit laatste al dan niet in combinatie met een on-board reformer.

Biobrandstoffen

Biobrandstoffen is in feite een verzamelnaam voor verschillende brandstoffen die worden geproduceerd uit biomassa. Als grondstof worden bijvoorbeeld suikerhoudende of houtachtige gewassen, kool- of lijnzaad of huishoudelijk (GFT) afval gebruikt. De conversie van grondstof naar eindproduct

kan vervolgens via biologische, thermische of mechanische processen gebeuren. Het resultaat zijn brandstoffen met eigenschappen die vergelijkbaar zijn met de huidige fossiele brandstoffen.

Hoewel in Nederland nog maar een klein aantal proefprojecten met biobrandstoffen wordt uitgevoerd, zijn met name biodiesel en bio-ethanol in verschillende landen al aan de pomp verkrijgbaar. Daarnaast is een aantal veelbelovende biobrandstoffen nog volop in ontwikkeling, zoals Fischer Tropsch diesel of HTU diesel. Alle biobrandstoffen zijn (nog) duurder dan fossiele brandstoffen, al laten de ervaringen in enkele andere landen zien dat een accijnsvrijstelling ervoor kan zorgen dat biodiesel en in mindere mate bio-ethanol tegen concurrerende prijzen kunnen worden aangeboden. De toepassing van biobrandstoffen vergt vaak wel aanpassingen aan de voertuigen, de kosten daarvan bedragen in het algemeen maximaal enkele honderden Euro's per auto.

Een potentieel grote belemmering voor biobrandstoffen op de lange termijn is de beperkte beschikbaarheid en de potentieel nadelige effecten van grootschalige biomassateelt. Voor biomassateelt is vruchtbare grond nodig, die nu voor de voedselproductie of natuur wordt gebruikt. De verwachtingen ten aanzien van de toekomstige beschikbaarheid lopen nog sterk uiteen, een veelgehoorde opvatting is dat de komende decennia maximaal 10-20% van de Europese energievoorziening kan worden vervangen door biomassa zonder ingrijpende nadelige gevolgen op voedselvoorziening of biodiversiteit.

Het CO₂-reductie potentieel van biobrandstoffen hangt sterk af van de productiewijze, die soms relatief veel energie kost. Als daarbij van fossiele brandstoffen gebruik wordt gemaakt, gaat dat ten koste van de CO₂-reductie. De verschillen tussen de diverse biobrandstoffen zijn aanzienlijk: bij biodiesel is de CO₂-reductie ca. 50%, bij bio-methanol dat is geproduceerd uit vergassing ca. 70-80%. De kosten-effectiviteit van biobrandstoffen is niet erg aantrekkelijk, vanaf ca. 100 Euro/ton vermeden CO₂. Uit oogpunt van CO₂-reductie en kosten kan biomassa in het algemeen beter in de vaste elektriciteitsvoorziening worden ingezet.

De Europese Commissie heeft eind vorig jaar een tweetal voorstellen bij het Europees Parlement ingediend, die het gebruik van biobrandstoffen het komende decennium aanzienlijk moeten stimuleren. Het eerste voorstel betreft het toestaan van accijnsreductie voor biobrandstoffen, het tweede houdt een verplichting in van minimaal 2% biobrandstoffen in 2005, oplopend tot 5,75% in 2010. Op dit moment worden deze voorstellen nog in het EP besproken, de uitkomst van deze discussies is nog niet duidelijk.

Duurzame waterstof

Waterstof kan worden geproduceerd uit een willekeurige energiebron. Dit kan een fossiele brandstof zijn, waarbij al dan niet de vrijkomende CO_2 wordt afgevangen en opgeslagen, maar ook duurzame energiebronnen zoals wind-, water- of zonne-energie. De waterstof kan vervolgens door middel van een brandstofcel of een aangepaste verbrandingsmotor voor de aandrijving van een voertuig zorgen.

De voordelen van deze optie zijn vooral:

- de voertuigen zijn schoon en stil, ze stoten slechts waterdamp uit (en NO_x, bij gebruik van verbrandingsmotoren);
- de flexibiliteit ten aanzien van de energiebron waarmee de waterstof wordt geproduceerd;



de hoge rendementen van brandstofcellen.

Waterstof kan eventueel ook tot ca. 17% bij aardgas bij worden gemengd, en zo in aardgasvoertuigen worden toegepast.

Er zijn echter ook nog nadelen aan waterstof verbonden, met name:

- de opslag van waterstof is nog zwaar, groot en duur, en daarmee nog niet goed geschikt voor voertuigen;
- voor een transitie naar waterstofvoertuigen moet een infrastructuur voor de waterstof worden aangelegd zodat er getankt kan worden, en moeten speciale voertuigen (met aangepaste Otto-motor of brandstofcel) op de markt komen. Dit alles vergt grote investeringen, die pas rendabel zijn als er een commercieel aantrekkelijk marktaandeel kan worden bereikt.

Daarnaast moet niet worden vergeten dat de productie van duurzame energie de komende decennia nog sterk moet worden uitgebreid voordat het wegtransport van duurzaam geproduceerde waterstof voorzien kan worden. Omdat de productie van waterstof energie kost, kan de beschikbare duurzame energie op dit moment uit oogpunt van efficiency (en daarmee CO₂-reductie) beter in de vaste elektriciteitsvoorziening worden ingezet dan in het wegverkeer.

Duurzame elektriciteit in combinatie met (accu-)elektrische voertuigen Elektrische auto's kunnen worden opgeladen met duurzaam opgewerkte elektriciteit, en bieden daarmee aantrekkelijke kansen voor duurzame mobiliteit. Daarmee wordt de productie van biobrandstoffen of waterstof overbodig. De energievoorziening is flexibel omdat elektrische voertuigen op een breed scala van duurzame energie kunnen rijden, variërend van wind- of zonne-energie tot biomassa die in elektriciteitscentrales wordt verbrand. Daarnaast biedt elektriciteitsopwekking uit fossiele brandstoffen, waarbij de vrijkomende CO_2 wordt afgevangen en opgeslagen, ook mogelijkheden voor klimaatneutrale aandrijving van voertuigen (d.w.z. aandrijving waarbij geen CO_2 naar de atmosfeer wordt uitgestoten).

Elektrische auto's zijn nu ook al op de markt, en worden in sommige nichemarkten ingezet. Een doorbraak van deze voertuigen blijft echter nog uit, vanwege de hogere kosten ten opzichte van conventionele auto's en het mindere gebruiksgemak (de beperkte actieradius, topsnelheid en acceleratie, de lange oplaadtijd, e.d.). Deze nadelen hebben vooral te maken met de beperkingen van accu's: een relatief lage energiedichtheid en beperkte levensduur.

De voordelen van elektrische auto's zijn voor duurzaam vervoer aantrekkelijk:

- de auto's rijden emissieloos en stil;
- zijn energiezuinig;
- zijn flexibel ten aanzien van de energievoorziening.

Een eventuele grootschalige overstap naar elektrische auto's op duurzame energie is echter niet snel gemaakt. Consumenten moeten overstappen op elektrische auto's, er moet een infrastructuur komen om op te kunnen laden én er moet een aanzienlijke uitbreiding komen van de beschikbare duurzame energie.

Conclusies

Zowel op de korte als ook op de lange termijn zijn er mogelijkheden om duurzame brandstoffen in het wegverkeer in te zetten. Op de *korte termijn* bieden biobrandstoffen en duurzaam elektrisch vervoer kansen. Zonder de

inzet van gericht beleid verwachten we echter niet dat deze opties voor 2010 meer dan een paar procent van de fossiele brandstoffen zullen vervangen. Op de *lange termijn* zouden in principe alle hier beschouwde opties de huidige brandstoffen kunnen vervangen. Of dat inderdaad gebeurt, en welke dat dan zal zijn, hangt vooral af van de ontwikkelingen in kosten, beschikbaarheid van de biomassa c.q. duurzame energie en gebruiksgemak van de opties.

In theorie kan met alle hier besproken routes de CO₂-uitstoot van mobiliteit tot nul worden gereduceerd, in de praktijk is de milieuwinst van een overstap naar duurzame brandstoffen vooralsnog beperkt. Dit heeft te maken met:

- de vaak energie-intensieve productiemethoden van biobrandstoffen;
- de lage kosten-effectiviteit van toepassing van duurzame energie in het wegverkeer.

In het algemeen is er waarschijnlijk meer CO₂-reductie te bereiken als de nu beschikbare biomassa of duurzame energie wordt gebruikt in de vaste elektriciteitsvoorziening.

Een overzicht van de voor- en nadelen van de diverse opties, en de mogelijkheden die er zijn om de CO₂-uitstoot van deze routes te beperken is gegeven in Tabel 1.



Tabel 1 Overzicht van de drie beschouwde opties voor duurzaam wegvervoer

	Biobrandstoffen	Duurzame waterstof, i.c.m. brandstofcellen	Duurzame elektriciteit, i.c.m. elektrische auto's
Introductie op de markt ^a	korte termijn	lange termijn	korte tot middellange termijn
Grondstof	 Biomassa uit organisch afval (waaronder reststromen van de voedselproductie) of energieteelt (div. soorten hout, koolzaad, suikerriet,) 	 biomassa, windenergie, waterkracht, zonne-energie, fossiele brandstoffen met CO₂-opslag 	 biomassa, windenergie, waterkracht, zonne- energie, fossiele brandstoffen met CO₂-opslag
Voordelen	 Kan worden ingevoerd met bestaande tankinfrastructuur en motortechniek. Kan gebruik maken van diverse grondstoffen en procestechnologieën Overgang kan geleidelijk plaatsvinden via bijmenging met conventionele brandstoffen Kan in alle modaliteiten worden toegepast 	 Flexibel t.a.v. energiebron Voertuigen emitteren alleen water en zijn stil Overgang kan worden gefaciliteerd door waterstof eerst uit fossiele brandstoffen te produceren Biedt goede mogelijkheden voor alle wegvervoermiddelen Brandstofcellen hebben een hoog rendement 	Flexibel t.a.v. energiebron Elektrische auto's rijden emissieloos en stil Hoge rendementen
Knelpunten	 Kosten v.d. biobrandstoffen zijn relatief hoog Milieuwinst afhankelijk van het soort biobrandstof Veel ruimte nodig voor biomassateelt Mogelijk nadelige gevolgen van grootschalige biomassateelt op milieu en biodiversiteit In veel gevallen meer CO₂-besparing als biomassa in vaste elektriciteitsvoorziening wordt ingezet 	 Vereist hoge investeringen in waterstofinfrastructuur Veilige, lichtgewicht opslagmogelijkheden ontbreken nog Brandstofcellen zijn duur en nog in ontwikkeling Hoeveelheid duurzame energie nog onvoldoende Perceptie van onveiligheid, explosiegevaar waarschijnlijk vergelijkbaar of minder dan bij LPG 	 Vereist overstap naar elektrische auto's Elektrische auto's (incl. accu's) zijn duur De prestaties van elektrische auto's zijn minder dan van conventionele auto's Hoeveelheid duurzame elektriciteit nog beperkt Toepassing lijkt beperkt tot personenauto's, bestelwagens en scooters
Potentiële oorzaken van CO ₂ -uitstoot of lage rende- menten	 Energiegebruik tijdens teelt Transport van grondstoffen en brandstoffen (m.b.v. fossiele brandstoffen) Conversie vergt energie Motorverliezen 	 Verliezen door waterstofproductie en brandstofcel rendement Energiegebruik bij opslag van waterstof, bijv. voor koeling Waterstofverliezen uit tanks Bij toepassing van fossiele brandstoffen met CO₂-opslag: Op lange termijn lekkage van de opslag, energiegebruik bij afvang van CO₂ en ondergrondse injectie 	 Rendementsverliezen tijdens productie en transport van de elektriciteit Hoog energieverbruik van de voertuigen vanwege zware accu's Indien elektriciteit wordt geproduceerd uit fossiele brandstoffen met CO₂-opslag: zie bij waterstof
Mogelijkheden om de CO ₂ - uitstoot te re- duceren	 Teelt- en conversietechnieken met hoge rendementen toepassen Energiegebruik voor transport minimaliseren Transport op klimaatneutrale brandstoffen Milieueffecten van teelt verminderen Verbeteren van motorrendementen 	 Productie via technieken met hoog rendement Opslagmogelijkheden ontwikkelen met laag energiegebruik en lage verliezen Bij toepassing van fossiele brandstoffen met CO₂-opslag: Ontwikkeling van betrouwbare opslagmogelijkheden; Gebruik van energiezuinige CO₂-afvangtechnologiën 	 Gebruik van accu's met hoge energiedichtheid Afstanden tussen elektriciteitsproductie en oplaadinstallatie minimaliseren Indien elektriciteit wordt geproduceerd uit fossiele brandstoffen met CO₂-opslag: zie bij waterstof

^a Korte termijn: komende 5-10 jaar; middellange termijn: 10-30 jaar; lange termijn: meer dan 30 jaar

Voor de komende jaren gaat de aandacht binnen de EU vooral uit naar het stimuleren van biobrandstoffen, zoals hierboven beschreven. De redenen hiervoor zijn voornamelijk de wens om minder afhankelijk te worden van de import van aardolie enerzijds, en de stimulering van de landbouw anderzijds. Milieuoverwegingen spelen slechts in beperkte mate een rol. Een verplicht aandeel biobrandstoffen zou voor Nederland grote consequenties hebben: op dit moment is de hoeveelheid verkochte biobrandstoffen nog nihil, er moet gericht beleid worden ingezet om hier verandering in te brengen. Hierbij kan men bijvoorbeeld denken aan accijnsdifferentiatie, subsidies voor aanpassingen aan voertuigen, landbouwbeleid, stimulering van productiefaciliteiten, etc.

Op de middellange termijn, naar verwachting vanaf ca. 2010, is het te verwachten dat CO₂-emissiehandel een rol gaat spelen in het verkeersbeleid. Ondanks dat het nog niet duidelijk is hoe een dergelijk handelssysteem eruit zal zien, en hoe de sector verkeer en vervoer hierin wordt meegenomen, zal emissiehandel er in principe voor zorgen dat de meest kosten-effectieve CO₂-reductiemaatregelen worden genomen om aan een bepaalde reductiedoelstelling te voldoen. Gezien de hoge kosten van CO₂-reductie die duurzame brandstoffen voor het wegverkeer met zich meebrengen, is de verwachting dat emissiehandel in elk geval de eerste jaren vooral zal leiden tot de inzet van (goedkopere) maatregelen in andere sectoren.

Nederland heeft weliswaar mogelijkheden om een transitie naar Duurzame Mobiliteit beleidsmatig te stimuleren, de speelruimte is echter beperkt door Europese wet- en regelgeving. Bovendien kan een klein land als Nederland maar beperkte invloed uitoefenen op de internationale beleidsmatige en technologische ontwikkelingen, al kunnen wel initiatieven worden ontplooid, bijvoorbeeld in EU-verband.

Aanbevelingen¹

Als de Europese Unie inderdaad tot een verplichting van een minimum aandeel biobrandstoffen overgaat zal Nederland gericht beleid moeten inzetten om dit aandeel te halen. Om dit beleid zowel uit economisch als ook uit milieukundig opzicht optimaal vorm te geven, moet nog een aantal vragen worden beantwoord, zoals:

- welke mogelijkheden zijn er om de doelstellingen te halen? Wat zijn de kosten van de diverse opties, en wat is de milieuwinst?
- in welke landen zullen naar verwachting de biobrandstoffen of de grondstoffen worden geproduceerd? Hoe kunnen eventuele negatieve milieueffecten van de teelt en productie worden gereduceerd?
- welke gevolgen hebben deze ontwikkelingen voor de Nederlandse landbouw en industrie en de technologische ontwikkeling in Nederland? Zijn er kansen voor de Nederlandse industrie of landbouw om in deze ontwikkelingen een voortrekkersrol te vervullen?

Naast deze concrete stappen die een reactie zijn op de ontwikkelingen in de Europese Unie, is er ook de noodzaak om tot een heldere visie te komen op het traject dat op de lange termijn moet leiden naar een duurzame samenleving. Er heerst dit moment nog grote onzekerheid over de manier waarop mobiliteit duurzaam kan worden vormgegeven, beleidsmatig moet goed met deze onzekerheid worden omgegaan. Daarnaast heeft een overstap naar andere energiedragers potentieel grote negatieve gevolgen, bijvoorbeeld voorde biodiversiteit. Het is daarom van belang dat de overheid een visie én beleidsinstrumenten ontwikkelt om deze effecten te beperken. Ook hierbij

_



¹ Een uitgebreidere lijst met aanbevelingen is te vinden in paragraaf 6.5.

zijn de mogelijkheden van de Nederlandse overheid beperkt, en ligt het voor de hand om naar mogelijkheden op internationaal niveau te zoeken.

Bij het denken over duurzame mobiliteit is ook een afweging ten opzichte van andere sectoren op zijn plaats. Zo is het niet ondenkbaar dat de gewenste CO₂-reductie tegen de laagste maatschappelijke kosten kan worden bereikt als het wegverkeer de komende decennia op fossiele brandstoffen blijft rijden terwijl de benodigde CO₂-reducties in andere sectoren worden behaald. Uit oogpunt van klimaatbeleid is het daarom onverstandig om slechts naar afzonderlijke sectoren te kijken, en moet ook in de breedte worden gezocht naar een efficiënte en kosten-effectieve inzet van de nog beperkte klimaatneutrale brandstoffen en energiebronnen.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Verkeer en vervoer draagt voor meer dan 20% bij aan de totale uitstoot van CO₂ in Nederland [RIVM, 2001], en ook de komende jaren wordt niet verwacht dat dit aandeel zal afnemen. De ramingen laten zien dat de energiebesparing die wordt bereikt door autonome technologische ontwikkelingen aan de voertuigen meer dan teniet wordt gedaan door de verwachte volumegroei [RIVM, 2002].

Het is dan ook niet verwonderlijk dat er veel aandacht is voor ontwikkelingen die erop gericht zijn de CO₂-uitstoot in deze sector significant en structureel te verlagen. Vooral van oplossingen zoals waterstof, al dan niet in combinatie met een brandstofcel, en biobrandstoffen die worden geproduceerd uit biologisch materiaal wordt veel verwacht.

De afgelopen maanden lijken vooral de ontwikkelingen op het gebied van de biobrandstoffen op Europees niveau in een stroomversnelling te komen. Zo heeft de Europese Commissie een voorstel ingediend om vanaf 2005 een aandeel biobrandstoffen in het totale brandstofverbruik te verplichten, en per direct een lagere accijns op pure of bijgemengde biobrandstoffen toe te laten². In diverse Europese landen (waaronder Duitsland en Frankrijk) is pure dan wel bijgemengde biodiesel tegen een laag accijnstarief aan de pomp te verkrijgen of wordt het toegepast in wagenparken die eigen tankfaciliteiten hebben. Zweden heeft zichzelf tot doel gesteld om de komende 20-40 jaar 25-50% van de brandstoffen te vervangen door biobrandstoffen, geproduceerd uit op bos- en landbouwafval. De verwachting is dat de komende 10 jaar in de EU een marktaandeel van 10% kan worden bereikt [EU COM(2001) 547]. Ook in Nederland is er een aantal proefprojecten aan de gang waarin biobrandstoffen worden toegepast.

Daarnaast is een aantal grote consortia bezig met de ontwikkeling van brandstofcellen in voertuigen, en de toepassing van waterstof en (bio-)methanol daarbij. Deze consortia zijn vaak samenwerkingsverbanden tussen het bedrijfsleven, maar ook overheden zijn erbij betrokken.

Vanwege al deze ontwikkelingen zijn duurzame brandstoffen de laatste tijd vanuit de technische, vaak wetenschappelijke discussie sterk in een beleidsmatig en politiek vaarwater terechtgekomen. Ondanks dat de inschattingen over de toekomstige mogelijkheden (en kosten) van de diverse opties nog sterk verschillen, zijn de meeste betrokkenen het er wel over eens dat duurzame brandstoffen pas op de lange termijn op grote schaal de functie van fossiele brandstoffen kunnen overnemen.

Als de overheid ervoor kiest om een dergelijke transitie binnen redelijke termijn mogelijk te maken en liefst te versnellen, is gerichte actie op de korte termijn wenselijk, en misschien zelfs noodzakelijk. Een keuze voor beleid op dit gebied is echter niet eenvoudig: de onzekerheid van toekomstige ontwikkelingen op het gebied van technologie, kosten van de diverse opties en geopolitieke verhoudingen, en de afhankelijkheid van internationale ontwik-

Zie bijvoorbeeld het persbericht van de Europese Commissie IP/01/1543 (d.d. 7 november 2001).



kelingen zorgen voor een moeilijk speelveld om in te opereren. Met name ontwikkelingen in andere landen en op EU niveau zullen daarbij sterk bepalend zijn voor de kansen en randvoorwaarden waarbinnen de Nederlandse situatie zich kan ontwikkelen.

In deze studie, die is uitgevoerd in opdracht van Novem als onderdeel van het EBIT programma, hebben we de bovenstaande ontwikkelingen geïnventariseerd, in zoverre ze relevant lijken te zijn voor de Nederlandse situatie. Het doel hierbij was niet om gedetailleerde technische informatie te verzamelen van de diverse opties, maar om een overzicht van de belangrijkste mogelijkheden en knelpunten te geven die bij deze opties een rol spelen. Vervolgens hebben we geïnventariseerd wat de Nederlandse overheid kan doen om deze brandstoffen te stimuleren.

1.2 Doel en afbakening

Het doel van dit project is als volgt:

Verkennen van de ontwikkelingen in de Europese Unie op het gebied van duurzame brandstoffen voor het wegverkeer, en analyse van de mogelijkheden die Nederland heeft om deze brandstoffen te stimuleren. Daarbij richten we ons op een viertal aspecten:

- recente besluiten, voorstellen en plannen;
- de haalbaarheid en mogelijke knelpunten van diverse opties;
- het CO₂-reductie potentieel van deze opties;
- de mogelijkheden die de Nederlandse overheid heeft om deze ontwikkelingen te stimuleren.

Met duurzame brandstoffen bedoelen we hier energiedragers die de huidige fossiele brandstoffen kunnen vervangen, en waarmee de CO₂-uitstoot van het wegverkeer aanzienlijk kan worden gereduceerd. Deze brandstoffen worden ook wel klimaatneutraal genoemd, en ook hernieuwbare brandstoffen vallen hieronder. We kijken daarom niet naar alternatieve mogelijkheden om de uitstoot van CO₂ te beperken, zoals het zuiniger maken van voertuigen en reductie van mobiliteit, of naar mogelijkheden om luchtvervuilende emissies te reduceren.

We hebben deze verkenning voornamelijk op bestaande, gepubliceerde kennis gebaseerd. Scheepvaart, railvervoer en luchtvaart hebben we buiten beschouwing gelaten.

1.3 Leeswijzer

In het volgende hoofdstuk beginnen we met een korte inleiding in de mogelijkheden op het gebied van duurzame brandstoffen voor het wegverkeer. In hoofdstukken 3 t/m 5 gaan we vervolgens in meer detail in op de drie opties die voor de toekomst het meeste potentieel lijken te hebben. Dit zijn achtereenvolgens biobrandstoffen, duurzaam geproduceerde waterstof en duurzame elektriciteit. In hoofdstuk 6 vatten we de conclusies samen en proberen we antwoord te geven op de vraag wat al deze ontwikkelingen betekenen voor de Nederlandse situatie.



2 Duurzame brandstoffen voor het wegverkeer

In Nederland kan de autorijder op dit moment kiezen uit drie soorten brandstof: benzine, diesel of LPG. Alledrie fossiele brandstoffen die bijdragen aan de versterking van het broeikaseffect: per liter brandstof die wordt verbruikt wordt ca. 3,2 kg CO₂ geëmitteerd. Het wegverkeer heeft daarmee een groot aandeel in de totale Nederlandse uitstoot van CO₂, ca. 20%.

In het streven naar duurzame mobiliteit is het dan ook niet verwonderlijk dat er veel aandacht is voor de ontwikkeling van duurzame, klimaatneutrale brandstoffen. Bleef deze aandacht tot een aantal jaren geleden nog vooral beperkt tot wetenschappelijk onderzoek, de laatste jaren zien we dat de belangstelling voor duurzame brandstoffen zowel in het bedrijfsleven, bij de nationale overheden en op het niveau van de Europese Unie sterk toeneemt. Hiervoor zien we een aantal redenen:

- het groeiende besef dat we op de lange termijn moeten overschakelen naar duurzame brandstoffen, uit oogpunt van:
 - het tegengaan van klimaatverandering;
 - het verminderen van de afhankelijkheid van de grootschalige import van olie;
- technische ontwikkelingen op het gebied van duurzame brandstoffen laten hoopgevende resultaten zien.

Bij het bedrijfsleven (met name de auto- en olie-industrie) speelt daarnaast de strategische overweging dat het bestaan op de lange termijn moet worden verzekerd. De overgang naar een andere energiebron en/of aandrijftechniek mag daarom niet worden gemist.

Bij een aantal landen en de Europese overheid speelt ook andere, vaak nationale belangen een rol zoals het behoud van een technische voorsprong van het bedrijfsleven of het stimuleren van werkgelegenheid in de landbouwsector.

We kunnen de verschillende duurzame brandstoffen die mogelijk op termijn de huidige brandstoffen kunnen vervangen ruwweg in drie categorieën indelen:

- biobrandstoffen: diverse organische stoffen die geproduceerd zijn uit hernieuwbare bronnen (biomassa);
- waterstof, geproduceerd uit duurzame energie zoals biomassa, wind-, zon- en waterenergie;
- duurzame elektriciteit, geproduceerd uit biomassa, wind-, zon- of waterkracht.

Een eventuele overgang naar deze andere, duurzame brandstoffen (deels of helemaal) kan ook consequenties hebben voor de aandrijftechnologie in de voertuigen. Daarbij kunnen we bijvoorbeeld denken aan een vervanging van de huidige verbrandingsmotor door elektrische aandrijving, waarbij gebruik wordt gemaakt van accu's of van brandstofcellen, dit laatste al dan niet in combinatie met een on-board reformer. Een aantal van bovenstaande opties kan echter ook gerealiseerd worden zonder dat de voertuigaandrijving wezenlijk moet veranderen.

Naast de mogelijke inzet van duurzame brandstoffen zijn er natuurlijk ook andere opties om de uitstoot van CO₂ in het wegverkeer te reduceren, zoals:

- rijden in zuinigere voertuigen of modaliteiten;
- gedragsverandering, die leidt tot minder gereden kilometers;
- maatregelen in de ruimtelijke ordening, ook gericht op het verminderen van het aantal gereden kilometers.

In deze verkenning zullen we echter niet ingaan op deze alternatieve opties of op de mogelijke beleidsinstrumenten om ze te stimuleren.

In de volgende hoofdstukken gaan we nader op de bovengenoemde drie mogelijke categorieën duurzame brandstoffen in.



3 Biobrandstoffen

3.1 Inleiding

Biobrandstoffen is in feite een verzamelnaam voor een aantal verschillende brandstoffen die worden geproduceerd uit biomassa. De diverse biobrandstoffen kunnen over de gehele keten van grondstof tot eindproduct sterk verschillen. Zo worden sommige biobrandstoffen geproduceerd uit afval en andere uit bijvoorbeeld koolzaad, en kunnen sommige benzine vervangen en andere diesel of juist LPG. Op dit moment nemen biobrandstoffen in Europa ca. 0,3% van de totale hoeveelheid brandstoffen in (cijfers van 2000).

In Tabel 2 geven we een overzicht van de verschillende biobrandstoffen die op dit moment als kansrijk worden gezien voor het wegtransport. Bij elke brandstof hebben we ook een korte omschrijving van de routes voor de omzetting van biomassa in brandstoffen gegeven. Dit overzicht is weliswaar niet compleet maar geeft een selectie weer van de routes die op dit moment het meeste potentieel laten zien.

Tabel 2 Mogelijke routes voor de productie van biobrandstoffen op basis van biomassa

Brandstof	Korte omschrijving en specifieke kenmerken		
Bio-ethanol uit suikerhoudende	Suikerhoudende gewassen worden biologisch omgezet in		
gewassen	ethanol		
Bio-ethanol uit houtige gewassen	Houtige gewassen worden biologisch omgezet in ethanol		
Biodiesel en plantaardige olie	Biomassa met hoog oliegehalte wordt door middel van ex-		
	tractie en persing omgezet in plantaardige olie, d.m.v. veres-		
	tering wordt biodiesel geproduceerd		
Biomethanol en DME	Biomassa wordt thermisch omgezet in methanol of DME		
Biogas	Biomassa wordt biologisch omgezet in biogas (>94% me-		
	thaan), dat qua eigenschappen sterk op aardgas lijkt.		
Fischer Tropsch diesel	Biomassa wordt thermisch omgezet in lichte en zware kool-		
	waterstoffen		
HTU diesel	Biomassa wordt thermisch omgezet in diesel		
Pyrolyse-olie	Biomassa wordt thermisch omgezet in bio-olie		

Een aantal van deze biobrandstoffen wordt al op grote schaal geproduceerd, andere bevinden zich nog in de ontwikkelingsfase.

In het volgende vatten we de meest belangrijke punten van deze routes samen. Hierbij gaan we achtereenvolgens in op de productie van de brandstoffen, de beschikbaarheid, kosten en potentiële CO₂-reductie die met deze opties bereikt kan worden, en aan de eisen die aan de voertuigen worden gesteld. Vervolgens geven we een overzicht van de actuele ontwikkelingen in het Europees en nationaal beleid en van de toepassingen in de praktijk. Voor uitgebreidere informatie over de verschillende opties verwijzen we naar de literatuur, bijvoorbeeld naar de publicaties van Novem in het kader van het GAVE programma, en de overzichten van het IEA (zie de literatuurlijst)

We moeten hierbij niet vergeten dat biomassa ook direct kan worden verbrand in daarvoor geschikte elektriciteitscentrales of afvalverbrandingsinstallaties. Deze route levert elektriciteit en/of warmte op die vervolgens nuttig

kan worden gebruikt. De rendementen van deze verwerkingsmethoden zijn vaak relatief hoog en de kosten laag omdat er geen conversiestap nodig is. Op deze toepassing zullen we in deze studie echter niet dieper ingaan.

3.2 Conversie biomassa naar biobrandstof

Biobrandstoffen kunnen worden geproduceerd uit een groot aantal organische grondstoffen. Voor de productie van bio-ethanol wordt bijvoorbeeld suikerriet, snelgroeiende houtsoorten of houtafval gebruikt, biodiesel wordt vaak uit koolzaad geproduceerd. HTU-diesel daarentegen kan o.a. uit GFT-afval worden geproduceerd.

In het algemeen wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende drie bronnen voor de productie van biobrandstoffen:

- 1 Biomassa reststromen (huishoudelijk afval, reststromen van de voedselproductie, etc).
- 2 Energieteelt in Nederland.
- 3 Import van biomassa, van landen binnen of buiten de EU.

De biomassa uit deze bronnen kan op verschillende manieren worden omgezet in brandstoffen. Daarbij kunnen we drie verschillende methoden onderscheiden:

- 1 Biologisch: suikers worden dmv micro-organismen omgezet in bioethanol.
- 2 Thermisch: plantaardig materiaal wordt in afwezigheid van zuurstof en bij verhoogde temperatuur ontleed. Afhankelijk van de gekozen procescondities ontstaat een mengsel van gasvormige en vloeibare brandstoffen. Deze methode staat nog in de kinderschoenen.
- 3 Persing en/of extractie: oliehoudende zaden worden uitgeperst en/of geëxtraheerd. Hieruit ontstaat biodiesel. Meestal wordt hiervoor lijnzaad gebruikt, eventueel ook koolzaad. Deze methode wordt het meest toegepast.

Het resultaat van deze conversieprocessen zijn brandstoffen die benzine, diesel of LPG kunnen vervangen.

3.3 Kosten en beschikbaarheid

De nog hoge kosten zijn op dit moment de oorzaak van het feit dat biobrandstoffen nog niet aan de pomp verkrijgbaar zijn. De ervaring in landen waar de accijnzen op biobrandstoffen laag zijn of helemaal zijn afgeschaft laten wel zien dat een dergelijke fiscale stimulans voldoende is om de biodiesel of bio-ethanol te laten concurreren met fossiele brandstoffen. Als zo de vraag wordt gestimuleerd leidt dat direct tot de bouw van productiefaciliteiten, en bieden pomphouders de biobrandstof tegen lagere prijzen dan de conventionele brandstoffen (waar natuurlijk nog wel accijns op wordt geheven) aan.

Op de langere termijn, als we kijken naar een eventuele overstap naar biobrandstoffen in het wegverkeer, is de verwachting dat de beschikbaarheid van grondstoffen een belangrijk knelpunt zal opleveren. Op dit moment worden met name organische reststromen uit de landbouw toegepast om biobrandstoffen te produceren. De kosten voor productie van deze stromen liggen in de range van 0 tot 45 euro per ton, maar de hoeveelheid is beperkt: het maximum aandeel dat deze stromen in de energievoorziening kan leveren is ca. 10% [UCE, 2000]. Zodra de vraag naar deze grondstoffen groter wordt, zal moeten worden overgestapt op energieteelt, waarbij wordt ge-



dacht aan gewassen zoals snelgroeiende wilg, populier, miscanthus, hennep of riet. De kosten daarvan zullen hoger zijn dan van de reststromen, en hangen sterk af van de regio waarin deze teelt plaatsvindt: energieteelt binnen de Europese Unie zal ook weer duurder zijn dan import van biomassa uit de rest van de wereld (naar verwachting liggen de productiekosten van teelt in Nederland op ca. 40-100 Euro per ton, bij wereldwijde import ca. 20-50 Euro/ton [Biomasster]).

Maar ook energieteelt is aan beperkingen onderhevig, omdat deze teelt bij een grootschalige toepassing van biomassa een grote hoeveelheid ruimte in zal nemen. Ter illustratie: als ongeveer een kwart van het huidige wereldenergiegebruik uit biomassa zou worden gewonnen, zou daarvoor ca. 450-700 miljoen hectare aan landoppervlak nodig zijn. Dit is ca. 30-50% van het bestaande bouwland (akkerbouw), en ca. 3-5% van het beschikbare mondiale landoppervlak [UCE, 2000].

De teelt zal ofwel plaats moeten vinden op landbouwgrond die nu voor voedselproductie wordt gebruikt, ofwel ten koste gaan van natuurgebieden.

De schattingen over het benodigde landbouwareaal lopen trouwens sterk uiteen in de literatuur (zie bijv. [UCE, 2000]). Cruciale aannames, bijvoorbeeld over de opbrengst per hectare, de ruimtewinst die met verdere intensivering van de landbouw kan worden behaald en dergelijke blijken sterk tussen verschillende studies te variëren. Daarnaast spelen ook toekomstige politieke keuzes een rol: mag energieteelt de biodiversiteit aantasten of niet?

De onzekerheid over de hoeveelheid beschikbare biomassa in de toekomst is dus nog groot. Op dit moment vertegenwoordigt biomassa ongeveer 3% van het totale energieverbruik in de 15 EU landen³. De EU gaat uit van een aandeel van ca. 8,5% in 2010 [EU Witboek duurzame energie, 1997]. Duitsland heeft recentelijk besloten om ervan uit te gaan dat biomassa een maximum aandeel van 15% van de totale energie kan innemen.

3.4 Energie- en CO₂-reductie

Een overstap van fossiele naar biobrandstoffen hoeft nog geenszins te betekenen dat daarmee de CO₂-uitstoot tot nul wordt gereduceerd. De teelt, de productie en het transport van grondstoffen en eindproduct vergen allen energie. Hiervoor wordt in het algemeen fossiele energie gebruikt, de uiteindelijke netto CO₂-winst is in sommige gevallen daarom slechts beperkt.

De CO₂-reductie van biodiesel wordt geschat op ca. 50% als conventionele diesel wordt vervangen, het rendement van bio-ethanol als vervanger van benzine wordt geschat op ca. 30-40% [GAVE 4, 1999 en EC 2, 2001]. De GAVE-studie concludeert dat de rendementen van HTU diesel en ook DME en methanol uit vergassing aantrekkelijker zijn, meer dan 70%. De emissies van andere, luchtverontreinigende emissies kan door de biobrandstoffen zelfs toenemen. Onderzoek voor het Duitse Umwelt Bundesamt (UBA) wijst uit dat biodiesel geproduceerd uit raapzaadolie weliswaar een (beperkte) CO₂-reductie kan bereiken, maar dat die winst teniet wordt gedaan door een hogere uitstoot van luchtverontreinigende emissies. Bovendien draagt niet alleen de CO₂-emissie bij aan het broeikaseffect, maar komt er ook N₂O bij de teelt van de raapzaad vrij, een sterk broeikasgas. De conclusie van deze studies is dat de vervanging van diesel door biodiesel uit raapzaad geen

In Oostenrijk, Finland en Zweden ligt dat aandeel aanzienlijk hoger, resp. 12%, 23% en



onderscheidende voordelen oplevert voor het milieu en ook economisch ongunstig is.⁴ De resultaten van GAVE ondersteunen deze conclusie.

In Tabel 3 hebben we schattingen uit de literatuur gegeven van de CO₂-reductie die met de verschillende biobrandstoffen wordt bereikt, per hectare landbouwgrond. In de laatste kolom is de kosteneffectiviteit van de verschillende opties weergegeven: de kosten per ton vermeden CO₂.

Tabel 3 Overzicht van de kosten voor reductie van CO₂

Brandstof	Verwachte CO ₂ -reductie in 2000, per hectare (ton CO ₂ equivalenten per hectare per jaar) [Jager, 1998]	Kosten per ton vermeden CO ₂ (Euro per ton vermeden CO ₂) [GAVE 2, 1999]
Bio-ethanol uit suikerhoudende	3.2	*
gewassen		
Bio-ethanol uit houtige gewassen	7	*
Biodiesel	1	113
Biomethanol en DME	**	113
Biogas	*	*
Fischer Tropsch diesel	*	159
HTU diesel	*	227
Pyrolyse-olie	*	318

^{*} gegevens niet beschikbaar

In alle gevallen liggen de kosten hoog in vergelijking met andere maatregelen die in het kader van klimaatbeleid getroffen kunnen worden (zie bijv. [Uitvoeringsnota Klimaatbeleid, 1999]).

Zoals al gezegd, heeft de toepassing van biobrandstoffen ook andere gevolgen voor het milieu [CE, 2002]. Er treden luchtverontreinigende emissies op bij de productie en de verbranding, en grootschalige biomassateelt kan (grote) gevolgen hebben voor biodiversiteit, bodeminklinking, watervervuiling door agrochemicaliën, verlaging van het grondwaterpeil, verstoring van ecosystemen, en de bouw van infrastructuur. Deze effecten hangen sterk af van de wijze waarop de teelt plaatsvindt⁵, het is dan ook belangrijk om ook aan deze aspecten aandacht te besteden bij een toenemend gebruik van biobrandstoffen.

3.5 Toepassing in het wegverkeer

Een aantal van de genoemde biobrandstoffen wordt al in de praktijk toegepast, een aantal andere bevindt zich nog in de ontwikkelingsfase. Biodiesel is in verschillende Europese landen bij tankstations te verkrijgen, bio-ethanol wordt in Brazilië op grote schaal in het verkeer toegepast, en wint ook in andere landen langzaam maar zeker meer terrein. HTU diesel en pyrolyse-olie zijn daarentegen brandstoffen die nog niet ver genoeg ontwikkeld zijn om daadwerkelijk (op grote schaal) in voertuigen gebruikt te worden. Het GAVE

Zie bijv. 'Industrial uses of biomass energy, the example of Brazil', edited by Rosillo-Calle, F., Bajay, S.V., Rothman, H., Taylor & Francis, London.



^{**} alleen gegevens bekend voor 2010: 11 ton/ha/jaar

Presse-Information Nr. 01/100.

programma dat wordt uitgevoerd door Novem is erop gericht de ontwikkeling van deze brandstoffen te stimuleren.

Een groot voordeel van al deze brandstoffen is dat zij ofwel bij bestaande brandstoffen kunnen worden bijgemengd ofwel puur kunnen worden gebruikt, zonder dat een geheel nieuwe aandrijftechniek nodig is. Bij diverse biobrandstoffen moeten wel de huidige motoren in meer of mindere mate worden aangepast. Zo moeten bijvoorbeeld pakkingen worden vervangen omdat het gebruikte materiaal niet bestand is tegen de biobrandstof. De kosten hiervan kunnen oplopen tot enkele duizenden Euro's per auto.

Bio-methanol biedt daarnaast eventueel mogelijkheden om ook in een brandstofcel te worden toegepast, in combinatie met een reformer.

Tabel 4 Overzicht van de mogelijke toepassingen in het wegverkeer

Brandstof	Kan worden bijgemengd bij:	Opmerkingen
Bio-ethanol uit suikerhou- dende gewassen	benzine	Bijmenging tot ongeveer 20% is mogelijk. In aan alcohol aangepaste voertuigen kan dit percentage oplopen tot 85% ⁶
Bio-ethanol uit houtige gewassen	benzine	Bijmenging tot ongeveer 20% is mogelijk. In aan alcohol aangepaste voertuigen kan dit percentage oplopen tot 85%
Biodiesel en plantaardige olie	diesel	Kan zonder problemen tot 20% worden bijgemengd. Bijmenging van grotere percentages mogelijk mits afdichtingsmaterialen geschikt gemaakt zijn. Voor gebruik van plantaardige olie moet de motor aangepast worden.
Bio-methanol en DME	benzine c.q. diesel	Methanol kan tot 15% worden bijgemengd bij benzine en kan met reformer ook worden gebruikt in brandstofcellen. DME kan in een dieselmotor worden toegepast.
Biogas	Aardgas	Kan zowel met aardgas gemengd worden of puur worden verbrand in aardgasmotoren.
Fischer Tropsch diesel	diesel	Kan tot 100% worden bijgemengd.
HTU diesel	diesel	Na omzetting van de biocrude, die niet direct toegepast kan worden, ontstaat een diesel met vergelijkbare eigenschappen als gewone diesel, maar de ontwikkeling verkeert nog wel in experimentele fase
Pyrolyse-olie	diesel	De olie kan waarschijnlijk worden toegepast in een dieselmotor, maar dit moet nog worden aangetoond.

3.6 Beleid en praktijktoepassingen

Biobrandstoffen zijn duurder dan conventionele brandstoffen, zonder gericht overheidsbeleid komen ze daarom niet op de markt. Dat is wat we in Nederland zien, en in andere landen zonder beleid op dit gebied. In deze paragraaf geven we een overzicht van het beleid voor biobrandstoffen voor het wegverkeer. Een uitgebreide beschouwing is als Bijlage A toegevoegd. We kijken daarbij vooral naar de Europese Unie, Nederland en Duitsland.

We kunnen in een aantal andere landen zien dat biobrandstoffen door gericht beleid een grote stimulans kunnen krijgen. Wereldwijd is Brazilië een voorloper vanwege enkele gerichte beleidsmaatregelen, die sinds de oliecrises in de jaren '70 zijn ingezet. In dat land moet minimaal 24% bio-ethanol, dat geproduceerd wordt uit suikerriet, in brandstoffen voor het wegverkeer

⁶ Dit kan in zogenaamde Flexible Fuelled Vehicles of 'dedicated' alcohol voertuigen.



_

worden bijgemengd [Rosillo-Calle et. al., 2000]. Maar ook binnen Europa stimuleert een aantal landen biobrandstoffen, vooral door de accijns op deze brandstoffen dermate te verlagen dat met name biodiesel (bij gewone diesel bijgemengd) aan de tankstations tegen concurrerende prijzen te koop zijn.

Tot op heden staat de Europese regelgeving slechts in uitzonderingsgevallen toe, de accijns op biobrandstoffen te verlagen. Uitzonderingen zijn proefprojecten en landen waarbij de accijns al voor het ingaan van deze regeling was verlaagd. Dit laatste geldt bijvoorbeeld voor Duitsland, waar de accijns op biodiesel nihil is⁷. Proefprojecten zijn intussen in vrijwel alle lidstaten al aan de gang. Zo heeft ook de Nederlandse overheid accijnsvrijstelling verleend voor specifieke experimenten, met name in het landbouwverkeer en de recreatievaart. Daarnaast zijn ook subsidieprogramma's zoals het GAVE programma in het leven geroepen om de ontwikkeling van biobrandstoffen te versnellen.

Het Europese beleid op dit gebied is sinds november 2001 echter in een stroomversnelling gekomen. Brandstoffen die uit landbouwgewassen worden gewonnen, worden door de Europese Commissie gezien als de meest kansrijke alternatieve brandstoffen voor de korte tot middellange termijn (tot ca. 2010-2015). De Commissie heeft daarom in november 2001 de volgende twee voorstellen aan het Europese Parlement voorgelegd:

- het verplichten van een minimum aandeel biobrandstoffen in de totaal verkochte hoeveelheid brandstoffen van een land, van 2% in 2005, geleidelijk oplopend naar 5,75% in 2010;
- het toestaan van een accijnsverlaging voor pure of bijgemengde biobrandstoffen.

De details van deze voorstellen zijn te vinden in Bijlage A, of in [EC, 2001].

Deze voorstellen zijn inmiddels door een aantal commissies van het Europees Parlement in behandeling genomen, de verwachting is dat het parlement in juli tot een standpunt komt.

In Tabel 5 geven we onze inschatting van de kansen van de verschillende biobrandstoffen. In de tabel maken we onderscheid tussen kansen op de korte termijn (tot ca. 2015) respectievelijk lange termijn (na 2015). Met name de kansen voor de lange termijn zijn nog vrij speculatief, omdat zij sterk afhangen van de technologische ontwikkelingen en innovaties die nog nodig zijn om deze biobrandstoffen inderdaad te kunnen laten concurreren met fossiele of andere alternatieve brandstoffen. Van dit laatste zal het ook afhangen of de biobrandstoffen die al op de korte termijn kunnen worden ingezet inderdaad op termijn zullen worden vervangen door de nieuwere opties.

Frankrijk heeft ook sinds 1993 (gedeeltelijke) accijnsvrijstelling verleend op biodiesel uit koolzaad en bio-ethanol voor bijmenging in de loodvervanger EBTE. De EU had hier toentertijd toestemming voor verleend als proefproject. Recentelijk heeft dit echter geresulteerd in een rechtszaak, en een veroordeling: gezien de grote hoeveelheden biobrandstof was er geen sprake meer van een proefproject.



18

Tabel 5 Overzicht kansen van de diverse biobrandstoffen die in deze studie zijn besproken op de korte en lange termijn, en evt. opmerkingen

Brandstof	Voor de korte of lange termijn?	Opmerkingen
Bio-ethanol uit suiker- houdende gewassen	korte termijn	nog relatief hoge kosten, wordt op grote schaal in Brazilië verkocht. Milieuwinst en kosten afhankelijk van gebruikte proces.
Bio-ethanol uit houtige gewassen	korte termijn	nog hoge kosten maar veel CO ₂ -reductie (per hectare); wordt de komende jaren sterk ontwikkeld in Zweden.
Biodiesel en plantaardi- ge olie	korte termijn	relatief goedkoop, CO ₂ -reductie (per hectare) van biodiesel uit kool- of lijnzaad is beperkt
Biomethanol en DME	lange termijn	duur, vrij veel CO ₂ -winst mogelijk; methanol is giftig
Fischer Tropsch diesel	lange termijn	nog in ontwikkeling
HTU diesel	lange termijn	nog in ontwikkeling
Pyrolyse-olie	lange termijn	nog in ontwikkeling

We kunnen daarom verwachten dat als de EU inderdaad al op de korte termijn (2005-2010) het gebruik van biobrandstoffen verplicht, biodiesel en bioethanol moeten worden ingezet. Zoals we in Duitsland en Frankrijk zien, is een accijnsreductie waarschijnlijk voldoende om een klein marktaandeel te bereiken

In dat geval moet Nederland binnen relatief korte tijd een inhaalslag maken: we hebben op dit moment nog geen productiecapaciteit voor deze brandstoffen (op enkele proefopstellingen na), er zijn ook geen aanbieders van geïmporteerde biobrandstoffen, en ook de consumenten hebben nog geen ervaring met het gebruik van deze brandstoffen.

4 Waterstof

4.1 Inleiding

Waterstof kan, in tegenstelling tot conventionele of biobrandstoffen, worden geproduceerd uit een willekeurige energiebron. Dit kan een fossiele brandstof zijn zoals aardgas, waarbij al dan niet de vrijkomende CO₂ wordt afgevangen en opgeslagen, maar ook willekeurige duurzame energiebronnen (wind-, water- of zonne-energie). De waterstof kan vervolgens worden getankt, en door middel van een brandstofcel of een aangepaste verbrandingsmotor voor de aandrijving van een voertuig zorgen. Waterstof kan ook tot 17% bij aardgas worden bijgemengd, en vervolgens in aardgasvoertuigen worden gebruikt.

Vooral vanwege de mogelijkheid om met waterstof in een brandstofcel op een schone, efficiënte en stille manier elektriciteit op te wekken, wordt deze route door veel mensen gezien als de meest kansrijke voor de lange termijn. De 'waterstofeconomie' hoeft in principe dan ook geenszins beperkt te blijven tot verkeer en vervoer, er zijn tal van andere toepassingen denkbaar. Voordat het zo ver is, moeten nog wel aantal technologische ontwikkelingen en (daaraan gerelateerd) kostenreducties plaatsvinden.

Het principe werkt als volgt. Waterstof wordt geproduceerd door elektrolyse van water of uit aardgas, in beide gevallen een proces dat energie kost. Bij toepassing van waterstof in een brandstofcel komt vervolgens alleen waterdamp vrij, als de waterstof in een verbrandingsmotor wordt verbrand ook wat NO_x . Uit oogpunt van de verbetering van de luchtkwaliteit biedt waterstof daardoor grote voordelen ten opzichte van de conventionele of biobrandstoffen.

Toch zijn er ook nadelen bij het gebruik van waterstof als brandstof, zelfs als deze met duurzame energie is geproduceerd. Deze nadelen liggen vooral in de sfeer van kosten, veiligheid, opslag, benodigde infrastructuur en eventuele nadelige gevolgen van (grootschalige) winning van duurzame energie.

Voor een eventuele transitie naar duurzaam vervoer met waterstof zijn in feite drie elementen nodig:

- consumenten moeten van de huidige voertuigen overstappen naar voertuigen die door waterstof kunnen worden aangedreven (waarschijnlijk met de brandstofcel, of evt. met een aangepaste Otto-motor);
- bovendien moet er een infrastructuur worden aangelegd waarmee de voertuigen waterstof kunnen tanken;
- daarnaast moet de waterstofproductie duurzaam zijn, zonder CO₂uitstoot. Dit vergt uiteraard grote hoeveelheden duurzame energie, een
 veelvoud van het huidige aanbod.

De eerste twee stappen zijn niet afhankelijk van de derde omdat waterstof ook uit fossiele brandstoffen kan worden geproduceerd.

In de volgende paragrafen gaan we op hoofdlijnen in op de technische aspecten die bij waterstof als brandstof een rol spelen en de recente ontwikkelingen op dit gebied. Nadere informatie over de stand van zaken met betrekking tot de brandstofcel is te vinden in diverse publicaties, zoals [Melker, 2001], [Cirkel, 1999], [Hoed, 2001], [Commissie Ampere, 2000], [Energie, 2002].

4.2 Waterstofproductie en -opslag

Zoals al in de inleiding gezegd, wordt waterstof geproduceerd door elektrolyse van water of uit aardgas. De elektriciteit die hiervoor nodig is, kan worden opgewekt door middel van duurzame energie, maar ook door een willekeurige andere energiebron.

De waterstof kan vervolgens worden verbrand in een aangepaste Otto-(benzine)motor, of kan in een brandstofcel worden omgezet in elektrische energie. Waterstof kan daarnaast worden bijgemengd bij aardgas, tot 17% op volumebasis ofwel 5% op energiebasis [GAVE 4, 1999], en vervolgens in aardgasauto's worden verbrand.

Ondanks de genoemde voordelen zijn er nog veel, vooral technische, knelpunten waardoor waterstof op dit moment nog geen alternatief is voor de conventionele brandstoffen:

- de opslag van waterstof is (nog) zwaar, groot en duur (de verschillende mogelijkheden worden in paragraaf 4.4 besproken);
- afhankelijk van de opslagmethode vergt het tanken veel tijd;
- er kan een probleem optreden bij lage temperatuur: bij vorst bevriest het water dat gevormd wordt (recente proefprojecten hebben aangetoond dat dit probleem verholpen is);
- waterstof kan weliswaar in Otto-motoren worden verbrand (net als benzine), conventionele benzinemotoren voldoen hiervoor niet – er moet daarom op aangepaste motoren worden overgestapt;
- de brandstofcellen die van waterstof en zuurstof elektriciteit kunnen maken (en water) zijn nog in ontwikkeling, erg duur en groot.

4.3 Beschikbaarheid, kosten, energie en CO₂-reductie

Op dit moment staat het gebruik van waterstof als voertuigbrandstof nog in de kinderschoenen. Ook als de bovengenoemde problemen, voornamelijk met de opslag van de waterstof, worden verholpen, vergt een overgang naar waterstofauto's grote investeringen. Vooral de tankinfrastructuur zal hoge investeringen vergen, de vervanging van de auto's kan waarschijnlijk geleidelijk verlopen. Het grootste probleem wordt hier echter waarschijnlijk veroorzaakt door een kip-en-ei-dilemma: consumenten zullen waterstofvoertuigen pas kopen als er voldoende tankmogelijkheden zijn, en die kunnen pas economisch rendabel zijn als er veel afnemers zijn.

Als waterstof uit fossiele brandstoffen zoals aardgas wordt geproduceerd is voor deze omzetting energie nodig. De CO₂-uitstoot die hiervan het gevolg is zal dan wel in elk geval ten dele worden gecompenseerd indien de waterstof in brandstofcellen wordt toegepast, die hebben in het algemeen een hoger rendement dan verbrandingsmotoren. De totale CO₂-uitstoot van deze route is daarmee ongeveer vergelijkbaar met de verbranding van de fossiele brandstoffen in verbrandingsmotoren (afhankelijk van de gebruikte technologie).

Waterstofproductie kan echter ook uit duurzame energie worden geproduceerd. In dat geval kan met deze brandstof duurzaam vervoer worden behaald, al hangen de precieze milieuvoordelen af van de gebruikte energie. Biomassa, wind-, water- of zonne-energie kunnen allen worden gebruikt voor de productie van de benodigde waterstof. Ook fossiele brandstoffen kunnen eventueel klimaatneutraal worden omgezet in waterstof, als de CO₂ die daarbij vrijkomt wordt afgevangen en opgeslagen. De knelpunten van



biomassa hebben we in het vorige hoofdstuk opgenoemd: de grote ruimtebehoefte van de energieteelt en daarmee samenhangende beperkte beschikbaarheid en mogelijke nadelige gevolgen van de teelt op de biodiversiteit, grond- en waterkwaliteit zijn waarschijnlijk de belangrijkste. Ook de andere duurzame vormen van energie hebben nog nadelen, zoals het ruimtegebruik, verstoring van de natuur en hoge kosten⁸. De optie waarbij fossiele brandstoffen worden gebruikt, en de CO₂ wordt opslagen hebben we in Bijlage B verder toegelicht.

Een potentieel groot voordeel van het gebruik van waterstof is dat het niet afhankelijk is van één vorm van duurzame energie, zoals dat bij biobrandstoffen bijvoorbeeld wel het geval is. Elk van de potentiële duurzame energiebronnen levert problemen op zodra ze op grote schaal worden toegepast. Bij al deze vormen van klimaatneutrale energie wordt ook op dit moment nog veel onderzoek en ontwikkeling uitgevoerd om de nadelen te verminderen. Gezien de onzekerheid van deze ontwikkelingen is het dan ook moeilijk te voorspellen hoe de toekomst eruit zal zien. Bij het gebruik van het 'neutrale' waterstof kan van de op dat moment optimale combinatie van energiebronnen gebruik worden gemaakt.

4.4 Toepassing in het wegverkeer

Waterstof is licht ontvlambaar en daardoor in principe een ideale motorbrandstof. De hoge reactiviteit maakt het transport en de opslag van dit gas echter tot een probleem apart.

Waterstofgas kan niet zondermeer in een conventionele verbrandingsmotor worden toegepast. De hoge verbrandingstemperatuur en de enorme vluchtigheid van het gas maken aanpassingen aan het motorontwerp noodzakelijk. Ook wat betreft het tanken van de waterstof zijn er wat lastige punten. Het vullen van de tank moet bijvoorbeeld langzaam gebeuren vanwege de temperatuur van de tank.

De opslag in de voertuigen vergt speciale systemen. Hiervoor zijn drie mogelijkheden [Achten, 1992; Walwijk, 1996]: onder hoge druk, hydridisch (chemisch gebonden aan een metaal) of cryogeen (vloeibaar, bij –253°C). Elk van deze systemen hebben nog sterke nadelen ten opzichte van de eenvoudige opslag van fossiele brandstoffen, er wordt dan ook nog veel onderzoek gedaan om deze technieken te verbeteren. Ook de brandstofcellen zijn nog volop in ontwikkeling. De verwachting is dat de proton exchanging membrane ofwel de PEM-brandstofcel de meeste kans maakt om in wegvoertuigen te worden gebruikt.

Natuurlijk speelt de veiligheid van waterstof ('knalgas') een grote rol bij de ontwikkeling van deze systemen. De ervaringen met proefprojecten die in diverse landen met deze technologie worden uitgevoerd geven aan dat een veiligheid die vergelijkbaar is met LPG kan worden gehaald⁹.

Daarbij moet wel worden opgemerkt dat LPG de laatste tijd in Nederland erg onder vuur ligt. Vanwege de externe veiligheidsrisico's die deze gasvormige brandstof met zich meebrengt wil het ministerie van VROM LPG -tankstations uit de bebouwde kom weren.



23

Vooral bij wind- en zonne-energie kan waterstof een grote rol gaan vervullen: deze energie-voorziening levert geen constant vermogen vanwege de variatie in wind- en zonnekracht. In tijden van piekproductie kan omzetting naar waterstof een goede buffer ('accu') vormen voor de perioden met minder wind of zon.

Om de technologie verder te ontwikkelen worden er wereldwijd proefprojecten uitgevoerd, waar we in de volgende paragraaf kort op in zullen gaan.

4.5 Beleid en praktijktoepassingen

Een groot aantal onderzoeksinstellingen en bedrijven voert sinds enkele jaren op grote schaal onderzoek uit naar waterstof als brandstof en de brandstofcel. Vrijwel alle grote autofabrikanten zijn hiermee bezig, zoals General Motors/Opel, DaimlerChrysler, Ford, Toyota, Honda, Peugeot, Fiat, enz [Der Spiegel, 2001]. De investeringen in deze technologie zijn aanzienlijk, in hetzelfde artikel wordt bijvoorbeeld gemeld dat General Motors en Daimler-Chrysler elk ca. 2 miljard Euro in deze technologie investeren tot 2004. In de VS is het onderzoek hiernaar gestroomlijnd in het samenwerkingsverband 'California Fuel Cell Partnership', waarin Amerikaanse bedrijven uit de autoen energie-industrie zijn vertegenwoordigd.

Wereldwijd rijden er dan ook al testvoertuigen die worden aangedreven door waterstof in combinatie met de brandstofcel. Dit levert vooralsnog geen CO₂reductie op: de waterstof waar deze prototypes op rijden wordt niet duurzaam geproduceerd. Bovendien zijn de kosten nog erg hoog en wordt er nog gewerkt aan de oplossing van de technische problemen die ook al eerder zijn genoemd, zoals de veilige, lichtgewicht en praktische opslag van waterstof in voertuigen.

D^{10}

In Duitsland hebben een aantal jaren geleden een aantal partijen waaronder het Duitse Bundesminsterium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW), de energiebedrijven Aral, RWE en Shell, en de autofabrikanten BMW, DaimlerChrysler, en VW, de handen in één geslagen onder de noemer 'Verkehrswirtschaftliche Energiestrategie' (VES). Dit initiatief heeft als doel een strategie te ontwikkelen om één of twee alternatieve brandstoffen op de middellange termijn op grote schaal in de markt te introduceren. De achterliggende visie is tot een duurzame energievoorziening te komen, die minder milieubelastend is en Duitsland's fossiele brandstofvoorraden spaart.

Uit een groot aantal mogelijke brandstoffen en aandrijftechnologieën is de keuze gevallen om een drietal brandstoffen nader te beschouwen: aardgas, methanol en waterstof. Na nadere analyse blijft waterstof over als meest kansrijke optie voor de lange termijn, ondanks de hoge kosten van dit moment. De aandacht van de VES richt zich daarom de laatste tijd met name op waterstof/brandstofcel aandrijving voor voertuigen. Het oorspronkelijke doel van het VES was om in 2020 een nationale infrastructuur van ca. 2000 openbare waterstoftankstations te installeren. De kosten voor dit project worden echter geschat op tot 120 miljard Euro, waardoor het project slechts langzaam van de grond komt. Deze grote kosten hebben ook de Duitse overheid, met name de commissie 'Mobiliteit en Verkeer' van de Bundestag (het Duitse parlement), terug doen schikken. Deze commissie heeft daarom recentelijk de verwachting dat in 2020 brandstofcelvoertuigen met waterstof op grote schaal zullen worden ingevoerd bijgesteld naar 2050.

In Duitsland worden ook al praktijkproeven gehouden: sinds juli 2001 rijdt bijvoorbeeld een DaimlerChrysler bestelauto (type Sprinter) op brandstof-

Veel van de informatie uit deze paragraaf komt uit de diverse artikelen in Der Spiegel, die in de literatuurlijst staan genoemd, en van de internetsite van het Duitse verkeersministerie (www.bmvbw.de) er zijn betere bronnen.

cellen voor een Hamburger koeriersdienst. De eerste pompstations waar waterstof getankt kan worden zijn op het vliegveld München en in Hamburg te vinden. Dit soort testen met prototypes zullen de komende jaren worden uitgebreid: DaimlerChrysler heeft plannen om dit jaar de eerste brandstofcelbussen op de weg te laten rijden, tussen Hamburg en Stuttgart. In 2003 worden de eerste personenauto's (Mercedes A-Klasse) op brandstofcellen op de openbare weg verwacht. De komende jaren zal er ook met andere toepassingen van de brandstofcel in voertuigen ervaring opgedaan worden: er is sprake van dat BMW en Mercedes over enkele jaren brandstofcellen in hun luxe modellen zullen gebruiken voor de interne stroomvoorziening. BMW richt zich daarnaast ook op de toepassing van waterstof in verbrandingsmotoren.

Bij al deze ontwikkelingen moet de kanttekening worden geplaatst dat bij deze ontwikkelingen in elk geval de komende jaren slechts gaat om het testen en verder ontwikkelen van technologieën, en niet om energiebesparing of andere milieuwinst.

USA

In dit kader is het ook interessant om recente ontwikkelingen in de Verenigde Staten te noemen. In Januari 2002 maakte het Department of Energy (DOE) van de Amerikaanse overheid bekend om het stimuleren van onderzoek naar zuinige auto's te staken (het Partnership for a New Generation of Vehicles (PNGV) project, en in plaats daarvan een project te starten voor de ontwikkeling van personenwagens die worden voortgedreven door waterstof en brandstofcellen [Abraham, 2002]. President Bush heeft voor dit programma, FreedomCAR, jaarlijks 150 miljoen USD beschikbaar gesteld. Het is echter opgezet als een publiek-private samenwerking, waarbij ook Ford, General Motors and DaimlerChrysler betrokken zijn. Hoeveel deze bedrijven in dit lange termijn project investeren, en wat de concrete doelstellingen zullen zijn, zal de komende tijd pas duidelijk worden.

Nederland

In Amsterdam start volgend jaar een proef met drie bussen op waterstof en een tankstation, waar Novem ook bij betrokken is. Deze proef wordt in het kader van een EU project uitgevoerd, waar 10 Europese steden aan meedoen.

ΕU

In recente publicaties van de Europese Commissie [EC 1 t/m 3, 2001] wordt waterstof genoemd als potentiële brandstof voor de langere termijn. Er wordt echter niet verwacht dat al voor 2015 een marktaandeel van meer dan enkele procenten kan worden bereikt. Er is dan ook nog veel technologische ontwikkeling nodig voordat het een werkbare en betaalbare route wordt. Er is op dit moment nog geen generiek beleid om waterstof te stimuleren, op de financiële ondersteuning van onderzoeksprojecten na.

5 Duurzame elektriciteit

5.1 Inleiding

Ondanks dat al vóór 1900, in het begin van de geschiedenis van de auto, elektrische auto's werden geproduceerd, worden de huidige voertuigen vrijwel allemaal met een verbrandingsmotor aangedreven. De oorzaken van deze ontwikkelingen liggen bij de lagere kosten, het hogere gebruiksgemak en de superieure prestaties van de verbrandingsmotor. De nadelen van deze technologie, zoals de luchtvervuilende emissies die tijdens het rijden worden uitgestoten en de hogere geluidsniveaus wegen daar kennelijk niet tegen op.

Desondanks willen we de elektrische auto hier niet over het hoofd zien: elektrische auto's bieden aantrekkelijke kansen voor duurzame mobiliteit omdat zij kunnen worden opgeladen met duurzaam opgewerkte elektriciteit. Daarmee wordt de productie van biobrandstoffen van hoge kwaliteit of van waterstof overbodig. De energievoorziening is flexibel omdat elektrische voertuigen op een breed scala van duurzame energie kunnen rijden, variërend van wind- of zonne-energie tot biomassa die in elektriciteitscentrales wordt verbrand. Daarnaast biedt elektriciteitsopwekking uit fossiele brandstoffen, waarbij de vrijkomende CO₂ wordt afgevangen en opgeslagen, ook mogelijkheden voor klimaatneutrale aandrijving van voertuigen (d.w.z. aandrijving waarbij geen CO₂ naar de atmosfeer wordt uitgestoten).

Net als bij de vorige optie, de waterstof, hebben we bij een eventuele transitie naar een duurzame, elektrische aandrijving van voertuigen te maken met een drietal veranderingen:

- de consumenten moeten overstappen op elektrische voertuigen;
- er moeten laadvoorzieningen komen waar de voertuigen worden opgeladen;
- de benodigde elektriciteit moet duurzaam worden opgewekt.

5.2 Technische aspecten

Het principe van elektrische auto's is het volgende: elektriciteit wordt opgewekt in een elektriciteitscentrale, hiermee worden de accu's aan boord van de auto's opgeladen. Vervolgens worden de auto's aangedreven door een elektromotor. Welke energiebron voor de opwekking van de elektriciteit wordt gebruikt is voor de aandrijving irrelevant. De elektriciteit kan in kolen-, gas- of kerncentrales worden opgewekt, maar ook door windmolens, zonnecellen of met biomassa. Daarnaast kunnen ook fossiele brandstof gebruikt worden in combinatie met CO₂-afvang en opslag (zie bijlage B).

Elektrische auto's bestaan al meer dan een eeuw, een doorbraak is echter uitgebleven. Zonder op de technische details in te gaan kunnen we hiervoor de volgende oorzaken aangeven [Smokers, 1997 en CE, 2000].

- de kosten zijn aanzienlijk hoger dan die van conventionele auto's van vergelijkbare grootte, met name de kosten van de aanschaf en van de accu's, die regelmatig moeten worden vervangen;
- de actieradius van elektrische auto's is veel kleiner dan van auto's met verbrandingsmotor. Een typische actieradius van een elektrische auto is ca. 60-150 km, afhankelijk van het type accu, de snelheid, etc;

- het opladen van de accu's kan enkele uren duren, in tegenstelling tot de paar minuten die nodig zijn voor het tanken van een volle tank conventionele brandstoffen. Een evt. oplossing hiervoor is het uitwisselen van accu's bij een tankstation;
- rijeigenschappen zoals topsnelheid, acceleratie, beschikbare kofferruimte e.d. zijn bij elektrische auto's in het algemeen minder dan bij conventionele voertuigen;
- vanwege de beperkingen van de accu's is het aanbod van elektrische auto's beperkt tot kleine, lichte auto's en bestelauto's. [EC 2, 2001].

Uit deze lijst blijkt dat de accu's, ofwel de energieopslag, de grootste knelpunten voor elektrische auto's opleveren. Er is de afgelopen decennia dan ook veel onderzoek gedaan naar accu's met betere laadeigenschappen, hogere energiedichtheden en vermogens. Hierbij wordt ook rekening gehouden met de milieubelasting [CE, 2000]. Zo bevatten zijn de nieuwere accu's, zoals de Nikkelmetaalhydride (NiMH) of Lithium accu's aanzienlijk minder zware metalen en andere belastende stoffen dan NiCd en loodzuur accu's. Een echte doorbraak heeft dit onderzoek echter nog niet opgeleverd.

Ondanks de bovengenoemde nadelen hebben elektrische auto's zeker ook voordelen, zoals:

- de auto's rijden emissieloos;
- zijn energiezuinig en
- hebben een laag geluidsniveau, voornamelijk in het stadsverkeer.

Vanwege het eerste aspect worden elektrische auto's vooral in steden als schoon alternatief gezien.

Met name de eerste twee voordelen moeten wel wat worden genuanceerd [Smokers, 1997], [IEA, 1999]. Zo ontstaan er natuurlijk wel emissies bij de elektriciteitsproductie, zowel van CO₂ als ook van luchtvervuilende emissies. De emissievoordelen die worden gehaald met elektrische auto's hangen dan ook sterk af van de manier waarop de elektriciteit wordt opgewekt. Als de elektriciteit bijvoorbeeld voornamelijk in kolencentrales wordt opgewekt, is de CO₂-uitstoot in de gehele keten van 'well to wheel' waarschijnlijk hoger dan van vergelijkbare benzine- of dieselvoertuigen [IEA/AFIS, deel 4]. Ook de SO₂- en PM₁₀-emissies nemen dan toe, terwijl CO- en HC-emissies af nemen. Deze emissies vinden echter bij de elektriciteitscentrales plaats, waar ze minder nadelige effecten op de gezondheid hebben dan in stedelijk gebied.

Voor een grootschalige overstap naar elektrisch vervoer zijn niet alleen nieuwe voertuigen nodig, maar moet ook een infrastructuur worden aangelegd die het opladen mogelijk maakt. In principe kan een auto gewoon aan een stopcontact worden aangesloten, en bijvoorbeeld 's nachts (tegen goedkoop tarief) worden opgeladen. Bij proefprojecten bij bijv. gemeentelijke wagenparken kan men volstaan met slechts enkele oplaadvoorzieningen. Bij grootschaliger gebruik zal echter een betere infrastructuur moeten worden aangelegd. De kosten van deze infrastructuur zullen echter aanzienlijk lager zijn dan van infrastructuur voor waterstof.

De laatste decennia hebben grote vooruitgang laten zien bij de ontwikkeling van accu's die de bovenstaande nadelen moeten verminderen, de prestaties lopen echter nog steeds sterk achter bij conventionele verbrandingsmotoren. Er is dan ook een technische doorbraak nodig op accugebied om elektrische auto's dezelfde prestaties te geven als auto's met verbrandingsmotoren, tegen vergelijkbare kosten.



Daarnaast moet wellicht ook een andere mogelijkheid voor elektrisch wegvervoer worden genoemd, die echter nog in de conceptfase is: elektriciteitsvoorziening in of bij de weg zelf. Het idee is dat de voertuigen in de toekomst aan een centraal elektriciteitssysteem kunnen 'aanhaken', dat bijvoorbeeld in het wegdek of in de vangrail verwerkt is, of als een bovenleiding wordt uitgevoerd zoals bij elektrische treinen, trams, metro's en trolleybussen.

5.3 Beleid en praktijktoepassingen

Omdat elektrische auto's emissieloos rijden wordt elektrisch vervoer door verschillende nationale en lokale overheden gestimuleerd. Ook de Europese Unie financiert een aantal projecten in Europese steden, waaronder ook de introductie van elektrische tweewielers. Vooral voor landen en steden die te kampen hebben met veel luchtvervuiling is elektrisch vervoer aantrekkelijk.

In Nederland zijn elektrische auto's vrijgesteld van aanschafbelasting (BPM) en motorrijtuigenbelasting (MRB). Deze regelingen zijn vooral ingesteld vanwege de gunstige eigenschappen van deze voertuigen voor het milieu: de auto's rijden emissieloos en stil, wat met name voordelen oplevert voor stedelijk gebied. De regeling voor vrijstelling van BPM, die per 1 juli 2002 zou aflopen, is onlangs verlengd tot 1 juli 2004 om een positief signaal naar de industrie af te geven om deze weg te blijven volgen [Tweede Kamer, vergaderjaar 2000-2001, 27 829, nr. 1], [Staatsblad 2001, 642].

Ondanks deze fiscale stimulering is het aantal elektrische voertuigen op dit moment nog beperkt tot enkele tientallen personenauto's en busjes.

Januari 2002 is in Utrecht een nieuwe taxionderneming, Greencab, gestart. Greencab richt zich op het aanbieden van taxivervoer in elektrische auto's waarbij slechts gebruik wordt gemaakt van duurzame elektriciteit. Greencab heeft sinds kort vijf taxi's (elektrische Renault Kangoo's) in bedrijf. Dit initiatief wordt gesteund door onder meer Stichting Natuur en Milieu, Stichtse Milieufederatie en Novem. De verwachting is dat deze vorm van taxivervoer zonder subsidies concurrerend kan zijn met conventionele taxi's, o.a. vanwege de lage kosten van de 'getankte' elektriciteit. Deze manier van duurzaam taxivervoer is een Europese primeur.

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Duurzame brandstoffen voor het wegverkeer

Er zijn zowel op korte als ook op de lange termijn verschillende mogelijkheden om duurzame energiebronnen in te zetten in het wegverkeer. We hebben in deze verkennende studie een drietal mogelijkheden hiervoor nader belicht, namelijk

- biobrandstoffen:
- met duurzame energie geproduceerde waterstof;
- duurzaam opgewekte elektriciteit, in combinatie met elektrische auto's.

De biobrandstoffen worden geproduceerd uit biomassa (organische afvalstromen of energieteelt). De duurzame energie die nodig is voor de laatste twee opties kan worden geproduceerd uit willekeurige klimaatneutrale energiebronnen zoals biomassa, wind- en zonne-energie, waterkracht, maar ook uit fossiele brandstoffen waarbij de CO₂ die bij verbranding in een elektriciteitscentrale vrijkomt wordt afgevangen en opgeslagen.

Het is op dit moment nog niet duidelijk welke optie op de lange termijn conventionele brandstoffen op grote schaal kan vervangen. Ze hebben alle drie voor- en nadelen, en de mate waarin de nadelen door verdere technologische ontwikkeling kunnen worden opgeheven zullen sterk bepalend zijn voor de toekomst. In Tabel 6 geven we een beknopt overzicht van de belangrijkste aspecten van deze duurzame brandstoffen: onze inschatting van de termijn waarop deze opties op de markt zouden kunnen worden geïntroduceerd, van de grondstoffen waar gebruik van kan worden gemaakt, van de voordelen en van de belangrijkste knelpunten die moeten worden overwonnen.

Op de *korte termijn* bieden biobrandstoffen en duurzaam elektrisch vervoer kansen. Zonder sterk geïntensiveerd beleid verwachten we echter niet dat deze opties voor ca. 2010 meer dan een paar procent van de fossiele brandstoffen zullen vervangen.

Op de *lange termijn* zouden in principe alle hier beschouwde opties de huidige brandstoffen kunnen vervangen. Of dat inderdaad gebeurt, en welke dat dan zal zijn, hangt vooral af van de **kosten** van de diverse opties (benodigde investeringen in tankinfrastructuur, brandstofkosten, aanschaf- en onderhoudskosten van de voertuigen), de **beschikbaarheid** (bijvoorbeeld van biomassa of duurzame energiebronnen) en van het **gebruiksgemak** (zoals actieradius, vermogen, tankgemak, topsnelheid). Consumenten zullen waarschijnlijk geen auto's accepteren die duidelijk minder presteren dan conventionele voertuigen¹¹.

Deze punten worden allen sterk bepaald door toekomstige technologische ontwikkelingen en beleidsmatige randvoorwaarden.

Bij het denken over toekomstige, duurzame brandstoffen moeten we niet vergeten dat het ook goed mogelijk is dat verschillende duurzame brandstoffen naast elkaar gaan bestaan, zoals er nu ook een markt is voor benzine, diesel en LPG. Het is bijvoorbeeld denkbaar dat voertuigen die voorna-

Deze situatie kan natuurlijk wel wijzigen als de noodzaak voor CO₂-reductie dermate groot wordt er bij consumenten de bereidheid bestaat om hiervoor comfort in te leveren.



melijk korte ritten rijden door duurzame elektriciteit worden aangedreven, terwijl auto's voor lange afstanden en vrachtwagens met verbrandingsmotoren op biobrandstof rijden, en bussen en scooters met brandstofcellen op waterstof worden uitgerust.

Tabel 6 Overzicht van de drie beschouwde opties voor duurzaam wegvervoer: de termijn waarop de brandstof op de markt zou kunnen worden geïntroduceerd (evt. m.b.v. overheidsstimulering), de potentiële energiebron, de belangrijkste voordelen en knelpunten

	Biobrandstoffen	Duurzame waterstof, i.c.m.	Duurzame elektriciteit, i.c.m.
		brandstofcellen	elektrische auto's
Introductie op	korte termijn	lange termijn	korte tot middellange termijn
de markt ^a	D:		
Grondstof	Biomassa:	– biomassa	– biomassa
	 organisch afval, reststro- 	windenergie	windenergie
	men van de voedselpro-	waterenergie	waterenergie
	ductie	zonne-energie	zonne-energie
	 Energieteelt (div. soorten 	 fossiele brandstoffen met 	 fossiele brandstoffen met
	hout, koolzaad, suikerriet,	CO ₂ -opslag	CO ₂ -opslag
)		
Voordelen	 Kan worden ingevoerd 	 Flexibel t.a.v. energiebron 	 Flexibel t.a.v. energiebron
	met bestaande tankinfra-	 Voertuigen emitteren alleen 	 Elektrische auto's rijden
	structuur en motortech-	water en zijn stil	emissieloos en stil
	niek.	 Overgang kan worden gefa- 	 Hoge rendementen
	 Kan gebruik maken van 	ciliteerd door waterstof eerst	
	diverse grondstoffen en	uit fossiele brandstoffen te	
	procestechnologieën	produceren	
	 Overgang kan geleidelijk 	 Biedt goede mogelijkheden 	
	plaatsvinden via bijmen-	voor alle vormen van weg-	
	ging met conventionele	verkeer	
	brandstoffen	 Brandstofcellen hebben een 	
	 Kan in alle vormen van 	hoog rendement	
	verkeer worden toegepast	_	
Knelpunten	 Kosten zijn vaak hoog 	 Vereist hoge investeringen in 	 Vereist overstap naar elektri-
	 Milieuwinst sterk afhanke- 	waterstofinfrastructuur	sche auto's
	lijk van het soort bio-	 Veilige, lichtgewicht opslag- 	 Elektrische auto's (incl.
	brandstof	mogelijkheden ontbreken	accu's) zijn duur
	 Veel ruimte nodig voor 	nog	 De prestaties van elektrische
	biomassateelt	Brandstofcellen zijn duur en	auto's zijn minder dan van
	 Mogelijk nadelige gevol- 	nog in ontwikkeling	conventionele auto's
	gen van grootschalige bi-	Hoeveelheid duurzame	Hoeveelheid duurzame
	omassateelt	energie nog onvoldoende	elektriciteit nog onvoldoende
	 Biomassa kan energetisch 	Perceptie van onveiligheid,	Toepassing lijkt beperkt tot
	gunstiger en goedkoper	explosiegevaar waarschijnlijk	personenauto's, bestelwa-
	worden ingezet in vaste	vergelijkbaar of minder dan	gens en scooters
	elektriciteitsvoorziening	bij LPG	-

^a Korte termijn: komende 5-10 jaar; middellange termijn: 10-30 jaar; lange termijn: meer dan 30 jaar

6.2 Potentiële CO₂-reductie

In theorie kan met alle hier besproken routes de CO₂-uitstoot van mobiliteit tot nul worden gereduceerd. In de praktijk is het echter nog lang niet zo ver en is het nog de vraag of het ooit zover zal komen. Op de *korte termijn* biedt eigenlijk alleen de optie 'duurzaam elektrisch vervoer' de mogelijkheid tot vrijwel CO₂-vrij vervoer. Het Utrechtse taxibedrijf Greencab laat zien dat dit voor enkele (niche)markten waarschijnlijk zelfs nu al economische rendabel



is¹². Dit laatste wordt ook gestimuleerd door de huidige fiscale regelgeving: groene stroom is vrij van REB (regulerende energiebelasting), terwijl taxi's die op diesel rijden ca. 0,34 Euroct/liter aan accijns betalen. Bij de andere twee opties zal het waarschijnlijk nog enkele decennia duren voordat CO2vrij wegvervoer in de praktijk zal worden bereikt. De teelt van biobrandstoffen, het transport van grondstoffen of eindproduct, en de conversie van grondstof tot brandstof kosten allemaal energie die in de huidige situatie niet klimaatneutraal is opgewekt. Studies laten bijvoorbeeld zien dat bij het gebruik van biodiesel in plaats van conventionele diesel, over de gehele keten beschouwd de CO₂-reductie ca. 50% van de CO₂ is. Bovendien komt er N₂O bij de teelt vrij, ook een broeikasgas, en nemen de emissies van luchtvervuilende stoffen toe. De kosten per vermeden ton CO2 komen bij deze brandstof uit op meer dan 100 Euro/ton CO₂, waarmee het een dure optie is om CO₂ te reduceren. Andere biobrandstoffen zoals HTU en diverse brandstoffen die door vergassing worden verkregen, laten betere rendementen zien.

Hierdoor komt de vraag op of er wellicht meer CO2-reductie kan worden bereikt indien de duurzame energie niet voor het wegverkeer wordt gebruikt, maar bijvoorbeeld voor de elektriciteitsvoorziening wordt ingezet. Bij elke (conversie)stap hebben we te maken met energieverlies, waardoor bij sommige routes een relatief laag rendement wordt bereikt. Een laag rendement betekent uit oogpunt van CO2-reductie en kosten-effectiviteit in het algemeen dat de grondstof beter ergens anders kan worden ingezet: biomassa kan dan wellicht beter in een elektriciteitscentrale worden verbrand, waarmee een grotere reductie van de CO2-uitstoot kan worden behaald; duurzame stroom kan dan beter aan het elektriciteitsnet worden geleverd dan dat er waterstof mee wordt geproduceerd voor het wegverkeer. Ondanks dat er goede redenen kunnen zijn om er toch in te investeren, moet deze overweging van kosten-effectiviteit in het klimaatbeleid worden meegenomen. In paragraaf 6.4 gaan we wat dieper in op deze afweging.

In Tabel 7 geven we een overzicht van de knelpunten van de verschillende opties die ervoor zorgen dat de CO_2 -uitstoot in de praktijk niet tot nul wordt teruggebracht. In de laatste kolom geven we ook aan op welke manier de CO_2 -uitstoot verder kan worden gereduceerd.

In deze studie beperken we ons tot het wegverkeer, in dit kader is het echter ook interessant om naar de mogelijkheden van railvervoer te kijken, waar duurzame elektriciteit ('groene stroom') eenvoudig is toe te passen. De NS gebruikt ook al enkele jaren 5% groene

stroom voor de treinaandrijving, in het kader van een MJA met de overheid.



33

Tabel 7 Belangrijkste oorzaken van CO₂-uitstoot of lage rendementen bij de diverse opties, en welke oplossingen hiervoor mogelijk zijn

	Biobrandstoffen	Duurzame waterstof, i.c.m. brandstofcellen	Duurzame elektriciteit, i.c.m. elektrische auto's
Potentiële oorza- ken van CO ₂ - uitstoot of lage rendementen	 Energiegebruik tijdens teelt Transport van grondstoffen en brandstoffen (m.b.v. fossiele brandstoffen) Conversie vergt energie Motorredementen 	 Beperkt rendement waterstofproductie Energiegebruik bij opslag van waterstof, bijv. voor koeling van het gas Waterstofverliezen uit tanks Verliezen in de brandstofcel Indien waterstof wordt geproduceerd uit fossiele brandstoffen met CO₂-opslag: Op lange termijn lekkage van de opslag, energiegebruik bij afvang van CO₂ uit het verbrandingsproces, en bij ondergrondse injectie van het CO₂. 	 Rendementsverliezen tijdens transport van de elektriciteit Hoog energieverbruik van de voertuigen vanwege zware accu's Indien elektriciteit wordt geproduceerd uit fossiele brandstoffen met CO₂-opslag: zie bij waterstof
Mogelijkheden om de CO ₂ -uitstoot te reduceren, c.q. het rendement te verhogen	 Conversietechnieken met hoge rendementen toepassen, bijv. biologische conversie i.p.v. thermisch Transportafstanden en energiegebruik minimaliseren Transport op klimaatneutrale brandstoffen Milieueffecten van teelt verminderen d.m.v. duurzame landbouwtechnieken Verbeteren van motorrendementen 	 Productie via technieken met hoog rendement Opslagmogelijkheden ontwikkelen met laag energiegebruik en lage verliezen Efficiënte brandstofcel Indien waterstof wordt geproduceerd uit fossiele brandstoffen met CO₂-opslag: Onderzoek naar veilige en betrouwbare opslagmogelijkheden; Gebruik van efficiënte (energiezuinige) CO₂-afvangtechnologiën 	 Gebruik van accu's met hoge energiedichtheid Afstanden tussen elek- triciteitsproductie en oplaadinstallatie mini- maliseren Hogere rendementen elektriciteitcentrales Indien elektriciteit wordt geproduceerd uit fossiele brandstoffen met CO₂- opslag: zie bij waterstof

6.3 Europese beleidsontwikkelingen

Beleidsmatig gaat de aandacht binnen de EU voor de komende 5-7 jaar vooral uit naar het stimuleren van biobrandstoffen. Tot nog toe is dit beleid erg versnipperd geweest: in een aantal Europese landen, met name Frankrijk en Duitsland, hebben accijnsverlagingen voor een duidelijke (maar beperkte) marktpenetratie van biodiesel gezorgd. In andere landen, waaronder Nederland, was dit echter van de Europese regelgeving niet toegestaan, en konden slechts proefprojecten worden gesteund.

De Europese Commissie heeft echter plannen om alternatieve brandstoffen de komende jaren sterk te stimuleren. Een recent geformuleerde doelstelling geeft aan dat in 2020, het aandeel alternatieve brandstoffen minimaal 20% moet zijn, en er is een actieplan ontwikkeld om dit te bereiken [EC2, 2001]. Als eerste stap hierin heeft de Commissie in november 2001 twee voorstellen gedaan: toestaan van een accijnsverlaging op biobrandstoffen, en verplichten van een bepaald percentage biobrandstoffen op de totale hoeveel-



heid verkochte brandstoffen (2% in 2005, oplopend naar 5,75% in 2010). Deze voorstellen worden op dit moment door diverse commissies van het Europees Parlement besproken, gezien de discussies die dit voorstel oproept verwachten we nog wel wijzigingen voordat het uiteindelijk tot een beslissing komt.

Een verplicht aandeel biobrandstoffen zou o.a. voor Nederland grote consequenties hebben. Op dit moment is de hoeveelheid verkochte biobrandstoffen nog nihil, er moet dus gericht beleid worden ingezet om deze het gebruik van deze brandstoffen te stimuleren. Maar Nederland staat hierin niet alleen: de meeste lidstaten hebben met dezelfde situatie te maken, en ook in de landen met accijnsverlaging is het aandeel biobrandstoffen nog minder dan 1%.

De andere alternatieve brandstoffen, en de technologieën en energiebronnen die daarvoor nodig zijn worden ook financieel gesteund door nationale en Europese overheden. Dit heeft geleid tot diverse proefprojecten die worden uitgevoerd om bijvoorbeeld waterstof, brandstofcellen, elektrische autos, duurzame energie en ondergrondse CO₂-opslag verder te ontwikkelen. Duitsland lijkt voorop te lopen bij de ontwikkeling van waterstof als nieuwe brandstof. Ook de Nederlandse overheid steunt diverse projecten op het gebied van duurzaam vervoer, vooral waar het gaat om biobrandstoffen, elektrische auto's en waterstof.

Opmerkelijke kanttekening bij de Europese ontwikkelingen is dat de achtergrond van het stimuleringsbeleid voor biobrandstoffen vooral te maken heeft met de wens om minder afhankelijk te worden van de import van aardolie, en met de stimulering van de landbouw. Milieuoverwegingen spelen slechts in beperkte mate een rol. Het voorstel van de Commissie om accijns op biobrandstoffen te verlagen staat de lidstaten wel toe dat de verlaging wordt gedifferentieerd naar milieueffecten. Gezien de verschillen in milieuwinst die de diverse biobrandstoffen met zich meebrengen lijkt het verstandig om hier ook gebruik van te maken.

Op de middellange termijn, naar verwachting vanaf ca. 2010, is het te verwachten dat CO₂-emissiehandel een rol kan gaan spelen in het verkeersbeleid. Ondanks dat het nog niet duidelijk is hoe een dergelijk handelssysteem eruit zal zien, en hoe de sector verkeer en vervoer hierin wordt meegenomen, is er globaal al wel iets over te zeggen. Een uitgebreide beschouwing is te vinden in [Dings, 2002 en Kågeson, 2001]. In grote lijnen zal emissieervoor zorgen dat de meest kosten-effectieve reductiemaatregelen worden genomen om aan een bepaalde reductiedoelstelling te voldoen. Afhankelijk van de afspraken die hierover worden gemaakt kan dit gelden voor elk land afzonderlijk, binnen de EU of wereldwijd. Gezien de hoge kosten van CO2-reductie die duurzame brandstoffen voor het wegverkeer met zich meebrengen, is de verwachting dat emissiehandel in elk geval de eerste jaren vooral zal leiden tot de inzet van (goedkopere) maatregelen in andere sectoren. Zo zal biomassa dan vermoedelijk worden ingezet in de elektriciteitsproductie, de energie-intensieve en dure conversie naar biobrandstof is dan niet rendabel. Verkeer en vervoer zal daar dan wel aan meebetalen, in de vorm van CO₂-emissierechten. De verwachting is dat er hiermee pas een overstap naar andere brandstoffen plaats zal vinden als de goedkopere maatregelen in andere sectoren en evt. landen zijn genomen, en de CO₂-reductiedoelstelling nog verder is aangescherpt.

6.4 Mogelijkheden voor Nederlands beleid

De situatie in Nederland laat zien dat bij het huidige beleid duurzame brandstoffen de conventionele brandstoffen niet of nauwelijks kunnen vervangen. Tenzij er de komende jaren gericht beleid wordt ingezet, verwachten we niet, dat hier de komende 5-10 jaar verandering in zal komen, om de volgende redenen:

- alle opties zijn op dit moment duurder dan de huidige voertuigen en brandstoffen, en er zijn geen aanwijzingen dat dit de komende jaren gaat veranderen;
- het is vaak voordeliger om klimaatneutrale energiebronnen in andere sectoren in te zetten dan in verkeer en vervoer, uit oogpunt van zowel kosten als ook CO₂-reductie;
- de beschikbare hoeveelheid duurzame, klimaatneutrale energie (biomassa of klimaatneutraal opgewerkte elektriciteit) is ook de komende jaren nog beperkt;
- uitbreiding van de productiecapaciteit van biobrandstof of waterstof zal enkele jaren vergen;
- de technologie is nog niet voldoende ontwikkeld. Het is bijvoorbeeld technisch nog niet mogelijk om waterstof in voldoende hoeveelheden en zonder te veel extra gewicht in het voertuig op te slaan. De verwachting is dat dit probleem de komende 10-20 jaren nog niet op een economisch aantrekkelijke manier zal zijn opgelost;
- de prestaties van elektrische auto's zijn voor de meeste mensen nog niet acceptabel;
- een eventuele grootschalige overstap naar een andere aandrijftechniek, noodzakelijk bij een overstap op waterstof of duurzaam elektriciteit, vergt aanzienlijke tijd en kosten: de productiecapaciteit van deze aandrijvingen moet worden opgebouwd, bestaande motorfabrieken moeten versneld worden afgeschreven en er rijden geruime tijd twee soorten voertuigen op de weg die moeten tanken. Gezien de levensduur van moderne auto's duurt de volledige vervanging van een wagenpark sowieso zeker 15-20 jaar.

Met gericht beleid is het in principe mogelijk om al deze knelpunten te adresseren, al maakt deze lijst wel duidelijk dat een grootschalige transitie naar duurzame mobiliteit niet binnen 30-40 jaar te verwachten is. De recente voorstellen van de Europese Commissie m.b.t. biobrandstoffen zijn een voorbeeld van beleid dat erop gericht is knelpunten weg te nemen: accijnsverlaging van biobrandstoffen is erop gericht om de hogere kosten te compenseren en de biobrandstoffen te laten concurreren met fossiele brandstoffen, een verplicht minimum aandeel biobrandstoffen zal o.a. een stimulans zijn voor het aanbod van de grondstoffen, voor het vergroten van de productiefaciliteiten en voor het openen van de markt voor de nieuwe brandstoffen.

Ook de Nederlandse overheid heeft mogelijkheden om, binnen het kader van de Europese regelgeving, duurzame brandstoffen te stimuleren. Gedeeltelijk gebeurt dit natuurlijk al, bijvoorbeeld met de vrijstelling van MRB en BPM voor elektrische voertuigen, met subsidieprogramma's voor alternatieve brandstoffen en voertuigen, accijnsvrijstelling voor enkele proefprojecten met biobrandstoffen en REB vrijstelling voor duurzame elektriciteit.

Nederland heeft daarbij de beschikking over drie verschillende soorten beleidsinstrumenten: financiële instrumenten, wet- en regelgeving en voorlichting. Financiële instrumenten zijn bijvoorbeeld accijnsreducties, differentiatie van MRB, BPM en een eventuele kilometerheffing, investeringen in tankin-



frastructuur, subsidies voor onderzoek en proefprojecten, enzovoorts. Regelgeving is op dit gebied tot nu toe nog niet toegepast maar kan ook effectief zijn als we bijvoorbeeld denken aan het (gedeeltelijk) afsluiten van binnensteden voor voertuigen die luchtvervuilende emissies uitstoten. Voorlichting kan een rol spelen als het is gericht op gedragsverandering van consumenten, bijvoorbeeld m.b.t. de aankoop van een voertuig of brandstof.

De overheid moet zich daarbij wel altijd de vraag stellen of beleidsmaatregelen op dit gebied wel wenselijk zijn, uit oogpunt van optimale besteding van financiële middelen en kosten-effectiviteit. Wellicht dat de doelstelling voor CO₂-reductie goedkoper en sneller in andere sectoren kan worden bereikt [Kågeson, 2001], of door andere mogelijkheden voor energiebesparing in verkeer te zoeken.

Daarnaast lijkt het voor een klein land als Nederland verstandig om internationaal aansluiting te zoeken bij ontwikkelingen in andere landen of in de EU zelf. De mogelijkheden om met Nederlands beleid de ontwikkelingen daadwerkelijk te sturen zijn nou eenmaal beperkt. Ter illustratie: bij alle beschouwde duurzame opties moeten de voertuigen of motoren worden aangepast, en zijn we afhankelijk van de auto-industrie die deze aanpassingen moet aanbieden. Deze bedrijven zullen slechts veranderingen doorvoeren als de potentiële markt groot genoeg is, en er kansen voor commercieel succes zijn. De Nederlandse markt is hiervoor te klein, zodat er een brede, internationale steun noodzakelijk is om iets voor elkaar te krijgen.

6.5 Aanbevelingen

Als de Europese Unie inderdaad tot een verplichting van een minimum aandeel biobrandstoffen overgaat zal Nederland gericht beleid moeten inzetten om dit aandeel te halen. Er is in het voorstel sprake van een aandeel van 2% in 2005, dat ofwel door bijmenging kan worden gehaald ofwel door bepaalde wagenparken op pure biobrandstof te laten rijden. Om aan een dergelijke verplichting te kunnen voldoen, en daarnaast op economisch en milieukundig gebied het maximale uit deze richtlijnen te halen, moeten op zeer korte termijn de volgende punten worden onderzocht¹³:

- welke mogelijkheden zijn er om de accijnzen op (bijgemengde) biobrandstoffen zodanig vorm te geven dat de doelstelling binnen de gestelde termijn kan worden bereikt? Wat zijn de kosten van de diverse opties, wie zijn de actoren en wat is de milieuwinst?
- welke mogelijkheden zijn er om specifieke wagenparken op pure biobrandstof te laten rijden, en tegen welke kosten?
- is er naast een accijnsreductie ook een financiële overheidsbijdrage nodig om voertuigen aan te passen aan de nieuwe brandstoffen? Om welk bedrag zou dit gaan?
- kan het beleid zodanig worden vormgegeven dat eventuele kosten voor de overheid binnen een redelijke termijn kunnen worden gereduceerd?
- uit welke landen zullen naar verwachting de biobrandstoffen of de grondstoffen worden geïmporteerd, en welk aandeel kan uit Nederlandse grondstoffen worden geproduceerd?
- hoe kunnen eventuele negatieve milieueffecten worden gereduceerd?
- kunnen er eisen aan geïmporteerde biobrandstoffen worden gesteld, bijv. op het gebied van milieuvriendelijke teelt, behoud van biodiversiteit, etc.?

De resultaten van de GAVE studies kunnen hier input voor leveren.



_

welke gevolgen hebben deze ontwikkelingen voor de Nederlandse landbouw en industrie en de technologische ontwikkeling in Nederland? Liggen er kansen om hier optimaal van te profiteren? Zijn er kansen voor de Nederlandse industrie of landbouw om in deze ontwikkelingen een voortrekkersrol te vervullen?

Er is uiteindelijk ook een aantal politieke afwegingen nodig om de precieze uitvoering van deze nieuwe richtlijnen vorm te geven. Enkele voorbeelden: wil men met de accijnsdifferentiatie ook zoveel mogelijk CO₂-reductie bereiken of speelt dat nu geen rol? Wil Nederland alleen biomassa uit de Europese Unie uit oogpunt van zelfvoorziening (evt. inclusief de landen die wellicht binnenkort zullen toetreden), ook als dat duurder is dan wereldwijde import?

Naast deze concrete stappen die een directe reactie zijn op de ontwikkelingen in de Europese Unie, is er ook een noodzaak om tot een heldere visie te komen op het traject dat op de lange termijn moet leiden naar een duurzame samenleving. Dit is dan ook een doel van het Transitieproces dat in het Nationale Milieubeleidsplan 4 [NMP4, 2001] wordt aangekondigd en ondertussen van start is gegaan. In dit kader wordt ook gewerkt aan een transitie naar Duurzame Mobiliteit. Uit deze verkenning komen de volgende aandachtspunten naar voren die voor dit proces belangrijk zijn:

- zonder gericht beleid zullen fossiele brandstoffen nog lang de markt domineren, en de transitie naar duurzame brandstoffen tegenhouden;
- beleid dat duurzaam vervoer wil stimuleren moet zodanig worden vormgeven dat goed kan worden ingespeeld op toekomstige ontwikkelingen.
 Zo lijkt het op dit moment nog niet verstandig om teveel op één optie in
 te zetten, zolang nog niet duidelijk is welke vorm van duurzaam vervoer
 uiteindelijk zal doorbreken;
- beleid moet ervoor zorgen dat de markt wordt gestimuleerd om met innovatieve oplossingen te komen. Dit kan met gerichte subsidieprogramma's, maar ook met meer generiek beleid dat zo veel mogelijk stuurt op emissiereducties en niet op de specifieke techniek die wordt toegepast. Een voorbeeld van generiek beleid zijn de fiscale voordelen voor klimaatneutrale energie ('groene stroom'), die niet voorschrijven welke techniek wordt gebruikt;
- bij het inzetten van financiële beleidsinstrumenten zoals accijnsverlagingen en subsidies, die de overheid geld kosten, moet ook naar de lange termijn worden gekeken: kunnen de kosten voor de overheid in de loop der jaren worden verminderd?
- beleid moet integraal worden vormgegeven, en moet op de gehele keten van primaire energiebron tot voertuig worden gericht. Een voorbeeld: het heeft geen zin om biobrandstoffen te stimuleren met een accijnsreductie als het landbouwbeleid een toename van de teelt van de noodzakelijke grondstoffen belemmert. Dit betekent ook dat er naar mogelijke nadelige effecten in de gehele keten moet worden gekeken. Zo zijn de risico's van grootschalige biomassateelt niet de minste: aantasting van de biodiversiteit of concurrentie met de voedselvoorziening;
- Nederland heeft als klein land slechts beperkte mogelijkheden om invloed uit te oefenen op de ontwikkelingen. Het is daarom belangrijk om
 internationale ontwikkelingen kritisch te blijven volgen, waar mogelijk en
 wenselijk te proberen aan te haken bij de ontwikkelingen in de EU en in
 de grotere lidstaten, en in dat kader initiatieven te ontplooien;
- uit oogpunt van stimulering van bepaalde lange-termijn-ontwikkelingen is soms goed te verantwoorden om voor relatief dure beleidsmaatregelen te kiezen met maar weinig effect op de korte termijn. Er moet dan echter wel uitzicht zijn op een verbetering van de maatschappelijke kosteneffectiviteit op de langere termijn, anders kan het geld beter aan andere maatregelen worden besteed.



Bij het denken over transities naar duurzame mobiliteit moet niet alleen binnen de sector verkeer en vervoer worden gekeken, maar is ook een afweging ten opzichte van andere sectoren op zijn plaats. Zo is het niet ondenkbaar dat de gewenste CO₂-reductie tegen de laagste maatschappelijke kosten kan worden bereikt als het wegverkeer de komende decennia nog voornamelijk op fossiele brandstoffen blijft rijden terwijl de benodigde CO₂-reducties in andere sectoren worden behaald. Uit oogpunt van klimaatbeleid is het daarom onverstandig om slechts naar afzonderlijke sectoren te kijken, maar moet ook in de breedte worden gezocht naar een efficiënte en kosteneffectieve inzet van de nog beperkte klimaatneutrale brandstoffen en energiebronnen.

Literatuur

[Achten, 1992]

Achte, P.A.J., M. van Walwijk, L.B.M.M. Boels; *Alternatieve brandstoffen voro het wegverkeer;* Innas B.V.; Breda; 1992

[Biomasster]

www.biomasster.nl

Informatie over kosten: http://www.biomasster.nl/nl/alg/fc96_15.html

[CEGTE, 2000]

Commission Expert Group on Transport and Environment, Working Group II, 'Measures that simultaneously address climate change and other environmental or other aspects of systainability', for DG TREN, 13 September 2000.

[Cirkel, 1999]

Cirkel, P., R. Hoogma, E. van Kooij; *De schone motor: de brandstofcel*; Technieuws 9904; Ministerie van EZ:

www.ez.nl/technieuws/technws9/tn9904/9904j.htm

[Commissie Ampere, 2000]

Commissie Ampere – Groep F; *Brandstofcellen*; Sectie F – deel 2; oktober 2000; http://mineco.fgov.be/energy/ampere_commission/F2.pdf

[Dings, 2002]

Dings, J.M.W.; Verkeer en klimaatbeleid, een verkenning voor de middellange termijn; CE, Delft, 2002.

[Doorn, 2001]

Doorn, M.C.H. van; *Groene brandstoffen - Vloeibare, klimaatneutrale ener-giedragers uit biomassa*, Verslag van een middagsymposium, 5 april 2001 www.niria.nl/npt/groenebrandstoffenverslag.html

[EC, 1997]

Europese Commissie, Energie voor de toekomst: duurzame energiebronnen - Witboek voor een communautaire strategie en een actieplan, COM(97) 599, Brussel, 1997

[EC 1, 2001]

Europese Commissie, 'Transport: Commission proposes to encourage alternative fuels, starting with biofuels', Persbericht nr. IP/01/1543, Brussel, 7/11/2001.

[EC 2, 2001]

Europese Commissie, 'Communication from the Commission to the European Parliament, the Councis, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on alternative fuels for road transportation and on a set of measures to promote the use of biofuels', COM(2001) 547, Brussel, 7/11/2001

[EC 3, 2001]

Europese Commissie, Voorstel voor een richtlijn van het Europees parlement en de raad tot het gebruik van biotransportbrandstoffen; Brussel; 2001

[EEA, 2001]

European Environmental Agency, *Renewable energies: success stories*, Environmental issue report nr. 27, Kopenhagen, 2001

[Elam, 1996]

Elam, N.; Automotive fuels survey Part 1 Raw materials and conversion; IEA/AFIS; Breda; 1996

[Energie, 2002]

Nieuwsbrief Energie; *Energie van de maand: brandstofcellen*; januari 2002; www.mech.kuleuven.ac.be/tme/news_energy/01/vandeweek_nl.phtml?printa ble=1

[Gärtner, 2001]

Gärtner, S.O., Reinhardt, G.A, *Gutachten - Ökologischer Vergleich von RME und Rapsöl*, IFEU-Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, Heidelberg, 2001

[GAVE 1, 1999]

Analyse en evaluatie van GAVE-ketens Management summary; GAVE-rapport 9908 deel 1 van 3; Novem; Utrecht; 1999

[GAVE 2, 1999]

Analyse en evaluatie van GAVE-ketens Final report (sheetpresentation); GAVE-rapport 9909 deel 2 van 3; Novem; Utrecht; 1999

[GAVE 3, 1999]

Analyse en evaluatie van GAVE-ketens Appendices; GAVE-rapport 9910 deel 3 van 3; Novem; Utrecht; 1999

[GAVE 4, 1999]

Een energiek klimaat voor neutrale dragers, Eindrapport van de inventarisatie van het GAVE-programma; GAVE-rapport 9916, Novem, Utrecht, 1999.

[Heuvel, 1999]

E.J.M.T. van den Heuvel, A.A. de Zeeuw, A.B. Stuij; *Een energiek klimaat voor neutrale dragers Eindadvies van de inventarisatie van het GAVE-programma*; Novem; Utrecht; 1999

[Hoed, 2001]

Hoed, R. van den; *Brandstofcelauto's in ontwikkeling*; Technieuws 2001-03; www.technieuws.org/cgi-twa/twa.pl/Tokyo/1998.html

[IEA 1, 1996]

Automotive Fuels Survey, Part 1, Raw materials and conversion; Innas BV en Atrax Energi AB, i.o.v. IEA Auto Fuels Information Service, December 1996.

[IEA 2, 1996]

Automotive Fuels Survey, Part 2, Distribution and use; Innas BV en Atrax Energi AB, i.o.v. IEA Auto Fuels Information Service, December 1996.

[IEA, 1998]

Automotive Fuels Survey, Part 3, Comparison and selection; Innas BV en Atrax Energi AB, i.o.v. IEA Auto Fuels Information Service, January 1998.



[IEA, 1999]

Automotive Fuels Survey, Part 4, Innovations or illusions; Innas BV en Atrax Energi AB, i.o.v. IEA Auto Fuels Information Service, January 1999.

[Jager, 1998]

Kosten-effectiviteit van transportbrandstoffen uit biomassa; Jager, D. de, A.P.C. Faaii, W.P. Troelstra; Novem; 1998

[Kågeson, 2001]

The Impact of CO2 Emissions Trading on the European Transport Sector, Vinnova Report VR 2001:17, Stockholm, 2001

[Kampman, 2002]

Kampman, B.E.; Klimaatneutrale energie in de transportsector, Een institutionele en politieke scan van verschillende opties, CE, Delft, 2002

[Melker, 2001]

Beschrijving van de stand van zaken met betrekking tot het gebruik van brandstofcellen voor gemotoriseerd wegverkeer, De Melker, Margraten, 2001.

[NMP 4, 2001]

Nationaal Milieubeleidsplan 4, Een wereld en een wil - werken aan duurzaamheid; Ministerie van VROM, Den Haag, 2001

[NPT, 1993]

Syllabus Studiemiddag Biodiesel Utrecht 8 juni 1993; Nederlandse Procestechnologen, NIRIA vaksectie landbouw

[RIVM, 2001]

RIVM, *Milieucompendium 2001 - het milieu in cijfers*, Kluwer, Alphen aan de Rijn, 2001, of via www.rivm.nl/milieucompendium

[RIVM, 2002]

RIVM, Referentieraming broeikasgassen - Emissiesraming voor de periode 2001-2010, RIVM rapport 773001020/2002, Bilthoven, 2002

[Rosillo-Calle et. al, 2000]

F. Rosillo-Calle, S.V. Bajay, H. Rothman, editors, *Industrial uses of biomass energy*, Taylor and Francis, London and New York, 2000.

[UBA, 2000]

Rapsöl-Diesel bringt keine entscheidende Vorteile für die Umwelt; Persbericht 01/00 van het Umweltbundesambt, Duitsland, 14.01.200

[UCE, 2000]

Utrecht Centrum voor Energie-onderzoek, Beschikbaarheid biomassa voor energie-opwekking (GRAIN: Global Restrictions on biomass Availability for Import to the Netherlands), Utrecht, 2000

[Wel, 2000]

Wel, R. van 't; Automobiel met brandstofcel wint aan vaart; artikel in Noord Hollands dagblad; 10 juli 2000

http://www.ecn.nl/kranten/2000/000710a.html

[Wörgetter, 1999]

Wörgetter, M., Lechner, M. en Rathbauer, J., *Ökobilanz Biodiesel,* Bundesanstalt für Landtechnik (BLT) Wieselburg in opdracht van het Ministerie van Land- en Bosbouw, Oostenrijk, Maart 1999.

[Zeevalking, 2000]

J.A. Zeevalking, R. van Ree; Conversietechnologieën voor de productie van elektriciteit en warmte uit biomassa en afval; TNO-MEP; ECN; Programma Energiewinning uit Afval en Biomassa (EWAB); Utrecht; 2000



CE

Oplossingen voor milieu, economie en technologie

> Oude Delft 180 2611 HH Delft tel: 015 2 150 150 fax: 015 2 150 151 e-mail: ce@ce.nl website: www.ce.n

Duurzaam op weg

Een beleidsmatige verkenning naar duurzame energiebronnen in het wegverkeer

Bijlagen

Rapport

Delft, juli 2002

Opgesteld door: Ingeborg de Keizer

Bettina Kampman Folmer de Haan





Α Biobrandstoffen beleid

EU¹⁴

De EU heeft op dit moment nog maar in beperkte mate apart beleid voor biobrandstoffen voor het wegverkeer. De komende tijd zal hier echter waarschijnlijk verandering in komen.

In de huidige situatie moet de hoogte van de accijns op biobrandstoffen in grote lijnen aan dezelfde regelgeving voldoen die voor fossiele brandstoffen is opgesteld. Dit is neergelegd in twee richtlijnen, 92/81/EEC en 92/82/EEC.

In richtlijn 92/81/EEC wordt gesteld dat voor biobrandstoffen die zijn vermengd met motor- of verwarmingsbrandstoffen het zelfde belastingtarief moet worden opgelegd als op het eindproduct en -gebruik. Volgens dezelfde richtlijn zijn op deze regel wel een tweetal uitzonderingen mogelijk:

- lidstaten mogen de accijns verlagen of zelfs accijnsvrijstelling geven voor projecten met een experimenteel karakter, die erop gericht zijn om de technologische ontwikkeling van milieuvriendelijkere producten te stimuleren, in het bijzonder brandstoffen van hernieuwbare bronnen;
- een lidstaat kan toestemming voor verdere uitzonderingen bij de EU aanvragen, de Raad moet daar unaniem mee instemmen.

De richtlijn maakt geen onderscheid tussen de verschillende soorten biobrandstoffen.

Inmiddels heeft de Europese Commissie op basis van deze richtlijn een groot aantal uitzonderingen toegekend [Commission Expert Group, 2000].

De Europese Commissie heeft recentelijk echter concrete plannen geïntroduceerd om het beleid voor biobrandstoffen ingrijpend te wijzigen. Brandstoffen die uit landbouwgewassen worden gewonnen, worden door de Europese Commissie op dit moment gezien als meest kansrijke alternatieve brandstoffen voor de korte tot middellange termijn. De commissie heeft daarom een actieplan aangenomen en twee voorstellen voor richtlijnen gedaan waarmee deze biobrandstoffen worden gestimuleerd [EC 1 t/m 3, 20011.

Het actieplan is erop gericht dat alternatieve brandstoffen in 2020 20% van de diesel- en benzinemarkt in het wegtransport hebben vervangen. Daarbij wordt gedacht dat op de korte termijn biobrandstoffen geïmplementeerd kunnen worden, op de middellange termijn aardgas, en op de lange termijn de waterstof/brandstofcel combinatie. Van elk van deze brandstoffen wordt verwacht dat het minimaal 5% van het totale brandstofverbruik kan leveren. Uit deze lijst blijkt dat het de commissie niet alleen gaat om CO2overwegingen, maar vooral ook om de verminderde afhankelijkheid van ruwe-olie-producten. Zo is aardgas een fossiele brandstof die weliswaar schoner is dan benzine of diesel, maar waarschijnlijk slechts een geringe CO₂reductie met zich mee zal brengen.

Om de doelstelling van 20% alternatieve brandstoffen in 2020 te halen, heeft de Commissie twee voorstellen gedaan. Het eerste voorstel betreft de verplichte introductie van biobrandstoffen in EU landen: er wordt een minimum aandeel van 2% biobrandstoffen in de verkochte brandstoffen in 2005 gesteld, dit percentage moet geleidelijk oplopen naar 5,75% in 2010. Het

¹⁴ zie [Europese Commissie, 2001].





tweede voorstel wil de EU lidstaten toestaan, de accijnstarieven van pure of bijgemengde biobrandstoffen te verlagen.

De redenen die worden gegeven om een dergelijk actieplan na te streven, zijn de volgende:

- klimaatbeleid, daarbij in eerste instantie het streven om aan de Kyotodoelstellingen te voldoen;
- de sterke afhankelijkheid van brandstoffen die uit ruwe olie worden geproduceerd, en die zowel uit milieu- als ook uit aanbodoverwegingen onwenselijk is;
- de prikkel die accijnsreductie kan bieden om economische actoren in de richting van duurzame ontwikkeling te bewegen;
- de mogelijkheden die dit biedt voor de landbouwsector, zowel financieel als ook uit oogpunt van een demonstratie van duurzame, multifunctionele landbouw;
- de mogelijkheid om een technologische voorsprong te genereren;
- stroomlijning van het beleid in de diverse EU-lidstaten, vanwege de verwachte toename in verzoeken tot accijnsreducties.

In het voorstel om accijnsverlaging toe te staan wordt wel een aantal randvoorwaarden gegeven:

- de accijns op biobrandstoffen mag niet minder zijn dan 50% van de accijns op vergelijkbare, conventionele brandstoffen. Hiermee wordt een grote reductie van de accijnsinkomsten voorkomen;
- als biobrandstoffen bij conventionele brandstoffen worden bijgemengd, mag de accijnsverlaging evenredig oplopen met het percentage biobrandstoffen:
- de accijnsdifferentiatie moet zodanig worden vormgegeven dat slechts wordt gecompenseerd voor de hogere kosten van de grondstoffen. Uit oogpunt van het voorkomen van concurrentievervalsing mag er niet worden overgecompenseerd;
- een uitzondering zijn pure biobrandstoffen die gebruikt worden voor lokaal openbaar vervoer (incl. taxi's) en overheidsvoertuigen, daarvoor mag de accijns verder worden verminderd en zelfs nihil zijn.

Daarnaast wordt er een overgangsperiode voorgesteld (tot 31-12-2003) voor lidstaten die met instemming van de Europese Raad op 1-1-2001 accijnsvrijstelling op pure biobrandstoffen hebben verleend.

De volgende biobrandstoffen vallen onder deze voorstellen van de Europese Commissie:

- bio-ethanol: ethanol geproduceerd uit biomassa en/of de biologisch afbreekbare aandelen van afval;
- biodiesel: een vloeibare brandstof met de eigenschappen van diesel die is geproduceerd uit biomassa of gebruikte frituurolie;
- biogas: gas dat is geproduceerd door anaerobische fermentatie van biomassa en/of of de biologisch afbreekbare aandelen van afval, dat aan aardgaskwaliteit voldoet;
- biomethanol: methanol geproduceerd uit biomassa en/of de biologisch afbreekbare aandelen van afval;
- bio-olie: een pyrolyse olie geproduceerd uit biomassa;
- bioETBE (ethyl-tertio-butyl-ether): ETBE geproduceerd uit bio-ethanol.

De *productie* van biobrandstoffen uit biomassa is op dit moment niet geregeld door EU milieuregelgeving, terwijl er voor olieraffinage wel het geval is [EC, 2001b]. De verwachting is wel, dat deze raffinage goed aan gangbare milieueisen kan voldoen, aangezien een aantal landen met strenge milieu-



wetgeving vergunning voor dergelijke faciliteiten heeft verstrekt (bijv. Duitsland).

Nederland

In Nederland worden enkele praktijkproeven met biobrandstoffen in het wegverkeer uitgevoerd. Vanwege de hogere kosten van deze brandstoffen is voor deze proeven accijnsvrijstelling verleend 15.

In mei 2001 zijn door de Tweede Kamer een tweetal moties aangenomen waarin de regering wordt verzocht met voorstellen te komen voor:

- accijnsvrijstelling voor koudgeperste plantaardige olie als langdurig experiment voor gebruik in dieselmotoren voor de (recreatie)vaart, agrarische voertuigen en (een selectie van) het wegverkeer¹⁶;
- accijnsvrijstelling voor geraffineerde biobrandstoffen en -smeermiddelen die alleen zal gelden voor de (recreatie)vaart en toepassingen in natuur en landbouw¹⁷.

De staatssecretaris van Financiën heeft in November 2001 de Tweede Kamer laten weten inderdaad aan een aantal proefprojecten in de landbouw, recreatievaart en regionaal wegtransport accijnsvrijstelling te verlenen. Deze vrijstelling geldt tot 2010, en het betreft hierbij zowel projecten met biodiesel, ofwel veresterde plantaardige olie, als ook om onveresterde plantaardige olie.

Inmiddels is een aantal bedrijven gestart met het telen van gewassen voor de productie van deze plantenolie en het aanpassen van dieselmotoren voor het gebruik ervan¹⁸.

Om de verdere ontwikkeling van biobrandstoffen te stimuleren, heeft het ministerie van VROM het Subsidieprogramma Klimaatneutrale Gasvormige en Vloeibare Energiedragers (GAVE 2002) gepubliceerd. Dit programma, dat al sinds 1999 bestaat, valt onder de Subsidieregeling milieugerichte technologie, en wordt uitgevoerd door Novem. Het totale bedrag aan subsidie voor GAVE is maximaal 1,7 miljoen Euro in 2002.

Een potentieel knelpunt bij grootschalige toepassing van biobrandstof is de beschikbaarheid van voldoende grondstof. Plantaardig afval is slechts in beperkte mate beschikbaar, op termijn zal er daarom moeten worden overgegaan op grootschalig teelt van geschikte gewassen. De agrarische structuur in Nederland is op dit moment niet gericht op de productie van biomassa, en zou dus moeten worden aangepast. Zo is voedselteelt op dit moment financieel aantrekkelijker voor de agrarische sector dan energieteelt. Er zijn verschillende opties mogelijk, maar deze vragen om een actieve regie. De overheid kan door inzet van fiscale en andere stimulerende instrumenten de marktcondities verregaand beïnvloeden.

Duitsland

Duitsland is op dit moment de tweede producent van biodiesel, na Frankrijk. 1.300 openbare tankstations bieden biodiesel aan, dat vanwege de verleende accijnsvrijstelling voor de consument goedkoper is dan conventionele diesel. Voor deze algemene vrijstelling is toestemming verleend door de EU, omdat deze vrijstelling al van kracht was voordat de Europese regelgeving in

¹⁸ Jaap Koppejan; Energie uit biomassa; TNO-MEP.



49

¹⁵ Zie brief van Vermeend aan de 2de kamer, 28/9/01.

Motie Hofstra c.s., Kamerstukken II, 2000-2001, 27 400 IXB, nr. 32.

¹⁷ Motie Crone c.s., Kamerstukken II, 2000-2001, 27 400 IXB, nr. 33.

werking trad¹⁹. Het gaat hierbij om biodiesel die gemaakt is uit veresterd raapzaad, RME.

Er worden in de komende tijd zoveel nieuwe fabrieken opgeleverd, dat de Duitse biodieselproductie in 2002 naar schatting oploopt tot 625.000 ton en in 2003 tot 985.000 ton.²⁰ De thans 11 fabrieken kunnen grondstoffen betrekken van een steeds groter areaal nonfood-raapzaad. Het prijsniveau van food- en nonfoodraapzaad is nu vergelijkbaar.

Frankrijk²¹

Sinds 1993 kent Frankrijk een (gedeeltelijke) accijnsvrijstelling op biodiesel en bio-ethanol, dit laatste voor bijmenging in ETBE (loodvervanger in benzine). De accijnsontheffing bedraagt voor biodiesel Euro 0,35 per liter (100% ontheffing) en voor bio-ethanol, bestemd voor ETBE, Euro 0,50 per liter (80% ontheffing). Hierdoor hebben biobrandstoffen in 1990 een aandeel van 0,7% van de totale markt voor olieproducten bereikt, waarvan ca. 1/3 bioethanol en 2/3 biodiesel [EC2, 2001].

Deze vrijstelling werd echter aangevochten: het leek in strijd met de Europese regelgeving die alleen accijnsvrijstelling toe laat bij proefprojecten, met als doel de technologie te stimuleren. In september 2000 heeft de Europese Commissie geconcludeerd dat dit hier niet het geval was: de vrijstelling had een economische achtergrond [EEA, 2001].

In totaal is voor de productie van deze brandstoffen in 2000 297.000 ha koolzaad gebruikt. En Frankrijk verwacht nog groen licht te krijgen van de EC voor de bouw van drie nieuwe productie-eenheden van esters (70.000 ton) en bio-ethanol (73.000 ton).



50

¹⁹ Tweede Kamer der Staten-Generaal, Kamerstuk 27 400 IXB, Nr. 35.

www.agro.nl/mvo/actueel/actueel/m39b.html.

www.minlnv.nl/infomart/1ba/2001/35/1ba14.htm.

B CO₂-opslag

Inleiding

Een mogelijkheid om de uitstoot van CO₂ naar de atmosfeer te verminderen zonder overstap naar een duurzame energiebron, is het afvangen en opslaan van de CO₂ die vrijkomt bij verbranding van fossiele brandstoffen. Deze optie, die op relatief korte termijn ingezet zou kunnen worden, wordt op dit moment in diverse landen onderzocht en ook uitgeprobeerd. Hierbij wordt vooral gekeken naar opslag in lege olie- of gasvelden, of in ondergrondse zoutmijnen. Zo wordt voorkomen dat de CO₂ in de atmosfeer terechtkomt, en bijdraagt aan het broeikaseffect.

Techniek

Het ligt niet voor de hand om CO₂ in voertuigen af te vangen: elk voertuig zou dan afvang- en opslagfaciliteiten moeten bezitten, de (zware) CO₂ moeten vervoeren en bij tankstations moeten afgeven.

Er worden in diverse landen wel twee andere toepassingen in de praktijk uitgeprobeerd:

- ondergrondse opslag van CO₂ dat bij de winning van aardgas vrijkomt in een leeg aardgasveld (bijv. in Noorwegen, door Statoil), en
- ondergrondse opslag van CO₂ dat bij gas- of kolencentrales kan worden gewonnen. Hiervoor zijn twee mogelijkheden: de CO₂ kan direct uit de grondstof worden gewonnen, de zogenaamde 'pre-combustion CO₂capture', of de CO₂ wordt uit de rookgassen gehaald, de 'postcombustion CO₂-capture'. Deze technieken zijn weliswaar bewezen, maar nog in ontwikkeling.

Uiteraard zijn aan deze technieken kosten verbonden, en vergen zij ook energie.

Er zijn een viertal veelbelovende opties om de afgevangen CO₂ op te slaan [IEA, 2000]:

- in lege olie- of gasvelden;
- in ondergrondse, diep gelegen zoutvelden;
- in ondergrondse koolbedden;
- diep in de oceaan.

Het gaat bij de verder ontwikkeling van deze techniek met name om de betrouwbaarheid, veiligheid en beheersbaarheid van de ondergrondse opslag. Risico's die moeten worden beheerst zijn [CE, 2002], [IEA, 2000]:

- ontsnappen van CO₂ naar de atmosfeer;
- mogelijke chemische reacties van CO₂ met de ondergrondse lagen;
- seismische activiteit;
- verzakking of stijging van het aardoppervlak;
- verzuring van grondwater;
- gevolgen voor ecosystemen in de oceaan (bij diepzee injectie);
- calamiteiten bij transport.

Daarnaast zijn de kosten van deze techniek nog hoog, de verwachting is wel dat deze kosten zullen afnemen bij toenemende kennis en ervaring.

Bij deze techniek kunnen bestaande elektriciteitscentrales en de bijbehorende infrastructuur worden gebruikt, en hoeft niet te worden overgestapt naar andere, duurzame maar nog schaarse energiebronnen.

Deze optie kan voor het wegverkeer slechts indirect worden toegepast, via twee verschillende routes die in hoofdstukken 4 en 5 zijn besproken:

- elektriciteitsproductie met CO₂-opslag in combinatie met elektrische auto's:
- waterstofproductie met CO₂-opslag, al dan niet in combinatie met een brandstofcel.

Beleid en praktijktoepassingen

Ook Nederland heeft lege aardgasvelden waarin in principe CO_2 zou kunnen worden geïnjecteerd. De Nederlandse overheid wil de mogelijkheden voor deze optie dan ook gaan onderzoeken. In februari 2002 werd aangekondigd dat het Ministerie van Economische Zaken 500.000 euro beschikbaar stelt voor onderzoeken die zich richten op de haalbaarheid van ondergrondse opslag van het broeikasgas CO_2 . Volgens de overheid is ondergrondse opslag van cruciaal belang voor het klimaatbeleid op langere termijn. De onderzoeken moeten inzicht geven in de economische haalbaarheid van deze opslag op specifieke Nederlandse locaties, de juridische aspecten die ermee samenhangen en de onder- en bovengrondse veiligheidsaspecten. De onderzoeken, waarvan de resultaten in september 2002 beschikbaar moeten zijn, dienen als voorfase voor een werkelijk demonstratieproject. Het voornemen bestaat hiervoor in het najaar een tender uit te schrijven. Een belangrijke voorwaarde voor de opslag is dat de CO_2 er voor doorlevering aan afnemers ook weer uitgehaald moet kunnen worden.

