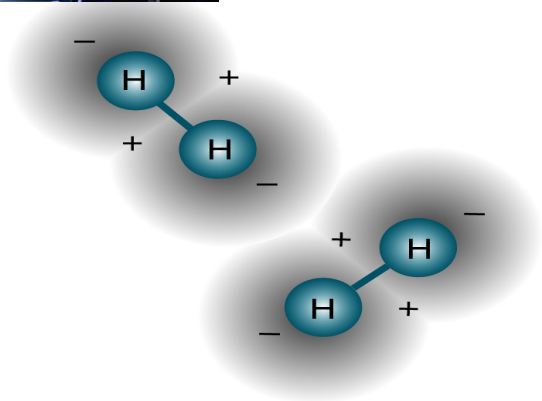


De invloed van stijgende brandstofprijzen op de automobiliteit



Wouter Schrier S1307290
Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen Rijksuniversiteit Groningen
Groningen
2007

*“The entire global economy is like a huge machine,
steadily converting energy into wealth”*

Paul Roberts (2005), olie-industrie expert

“The demand for transport is derived from the desire to cross distance”

Polak en Heertje (2000)

*“Until something more appealing comes along, the oil-powered internal combustion
engine will be the automotive technology of choice”*

Paul Roberts (2005)

Voorwoord

Dit rapport is geschreven in het kader van mijn afstuderen aan de Faculteit der Ruimtelijke Wetenschappen van de Rijks Universiteit Groningen. Dit document, dat de afsluiting van de Masteropleiding Economische Geografie vormt, is het resultaat van een onderzoek naar de invloed van stijgende brandstofprijzen op de automobilititeit. Mijn interesse voor dit onderwerp werd gewekt door een vriend die vertelde over de Peak Oil theorie en de mogelijke gevolgen van het uitgeput raken van de mondiale olievoorraad. Na raadpleging van allerlei internationale literatuur bleek al snel dat er allerminst eensgezindheid bestaat over de bestaande voorraad fossiele brandstoffen. In het najaar van 2005 kwam voor mij de link tussen energie en mobiliteit tot stand, doordat ik toen een voordracht over transportgeografie gegeven heb. In dat najaar zijn de prijzen voor brandstoffen aanzienlijk gestegen. Voor mezelf heb ik op dat moment besloten mijn afstudeerscriptie te schrijven over de combinatie van brandstofprijzen en automobilititeit. Gedurende het schrijven van deze scriptie zijn de brandstofprijzen steeds blijven stijgen. Door middel van literatuurstudie over beide onderwerpen en het raadplegen van verschillende databases op het Internet kon dit onderzoek uitgevoerd worden. Mijn dank gaat uit naar Jelte Sikkema, die mijn interesse gewekt heeft in vraagstukken over aardolie. Met hem heb ik hier vele gesprekken over gevoerd. Ook wil ik mijn afstudeerbegeleider dr. Wim Meester graag bedanken voor zijn kritische blik op mijn scriptie. Hij heeft mijn verhaal gedurende het schrijven veelvuldig van opbouwende kritiek voorzien. Ook wil ik de vrienden, kennissen en familie bedanken die mij hebben geholpen bij het schrijven van deze scriptie.

Wouter Schrier
Groningen
2007

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Samenvatting	6
Hoofdstuk 1 Inleiding	7
1.1 Aanleiding en relevantie	7
1.2 Probleem-, doel- en vraagstelling	8
1.3 Aanpak onderzoek en conceptueel model	9
Hoofdstuk 2 Automobilititeit: theorieën en modellen	12
2.1 Inleiding	12
2.2 Tweedeling in vervoer: stedelijk en interstedelijk/ ruraal	13
2.3 Vraag naar mobiliteit: de economische theorie van verplaatsingsgedrag	14
2.4 De belangrijkste factoren voor het verklaren van verplaatsingsgedrag	18
2.5 Prijselasticiteit van de vraag naar automobilititeit	21
Hoofdstuk 3 Over automobilititeit in verschillende landen	26
3.1 Inleiding	26
3.2 Opkomst automobilititeit	26
3.3 Verschillen tussen de Verenigde Staten en Europa	31
3.5 Conclusie	33
Hoofdstuk 4 De verschillende theorieën over de wereldvoorraad brandstoffen	34
4.1 Inleiding	34
4.2 Theorieën omtrent de voorraad fossiele brandstoffen	34
4.3 Conclusie	37
Hoofdstuk 5 Brandstof en brandstofprijs	38
5.1 Inleiding	38
5.2 Energie economie	38
5.3 Brandstofprijzen	40
5.4 Waarom brandstofprijzen fluctueren	44
5.5 Aardolie in de toekomst	45
5.6 De alternatieve brandstoffen voor de toekomst	48
5.7 Scenario's voor ontwikkeling van de prijzen van brandstoffen	50
5.8 Conclusie	52
Hoofdstuk 6 Gevolgen van oliecrises in het verleden	53
6.1 Inleiding	53
6.2 Plotselinge prijsstijgingen	53
6.3 Gevolgen op de automobilititeit	56
Hoofdstuk 7 Automobilititeit in de toekomst	58
7.1 Inleiding	58

7.2	Bepaling van de toekomstontwikkelingen	58
7.3	Korte termijn	60
7.4	Vraag naar brandstof en automobilititeit op basis van de scenario's	60
7.5	Inkomen	62
7.6	Verschillende aspecten van de toekomst van automobilititeit	64
7.7	Conclusie	65
	Hoofdstuk 8 Conclusie	66
	Literatuurlijst	68
	Appendices	72
	A1 Brandstofprijzen in 2011 volgens scenario 1	72
	A1 Brandstofprijzen in 2011 volgens scenario 2	73
	A1 Brandstofprijzen in 2011 volgens scenario 3	74
	B1 Brandstofprijzen in 2011 gecorrigeerd met 2% inkomensstijging volgens scenario 1	75
	B1 Brandstofprijzen in 2011 gecorrigeerd met 2% inkomensstijging volgens scenario 2	76
	B1 Brandstofprijzen in 2011 gecorrigeerd met 2% inkomensstijging volgens scenario 3	77

Samenvatting

De afgelopen jaren zijn de brandstofprijzen aan een stijging onderhevig. De bestaande automobilititeit is mogelijk gemaakt door betaalbare brandstof. De vraag is wat de invloed is van stijgende brandstoffen op de automobilititeit. Om dit vraagstuk uit te diepen moeten de twee hoofdbegrippen automobilititeit en brandstoffen verder uitgediept worden. De vraag naar automobilititeit komt voort uit de wens van mensen afstand te overbruggen. De vraag naar automobilititeit wordt in hoofdzaak bepaald door: de prijs, het inkomen, de factor tijd en voorkeuren van de consument. De mate waarin automobilititeit beïnvloed wordt door stijgende brandstofprijzen is weer te geven met behulp van een prijselasticiteit.

Er bestaan verschillen in de automobilititeit tussen Europa en de Verenigde Staten. In de Verenigde Staten worden aanzienlijk meer kilometers gereden met auto's die veel meer brandstof verbruiken dan Europese auto's. Brandstof is in de Verenigde Staten aanzienlijk voordeliger dan in Europa. Naast de verschillen tussen deze gebieden, bestaan er ook verschillen in vervoer tussen urbane en rurale gebieden.

De vraag naar brandstof neemt nog steeds toe. Het wordt steeds duurder om te voorzien in de wereldwijde olievraag, want de olie die er nog is, is voor een groot deel lastig te winnen en de vraag naar olie neemt almaar toe. Voor de prijzen van olie over vijf jaar zijn er drie scenario's opgesteld. In alle drie de scenario's wordt olie duurder, waarbij in scenario drie de prijzen jaarlijks met 20% stijgen.

Volgens berekeningen over de automobilititeit met behulp van prijselasticiteit neemt de automobilititeit aanzienlijk af, wanneer de prijzen van olie sterk stijgen. Factoren als accijns en brandstofverbruik en raffinagekosten worden verondersteld gelijk te blijven en onder meer inflatie is buiten beschouwing is gelaten. Deze zaken hebben allemaal mogelijk een invloed op de automobilititeit, maar zijn dusdanig onvoorspelbaar dat ze hier niet opgenomen zijn in de berekeningen.

De sterkte van het effect op de automobilititeit is per gebied verschillend, sterk afhankelijk van mate van prijsstijging en ook de beschouwde periode is van belang. Ook heeft de hoogte van het inkomen een sterke invloed op de mate waarin automobilititeit afneemt wanneer de brandstofprijzen stijgen. Een jaarlijkse inkomensstijging van 2% heeft reeds een sterk temperende werking op de afname van de automobilititeit.

1. Inleiding

1.1 Aanleiding en relevantie

Mobiliteit is belangrijk. Door de meeste overheden van landen wordt een goede mobiliteit als een belangrijke voorwaarde voor economische groei gezien. Zo valt in de Nederlandse Nota Mobiliteit te lezen: 'Mobiliteit is een noodzakelijke voorwaarde voor economische groei en sociale ontwikkeling in Nederland' (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2004, p.15). Het grootste deel van de mobiliteit van de meeste mensen in de ontwikkelde landen bestaat tegenwoordig uit automobilititeit. We reizen om tal van redenen waarbij werk, inkopen en ontspanning de belangrijkste zijn. Gemiddeld leggen we dagelijks ongeveer 20 kilometer af, waarbij de auto de meest populaire vervoerswijze is. Automobilititeit wordt als vanzelfsprekend gezien en is voor velen een betaalbaar goed. Mobiliteit neemt nog steeds toe. Het 'voorzichtige scenario' van het Centraal Planbureau (2002) stelt dat tussen nu en 2020 het personenvervoer in Nederland met 20% zal toenemen. De vraag is of mobiliteit in de toekomst nog steeds goed betaalbaar zal zijn. De laatste jaren hebben de brandstofprijzen een fikse stijging doorgemaakt. Er treedt echter ook inflatie op. Wanneer brandstofprijzen worden gekoppeld aan de stijging van het algehele prijspeil, is brandstof de afgelopen jaren niet veel duurder geworden. Voor inflatie gecorrigeerd, is brandstof tussen 1980 en 2000 maar liefst 15% in prijs afgenomen (Dijkstra en Dings, 2000). Er zijn wetenschappers die menen dat er de komende jaren wel eens verandering kan komen in de gematigde prijsstijging van brandstoffen. Reden hiervoor zou zijn dat de vraag naar aardolie elk jaar toeneemt, terwijl de productie op een gegeven moment niet meer kan stijgen. Wanneer deze situatie van stagnerende productiestijging wordt bereikt, zullen de brandstofprijzen naar alle waarschijnlijkheid fors stijgen. In het najaar van 2005 is het aanbod van olie enige tijd omlaag gegaan door schade aan oliewinninginstallaties die veroorzaakt was door orkanen in Midden-Amerika. Dit had tot gevolg dat de prijs van olie omhoog ging. De olieconcerns hadden daardoor een hogere winst dan andere jaren (NRC 29-10-05). Ook een land als Saoedi-Arabië profiteerde flink en kende een economische groei van 6,8% in 2005 (NRC 24-10-2005). Dure olie heeft voor de meeste mensen echter vooral negatieve gevolgen, want de economische groei zal in de olie afhankelijke economieën geremd worden. De laatste tijd is de prijs van olie gestegen, maar de vraag naar olie is niet afgenomen. Wellicht neemt bij een grote stijging van de prijs de vraag naar olie wel af. Een minder grote verkochte hoeveelheid olie betekent, bij gelijkblijvend brandstofverbruik per auto, een afnemende automobilititeit.

Er zijn prognoses dat de gewonnen hoeveelheid aardolie de komende jaren zal gaan afnemen, omdat de wereldwijde 'piek' bereikt wordt. Met deze piek wordt de piek in productiesnelheid bedoeld die elk aangeboord aardolieveld na enige tijd bereikt. Bij aanboring zal eerst de productie van een olieveld stijgen, tot de piek bereikt wordt, waarna de productiesnelheid weer zal afnemen. Al in 1956 is deze theorie door Marion King Hubbert bedacht. Aanhangers van de 'peak oil' theorie stellen dat de wereldolievoorraad over enige jaren zijn piek zal bereiken. Verondersteld wordt dat de grote aardolievelden al gepiekt hebben of dat binnen enige jaren zullen doen. Meer optimistische inschattingen van onder andere Shell stellen dat de piek pas rond 2020/

2030 bereikt zal worden (Aan de Brugh, 2006). De zaken zijn in werkelijkheid echter niet zo eenvoudig als ze hier afgespiegeld worden, daar er onderscheid gemaakt dient te worden tussen technische en economische winbaarheid van olie. Een grote voorraad olie is technisch wel winbaar, maar de winning hiervan is op dit moment economisch nog niet realiseerbaar. Het aanbod van olie kan in de toekomst gaan stijgen wanneer de prijzen van ruwe olie nog verder stijgen. Ook zal bij een verder stijgende prijs van ruwe olie, het aanwenden van alternatieve brandstoffen aantrekkelijker worden.

Volgens vele aardolie analytici is het einde van de met conventionele technieken te winnen aardolie in zicht. Het zal meer en meer moeite gaan kosten dezelfde hoeveelheid olie uit de grond te halen. Dit betekent dat brandstof in de toekomst aanzienlijk duurder zal worden, alternatieven voor de huidige door olie aangedreven automobilititeit zullen opkomen of een combinatie van deze beiden zal optreden. Het uitgeput raken van de mondiale olievoorraad zal hoe dan ook veranderingen teweeg brengen in de automobilititeit zoals die nu bestaat.

Over de deelonderwerpen van deze scriptie -brandstofprijzen en mobiliteit- wordt al jarenlang een aanzienlijke hoeveelheid onderzoek verricht. Onderzoek dat brandstofprijzen in de toekomst koppelt aan mogelijke gevolgen voor de automobilititeit is echter schaars. De onderzoeken die zijn gedaan, richten zich met name op veranderingen in de automobilititeit als gevolg van beleidsmaatregelen vanuit de overheid. Onderzoek naar de invloed van stijgende brandstofprijzen zou echter wel degelijk interessant kunnen zijn voor overheden, de auto industrie of de automobilist.

1.2 Probleem-, doel- en vraagstelling

Aan de hand van deze aanleiding kan de volgende probleemstelling geformuleerd worden:

De afgelopen jaren zijn de brandstofprijzen mondiaal aanzienlijk gestegen. Het lijkt erop dat deze stijging door zal zetten, daar de piek in productie van de met conventionele technieken winbare aardolie bereikt is, of steeds dichterbij komt. Automobilititeit neemt mondiaal nog steeds toe. De automobilititeit zoals deze nu bestaat, is in belangrijke mate verbonden aan de beschikbaarheid van betaalbare aardolie.

Hieruit volgt de volgende doelstelling:

Doel is inzicht te verwerven in de effecten van stijgende brandstofprijzen op automobilititeit.

Hieruit volgt de volgende vraagstelling:

Wat is de invloed van stijgende brandstofprijzen op de automobilititeit?

Naar aanleiding van de bovengenoemde probleem-, doel- en vraagstelling kunnen de volgende onderzoeksvragen geformuleerd worden:

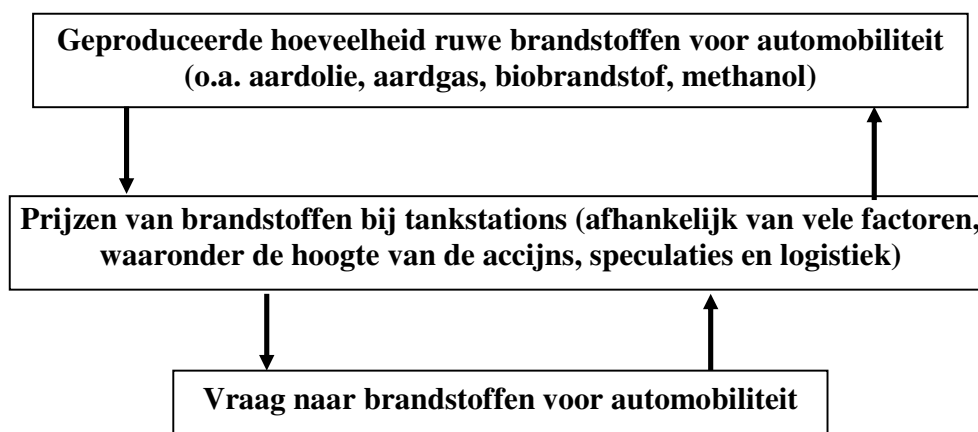
- Hoe groot is de prijselasticiteit voor de vraag naar automobilititeit en wat zijn de verschillen tussen de korte en lange termijn prijselasticiteit?

- Hoe is de ruimtelijke variatie van de huidige brandstofprijzen?
- Wat is de invloed van de sterk groeiende economieën van India en China op de mondiale aardolie vraagstukken?
- Hoe zullen de brandstofprijzen zich mogelijk gaan ontwikkelen in de komende decennia, ofwel wat zijn de scenario's voor de prijzen van de verschillende brandstoffen?
- Wat zijn in het verleden de gevolgen voor de automobilititeit geweest van een stijging van brandstofprijzen?
- Wat kunnen de gevolgen voor de automobilititeit zijn op de korte termijn en op de lange termijn bij een stijging van de brandstofprijzen?
 - Neemt de automobilititeit af?
 - Komen er andere brandstoffen voor automobilititeit op, die de huidige aardolie vervangen?
- Wat zijn de verschillen in gevolgen van brandstofprijsstijgingen tussen urbane en rurale gebieden?
- Wat zijn de verschillen tussen de automobilititeit in Europa en de Verenigde Staten in het heden en hoe zal dat in toekomst zijn?

1.3 Aanpak onderzoek en conceptueel model

Dit onderzoek is uitgevoerd door middel van literatuurstudie en eigen berekeningen. De literatuurstudie vormt uiteindelijk de eerste zes hoofdstukken van de scriptie. De verschillende delen van de literatuurstudie vormen samen met de eigen berekeningen en analyse in het laatste hoofdstuk de conclusie. Eerst is met behulp van literatuuronderzoek getracht een beeld te vormen van de belangrijkste begrippen. Het zeer globale stappenschema van figuur 1.1 kan gebruikt worden om aan te geven welke factoren het belangrijkste zijn om te komen tot een begrip van de samenhang tussen brandstof en automobilititeit.

Figuur 1.1 De markt van brandstoffen voor automobilititeit



Productie, prijzen en vraag hangen sterk met elkaar samen. Zo kan een verandering van de verkochte hoeveelheid brandstof invloed uitoefenen op de productie van ruwe olie.

Het schema uit figuur 1.1 kan in tweeën worden gedeeld, waarbij een deel gaat over brandstoffen en een deel over automobilititeit. In dit rapport is het theoretische kader daarom ook in tweeën gedeeld, één deel over automobilititeit en het andere over brandstof. Vanuit deze twee theoretische kaders wordt met behulp van de literatuur en databases van Internet getracht een antwoord gegeven op de verschillende deelvragen. In de theorie over automobilititeit is gekozen voor de ‘disaggregate’ methode van analyseren omdat deze het beste aansluit bij beslissingen van het individu voor wat betreft automobilititeit. Milieu overwegingen en technologie worden grotendeels buiten beschouwing gelaten. Het belangrijkste waar het in dit rapport om gaat is de relatie tussen voorraad brandstoffen, brandstofprijzen en automobilititeit.

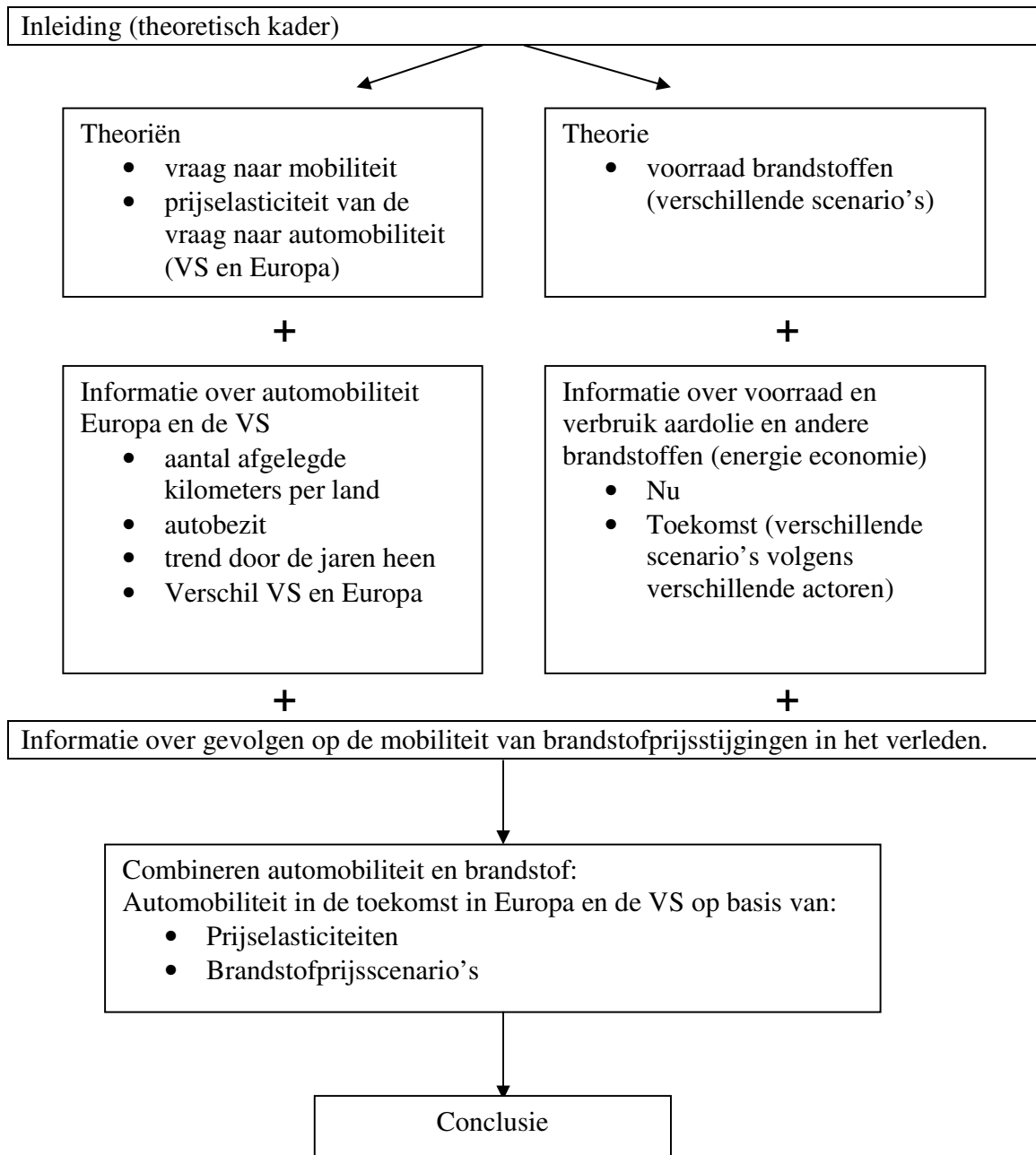
In het laatste deel van het rapport wordt de informatie die verzameld is rondom de begrippen automobilititeit en brandstof samengevoegd in een hoofdstuk dat een toekomstverkenning van ontwikkelingen in de automobilititeit vormt.

Dit rapport is geschreven vanuit een economisch geografisch perspectief. Dit betekent dat geografische en economische verschillen tussen gebieden een essentieel onderdeel van studie vormen. Aan de hand van literatuur van voornamelijk economen en energiewetenschappers, maar ook transportexperts wordt getracht een beeld te vormen van de ruimtelijke impact van stijgende brandstofprijzen.

Aan de hand van een analyse van secundaire bronnen is getracht zo goed mogelijk de verschillende onderzoeksvragen te beantwoorden. Dit rapport is hiervan het resultaat.

In het conceptueel model, dat in figuur 1.2 staat afgebeeld, is globaal te zien welke stappen zijn doorlopen om tot het beantwoorden van de hoofdvraag te komen.

Figuur 1.2 Conceptueel model



2. Automobilititeit: theorieën en modellen

'The demand for transport is derived from the desire to cross distance' (Polak en Heertje 2000, p.271)

2.1 Inleiding

In dit rapport wordt geprobeerd een antwoord te vinden op de vraag wat de invloed van stijgende brandstofprijzen is op automobilititeit. Deze hoofdvraag valt grof gezegd in twee delen uiteen, een deel over automobilititeit en een deel over brandstof. In dit hoofdstuk zal het eerstgenoemde begrip uitgewerkt worden.

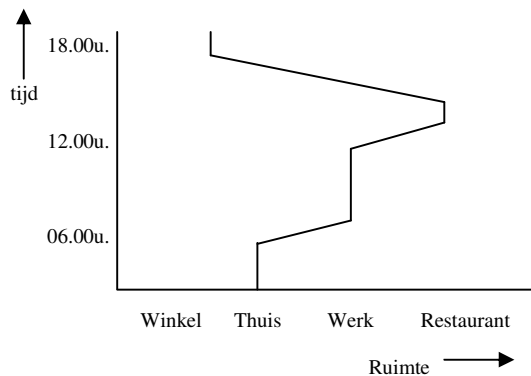
Mobilititeit is een begrip waar een relatief grote hoeveelheid publicaties over te vinden is. Voor het begrip automobilititeit ligt dit anders. Er zijn relatief weinig wetenschappelijke publicaties te vinden die automobilititeit als onderwerp hebben. Vaker wordt automobilititeit genoemd als een onderdeel van de algehele mobilititeit.

Volgens transportgeograaf Hanson (1986) is de essentie van vervoer de toegang tot plaatsen waar een activiteit plaatsvindt (werk, recreatie, winkelen, medische verzorging) en mobilititeit is volgens haar de mogelijkheid om je te verplaatsen tussen deze plaatsen. Automobilititeit kan volgens mobiliteitskenners zoals Hanson (1986), Polak en Heertje (2000) en Mu Consult (1993) op twee manieren geanalyseerd worden. Bij de eerste invalshoek vormen data over een gebied het uitgangspunt bij de studie naar verplaatsingspatronen. Hierbij wordt de 'aggregate methode', gebruikt. De focus ligt op de stroming van mensen tussen zones. Hierbij gaat het erom te komen tot uitspraken over het aantal reizen dat een bepaalde zone als het ware genereert (Hanson, 1995). Bij de tweede invalshoek zijn het data over individuele beslissingen die de basis vormen. Voor dit rapport is gekozen voor de tweede invalshoek: de studie van de mobiliteitsvraag van individuen. Het gaat hier in eerste instantie om de reactie van individuen, niet om stromingen van mensen tussen zones. Er wordt gebruik gemaakt van de 'disaggregate' methode. Aan de hand van deze methode is het mogelijk om zaken op het individuele niveau zoals prijselasticiteiten te berekenen. De reden voor het gebruik van de 'disaggregate' methode voor dit rapport is dat bij de studie naar de relatie tussen brandstofprijs en automobilititeit, niet zo zeer de hoeveelheid verplaatsingen in de ruimte op zich van belang is, maar meer de verandering in de mobilititeit van mensen als gevolg van een prijsverandering van brandstof. Het gaat er bij deze 'disaggregate' data om 'What people do, where and when they do it, and what choices and constraints lie behind the 'what, where and when' patterns' (Hanson 1995, p.166). Dit kan weergegeven worden met het zogenaamde 'reis- en activiteitenpatroon' dat per individu een hypothetisch pad in de ruimte laat zien. In figuur 2.1 staat een voorbeeld van een reis- en activiteitenpatroon in de vorm van een tijd- ruimtepad afgebeeld. Deze figuur is slechts bedoeld om een beeld te geven van hoe een reis- en activiteitenpatroon eruit kan zien.

Dit hoofdstuk begint met het aanbrengen van een tweedeling in vervoer. Verder komt in dit hoofdstuk de theorie voor het verklaren van (auto)mobilititeit en de keuze van een

vervoerswijze aan bod. Ook de verschillende prijselasticiteiten voor de vraag naar automobilititeit komen in het hoofdstuk aan bod. Aan het eind van het hoofdstuk wordt

Figuur 2.1 Voorbeeld van een reis- en activiteitenpatroon



Bron: Hanson, 1995

zowel voor Europa als voor de Verenigde Staten een elasticiteitscijfer vastgesteld. In het hoofdstuk over de automobilititeit in de toekomst wordt met behulp van deze elasticiteiten verder gerekend, om zo tot inzichten over automobilititeit in de toekomst te kunnen komen.

2.2 Tweedeling in vervoer: stedelijk en inter-stedelijk/ ruraal

Bij onderzoek naar mobiliteit dient volgens Polak en Heertje (2000) onderscheid gemaakt te worden tussen urbane en rurale of interurbane transport vraagstukken. In urbane transportvraagstukken speelt openbaar vervoer een andere rol dan bij rurale vraagstukken. Met name in grote steden is openbaar vervoer voor veel mensen een goed alternatief voor het gebruik van de auto. In rurale transportvraagstukken speelt openbaar vervoer een kleinere rol. Hier is de auto, onder andere door de lagere bevolkingsdichtheid en het daaruit voortvloeiende beperkte openbaar vervoernetwerk, veruit de meest geprefereerde vervoerswijze.

Voor openbaar vervoer is een bepaald minimum aan gebruikers nodig om rendabel te kunnen zijn. Dit geldt zowel voor urbaan als interurbaan openbaar vervoer. Polak en Heertje schrijven dat Europese steden groter dan 250.000 inwoners niet aan alle vraag naar mobiliteit kunnen beantwoorden door middel van de auto. Een vorm van openbaar vervoer zoals een busnetwerk is dus nodig vanaf 250.000 inwoners. Bij meer dan één miljoen inwoners kan een stad een tramnetwerk gebruiken en vanaf een inwonertal van vier miljoen zal er voldoende vraag zijn om een metronetwerk te kunnen realiseren. De genoemde getallen zijn een gemiddelde en geven een indicatie van de theoretisch benodigde vervoerswijze. Voor verschillende steden kunnen deze cijfers uiteraard heel anders liggen. Zo zijn de exacte aantallen waarmee de benodigde vormen van openbaar vervoer samenhangen ook sterk afhankelijk van de vorm van de stad. Een langgerekte stad als Oslo kan bijvoorbeeld relatief hogere niveaus van openbaar vervoer aan dan een meer gedrongen gevormde stad.

In stedelijke gebieden kan het vele autogebruik volgens Wohlgemuth (1998) in plaats van het vergroten van de individuele vrijheid van beweging, juist de mobiliteit van de mens doen afnemen, door het ontstaan van teveel drukte. Deze bedreiging van de mobiliteit heeft ervoor gezorgd dat er op grote schaal beleid is gekomen om congestie tegen te gaan.

In de vorige alinea's is benadrukt dat er voor wat betreft mobiliteit een groot verschil bestaat tussen urbane en rurale gebieden. Dit verschil werkt ook door in de invloed die stijgende brandstofprijzen hebben op automobilititeit. In dit rapport vormen de verschillen tussen de Verenigde Staten en Europa de kern, de verschillen in gevolgen van brandstofprijsstijgingen tussen urbane en rurale gebieden zullen echter ook aan bod komen.

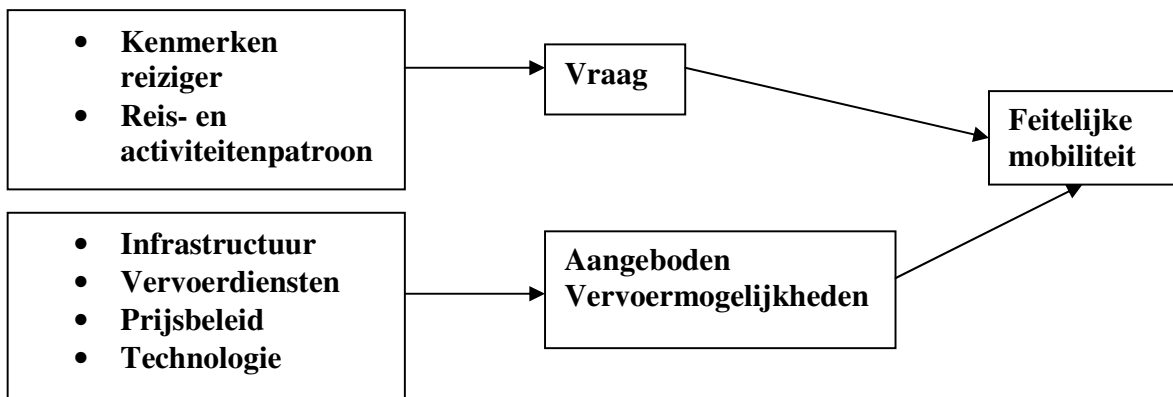
2.3 Vraag naar mobiliteit: de economische theorie van verplaatsingsgedrag

In deze paragraaf wordt getracht een verklaring voor mobiliteit te geven met behulp van economische theorie. Door vervoerseconomen en energiewetenschappers is veel geschreven over verplaatsingsgedrag, maar ook geografen en planologen doen onderzoek naar mobiliteit en verplaatsingsgedrag. Wohlgemuth (1998) heeft het over een groot aantal factoren die de vraag naar mobiliteit bepalen. Deze groepeerde hij in economische, sociaal-demografische en geografische factoren, die naar zijn zeggen onderling samenhangen.

Wanneer de vraag naar mobiliteit gecalculeerd dient te worden, zijn er echter geen modellen beschikbaar waarin sociaal-demografische en geografische factoren opgenomen zijn. In deze paragraaf wordt daarom de beschikbare economische theorie gebruikt om een verklaring voor de vraag naar mobiliteit te bieden. De andere twee door Wohlgemuth genoemde factoren worden hier wel genoemd, ze vallen feitelijk onder 'kenmerken reiziger' en 'reis- en activiteitenpatroon' van figuur 2.2. Deze twee factoren komen later uitgebreider aan bod.

Volgens Mu Consult (1993) is het lastig verkeer en vervoer te bekijken vanuit de klassieke economische principes van vraag en aanbod. Dit wordt vooral veroorzaakt door het collectieve karakter van infrastructuur en openbaar vervoer. Daarom wordt hier onderscheid gemaakt tussen de vraag naar mobiliteit en de aangeboden infrastructuur en vervoerdiensten. Dit is schematisch weergegeven in figuur 2.2. Dit schema wordt in grote lijnen gehanteerd om tot uitspraken over automobilititeit in de toekomst te kunnen komen.

Figuur 2.2 Het transport systeem vanuit economisch perspectief



Bron: Mu Consult, 1993, p.3

Het samenkomen van de vraag naar mobiliteit en de aangeboden vervoermogelijkheden resulteert in de feitelijke mobiliteit. Vaak wordt deze feitelijke mobiliteit uitgedrukt in reizigerskilometers, maar hier kunnen ook andere zaken uitgedrukt worden zoals het aandeel van de verschillende vervoerswijzen, aantallen verplaatsingen of de uitgaven aan mobiliteit. Dit laatste is afgeleid uit een samenvoeging van de prijs van mobiliteit en de hoeveelheid mobiliteit.

In de internationale literatuur is niet genoeg informatie voorhanden om uitspraken te kunnen doen over verschillen tussen Europa en de Verenigde Staten in bijvoorbeeld aandelen van de verschillende vervoerswijzen of aantallen verplaatsingen. In databases zijn wel gegevens voorhanden wat betreft aantallen afgelegde kilometers per persoon per jaar in verschillende landen. Daarom vormt in dit rapport 'aantal reizigerskilometers' de belangrijkste uitdrukking van mobiliteit. Andere zaken, zoals 'alternatieve vervoerswijzen', zullen echter ook aan bod komen.

De vraag naar mobiliteit komt, zoals in de inleiding van dit hoofdstuk werd gemeld, volgens Polak en Heertje voort uit de wens van consumenten afstand te overbruggen. Deze wens om afstand te overbruggen hangt samen met de wens van consumenten hun nut te maximaliseren. In de micro-economische theorie is het uitgangspunt dat mensen hun nut proberen te maximaliseren (Varian, 1984). In het Engels wordt deze theorie de 'Utility theory' genoemd. Er wordt aangenomen dat individuen in volledige vrijheid hun inkomen besteden aan zaken waarmee een optimale staat van welvaart, welzijn of geluk wordt bereikt (Polak en Heertje, 2000). Dit wordt omschreven als maximalisatie van het nut. Om te laten zien hoe het nut samenhangt met de consumptie van producten en activiteiten wordt de zogenaamde nutsfunctie gebruikt.

$$U = f(X, L)$$

waarbij:

U = het nut

X = de producten die nut opleveren

L = de activiteiten die nut opleveren (Mu Consult, 1993, p.12)

Deze nutsfunctie wordt vooral gebruikt bij de beoordeling van de financiële waarde van tijd, omdat in deze functie vrije tijd wordt afgewogen tegen de aanschaf van goederen.

Het belang van deze nutsfunctie voor dit rapport is dat deze laat zien dat consumenten afwegingen maken om te komen tot maximalisatie van het nut en daarmee afwegingen maken tussen vervoerswijzen. Dit kan geïllustreerd worden aan de hand van het volgende voorbeeld. Een denkbeeldige consument heeft de keuze uit twee vervoerswijzen om naar zijn werk te reizen: te voet of met de auto. Deze consument koopt een auto omdat hij zo minder tijd kwijt is dan wanneer hij te voet zou reizen naar zijn werk. Deze consument heeft hierbij de variabelen reiskosten en winst aan reistijd tegen elkaar afgewogen. Wanneer de prijs van benzine hoger wordt, kan dit verschillende gevolgen hebben. Zo zou de afweging van de consument enigszins kunnen veranderen in de richting van de oude situatie waarin de consument te voet reisde, maar ook zou hij een zuiniger auto kunnen kopen, en zo tegen dezelfde prijs als voorheen zijn verkorte reistijd behouden.

De combinatie van producten en activiteiten die binnen de mogelijkheden van het individu het maximale nut opleveren wordt de gevraagde hoeveelheid genoemd. Hier kan ook weer een functie van gemaakt worden. De functie die de gevraagde hoeveelheid en de bepalende factoren aan elkaar koppelt, wordt volgens Mu Consult (1993) de gewone of Marshalliaanse vraagfunctie genoemd. Deze ziet er als volgt uit:

$$D = h(p, Y) \quad \text{waarbij:}$$

D = de gevraagde hoeveelheid
p = de prijs van de goederen
Y = het inkomen

(Mu Consult, 1993, p.13)

In deze functie is in te vullen dat de vraag naar autokilometers onder meer een functie is van de prijs van de auto, de prijs van de brandstof, de prijs van het openbaar vervoer, de overige consumptie en het inkomen. Deze vraagfunctie kan gebruikt worden om vraagelasticiteiten uit af te leiden.

Inkomens- en substitutie-effecten

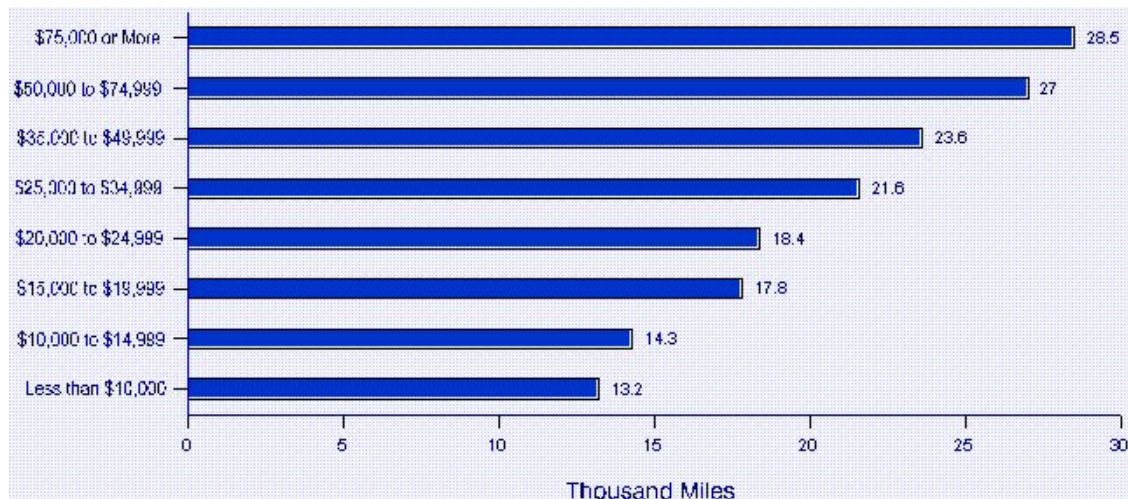
Volgens Mu Consult (1993) zullen er twee effecten optreden wanneer de prijzen veranderen: een substitutie-effect en een inkomenseffect. Een prijsverhoging van brandstof verandert bijvoorbeeld de verhouding in bestedingen tussen brandstof en andere producten, zodat er mogelijk verschuivingen op gaan treden in de aandelen van de verschillende producten. Dit eerder ook al genoemde fenomeen wordt het substitutie-effect genoemd. Het substitutie-effect is altijd negatief: bij een prijsstijging van brandstof 'A' zal altijd meer brandstof 'B' worden geconsumeerd, en dus logischerwijs minder brandstof 'A'.

Ook heeft een stijging van de brandstofprijs tot gevolg dat het reële inkomen daalt. De consument kan minder producten kopen wat leidt tot een lager nut dat bereikt kan worden. Het inkomenseffect is meestal positief: wanneer het inkomen stijgt, zal er veelal meer brandstof geconsumeerd worden. In figuur 2.3 is duidelijk te zien hoe het aantal

gereden kilometers sterk toeneemt naarmate het inkomen stijgt. Prijselasticiteiten geven het gezamenlijke effect van zowel het inkomens- als het substitutie-effect weer.

Bij berekeningen met het begrip substitutie is het volgens Mu Consult (1993) van belang onderscheid te maken tussen bruto en netto substitutie. Wanneer de prijzen van brandstof stijgen, wordt autogebruik duurder en wordt alternatief vervoer aantrekkelijker. Er wordt dus verwacht dat mensen zullen overgaan op andere vormen van vervoer. Dit wordt netto substitutie genoemd. Door de prijsverhoging van brandstof zal het besteedbare inkomen van mensen achteruit gaan. Een afname van het autogebruik is vaak het gevolg. De daling van het besteedbare inkomen en dus ook de koopkracht heeft echter ook gevolgen voor het gebruik van het openbaar vervoer. Het totale effect wordt de bruto substitutie genoemd. Dit bruto substitutie effect is wat na veranderingen in de prijs wordt waargenomen in de werkelijkheid.

Figuur 2.3 Inkomen in dollars en jaarlijks afgelegde afstand (in duizenden mijlen) in de Verenigde Staten, 1994



Bron: Energy Information Administration (2002)

Er bestaat een verschil tussen het substitutie effect in urbane en rurale gebieden. Het effect is in het algemeen sterker in urbane dan in rurale gebieden. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat in urbane gebieden vaak alternatieven voor de auto voor handen zijn in de vorm van een openbaar vervoer netwerk. In rurale gebieden is dit vaak niet het geval. Hier is openbaar vervoer lang niet overal beschikbaar. Hierdoor zal het substitutie effect in rurale gebieden zwakker zijn dan in urbane gebieden.

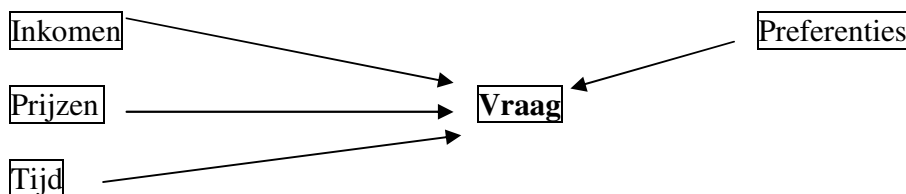
Bij het begrip substitutie is tevens de beschouwde tijdsduur van groot belang. Tijdsduur is van belang omdat deze bepalend is voor het al dan niet kunnen beschikken over een alternatieve vervoerswijze. Volgens Kleijn en Klooster (1991) is de reactie van automobilisten op brandstofprijsstijgingen op de korte termijn structureel geringer dan de reactie op de lange termijn. Dit verschil tussen de lange en de korte termijn komt in paragraaf 2.5 over prijselasticiteit uitgebreid aan bod.

2.4 De belangrijkste componenten voor het verklaren van verplaatsingsgedrag

Zoals in paragraaf 2.1 al genoemd werd, ontstaat de vraag naar vervoer grotendeels door het verlangen van consumenten deel te nemen aan allerlei activiteiten: werk, vrije tijd, boodschappen enzovoort (Mu Consult 1993, Hanson 1995). Deze activiteiten zijn op grote schaal ruimtelijk gespreid geraakt door de komst van de vervoermogelijkheid per auto en betaalbare brandstof. Vanwege het feit dat deze activiteiten nu ruimtelijk gespreid zijn, moet er afstand overbrugd worden. Vele auteurs (onder wie Hanson, Mu Consult, Polak en Heertje) die geschreven hebben over de verklaring van mobiliteit zeggen min of meer hetzelfde: mobiliteit komt voort uit het feit dat activiteiten ruimtelijk gespreid zijn en mensen deel willen nemen aan deze activiteiten.

Het maken van reizen kost geld en tijd. Aan beide zijn beperkingen verbonden door beperkingen in inkomen en beschikbare tijd om te reizen. Volgens Mu Consult (1993, p2) zijn, vanuit economisch perspectief, de belangrijkste variabelen voor de bepaling van het verplaatsingsgedrag: inkomen, prijzen, tijd en kenmerken van mensen die preferentieverschillen representeren. Uit deze vier factoren kan, zoals in figuur 2.4 staat afgebeeld, de vraag naar mobiliteit afgeleid worden. Het weergegeven schema is een bewerkte versie van het schema dat in het rapport van Mu Consult staat. De factor 'gegeneraliseerde kosten' is weggelaten, omdat deze niks anders weergeeft dan een samenvoeging van de factoren tijd en prijzen.

Figuur 2.4 Factoren die de vraag naar (auto) mobiliteit bepalen



Bron: MuConsult, 1993, p17

Hieronder wordt de rol van de verschillende variabelen besproken. Voor dit rapport is de variabele 'prijs' het onderdeel dat verder uitgediept wordt, dit is immers één van de twee centrale begrippen in dit rapport. Om te komen tot een begrip van de mobiliteitsvraag worden de andere variabelen echter wel besproken. Bij elke variabele wordt besproken hoe deze doorwerkt op het verplaatsingsgedrag.

Inkomen

De variabele 'inkomen' is moeilijk te definiëren. Ten eerste moet er een keuze worden gemaakt tussen huishoudinkomen en individueel inkomen. Daarnaast is het inkomen opgebouwd uit verschillende bronnen van inkomen, waaronder inkomen uit overdracht zoals een werkloosheidsuitkering. Als laatste zijn bepaalde onderdelen van het inkomen gerelateerd aan keuzen van mensen, een voorbeeld hiervan zijn reiskostenvergoedingen.

In de klassieke economische theorie zijn beperkingen in het inkomen de belangrijkste bepalende factor voor het verplaatsingsgedrag. Hierbij zijn volgens Muconsult (1993) twee effecten te onderscheiden:

1. Het directe effect van inkomen op verplaatsingsgedrag. Mensen die meer geld hebben kunnen zich meer verplaatsingen of een hogere kwaliteit van verplaatsingen veroorloven. Hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan een inwoner van India die zijn bromfiets van de hand doet en hiervoor in de plaats een auto aanschaft.
2. Het indirecte effect: verandering van woonplaats wanneer woningen waar de consument naar op zoek is niet in de directe nabijheid van het werk te vinden zijn.

Zoals gezegd heeft stijging van inkomen vaak een groter autobezit en gebruik tot gevolg. In studies naar de vraag naar mobiliteit wordt volgens MuConsult (1993) het inkomen dan vaak ook als verklarende variabele gebruikt.

Wanneer niet gekeken wordt naar individueel inkomen, maar naar huishoudinkomen is het van groot belang te weten hoe het inkomen verdeeld wordt over de verschillende leden van het huishouden.

Aangezien inkomen vaak wordt verkregen uit arbeid, dient er tijd opgeofferd te worden om inkomen te verschaffen. Dit tijdverlies zou kunnen zorgen voor een vermindering van mobiliteit, omdat daar -veroorzaakt door het werk- minder tijd voor is. Er is echter wel meer geld beschikbaar voor mobiliteit. Wanneer iemand niet werkt en een uitkering krijgt, heeft deze persoon veel tijd beschikbaar voor mobiliteit. Echter, aangezien deze persoon niet werkt, is er wel vaak minder geld ter beschikking voor mobiliteit. In de theorie wordt meestal verondersteld dat inkomensverwerving onafhankelijk is van het verplaatsingsgedrag. De vraag is of deze aanname terecht is (Mu Consult, 1993). Wanneer mensen naar hun werk gaan, moeten ze immers meestal reizen. Wanneer de brandstofprijzen hoog zijn, zou dit mogelijkwijs de beslissing over het al dan niet gaan werken, kunnen beïnvloeden.

De rol van prijzen

De prijs is bij brandstof relatief eenvoudig te definiëren, want het is niets anders dan de prijs per liter die bij het tankstation betaald wordt. Het is echter niet zo dat er maar één brandstof te koop is. Er zijn verschillende brandstoffen, die allen een verschillende prijs hebben. Dit maakt het vergelijken van prijzen lastiger. Hier wordt in hoofdstuk 5 over brandstof op terug gekomen. Een ander probleem, dat door Wohlgemuth (1998) omschreven werd, is dat het lastig is de kosten van automobilititeit in te schatten omdat ook de kosten van de aanschaf en onderhoud van de auto meegenomen dienen te worden in de calculatie. Volgens hem worden ook de kosten op de korte termijn (tot één jaar) niet alleen maar door de brandstofprijzen bepaald, maar dienen ook het brandstofverbruik en andere variabele kosten opgenomen te worden in de calculatie. Volgens Wohlgemuth is de hoeveelheid data die nodig is voor een goede inschatting van de prijs van automobilititeit bijna te groot om te kunnen gebruiken. Voor dit rapport worden daarom

een aantal vereenvoudigingen gemaakt, daar het anders nauwelijks mogelijk zou zijn berekeningen te maken over automobilititeit in de toekomst.

Stijging van prijzen heeft zoals al eerder genoemd, zowel een inkomens- als een substitutie-effect. Dit is in de gelijknamige deelparagraaf al beschreven. Het volgende werd daar echter nog niet vermeld. Verhoging van de brandstofprijzen zou tot gevolg kunnen hebben dat mensen minder kilometers gaan rijden, maar het zou er ook toe kunnen leiden dat mensen een andere auto kopen, die minder brandstof verbruikt. Zo kan hetzelfde aantal kilometers worden gereden terwijl de kosten voor mobiliteit niet stijgen (MuConsult, 1993).

Volgens ECMT (2002) hebben het absolute en relatieve niveau van vervoerprijzen een significante invloed op de mobiliteitskeuze en het mobiliteitspatroon. ECMT zegt dat de hoogte van de prijs van vervoer, ondanks het feit dat het niet de factor met de meeste invloed is, een duidelijk effect heeft op de vraag naar mobiliteit. Wat wellicht meer zegt is een cijfer dat inkomen en brandstofprijzen combineert. In het jaar 2000 gaven Amerikanen slechts 2,7% van hun netto inkomen uit aan brandstof, terwijl dit begin jaren '80 nog 6% was. Wanneer brandstofkosten een groter aandeel van de uitgaven vormen, zal een relatieve prijsstijging van brandstof een groter effect hebben op de automobilititeit.

De rol van tijd

In de vorige deelparagrafen was te zien dat inkomen en prijzen bepalend zijn voor de mobiliteit en dat deze verschillen per individu. De hoeveelheid beschikbare tijd voor mobiliteit verschilt ook van mens tot mens. Aan de hoeveelheid tijd is echter wel een eenvoudig maximum te stellen, namelijk 168 uur per week, ofwel 24 uur per dag. De factor tijd speelt volgens MuConsult (1993) een belangrijke rol bij het verklaren van verplaatsingsgedrag.

Volgens de economische literatuur hangen budget- en tijdsrestricties samen. Klassieke economische modellen gaan, zoals al eerder genoemd werd, uit van het feit dat consumenten nut halen uit het kopen van producten en het bezitten van vrije tijd. Volgens MuConsult is er hierbij sprake van een afweging: wanneer men meer werkt, is er meer geld beschikbaar voor het kopen van producten, maar heeft men wel minder vrije tijd.

Preferenties en beperkingen in de keuze

Met het woord preferentie wordt in dit geval de voorkeur bedoeld, die consumenten kunnen geven aan het ene vervoermiddel boven het andere. Deze factor is lastig hard te maken, want het is niet altijd duidelijk of verschillen in keuze van vervoerswijze het gevolg zijn van verschillen in preferenties of dat deze verschillen veroorzaakt worden door beperkingen in de keuze. De leeftijd geeft bijvoorbeeld beperkingen aan de keuzemogelijkheden. Zo is voor het besturen van een auto een rijbewijs nodig. In Europa moet je 18 zijn om het rijbewijs te kunnen halen. Een ander voorbeeld van een beperking in de keuze heeft te maken met de woonplaats. Wanneer iemand in een grote stad woont, kan de auto mogelijkwel geen goede optie zijn, omdat het simpelweg te langzaam gaat

om je per auto te verplaatsen. Zo is de gemiddelde autosnelheid in Beijing slechts 12 kilometer per uur (Primus, 2006). Ook is parkeren van de auto in een grote stad vaak peperduur. Naast preferenties van consumenten zijn er dus tal van beperkingen in de keuze die om verschillende redenen op kunnen treden

Het is door Margaret Thatcher eens gezegd, dat het leven van een man mislukt is wanneer hij ouder dan 26 is, en in een autobus zit. Met deze zin wordt in harde bewoordingen aangegeven dat een autobus als vervoermiddel ondergeschikt is aan andere vervoerswijzen, zoals de auto. Velen zullen dit niet zo ervaren, maar velen ook wel. Dit is slechts een voorbeeld om aan te geven dat er verschillen in preferenties tussen consumenten kunnen bestaan. Een ander voorbeeld van de invloed van preferentie is de persoon die wel de mogelijkheden heeft om een auto te kopen maar dit niet doet, bijvoorbeeld uit milieu overwegingen.

Naast de genoemde factoren inkomen, prijzen, tijd en preferenties zijn er nog vele andere factoren die de vraag naar automobilititeit bepalen. Omdat dit geen economische factoren zijn, maar bijvoorbeeld geografische, demografische of technische, worden deze in het volgende hoofdstuk besproken.

2.5 Prijselasticiteit van de vraag naar automobilititeit

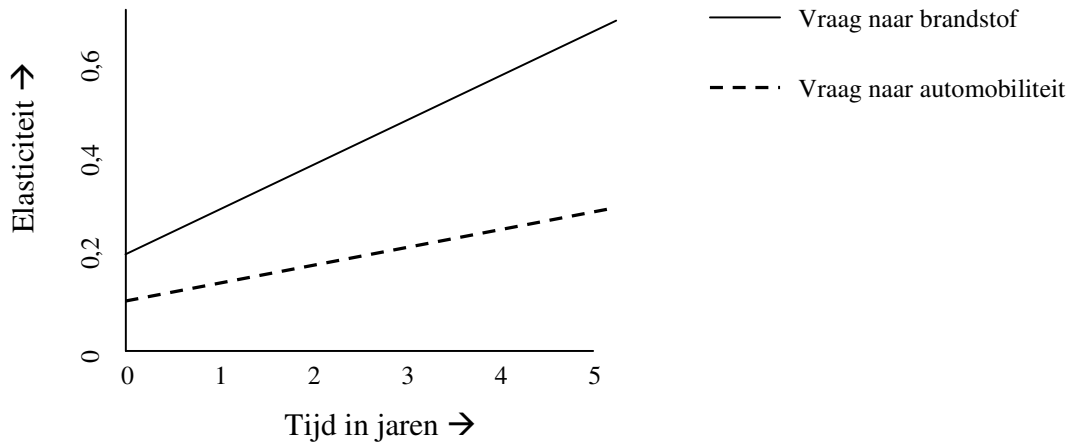
Wanneer in de economie uitspraken gedaan worden over de invloed van vraagbepalende factoren op zaken als bijvoorbeeld consumentenuitgaven of mobiliteit, wordt vaak gebruik gemaakt van het begrip elasticiteit. Elasticiteit is een breed begrip. In het geval van dit rapport geeft de elasticiteit de effecten weer van een relatieve verandering in een vraagbepalende factor op de mobiliteit, met de veronderstelling dat alle andere factoren gelijk blijven (MuConsult, 1993). De elasticiteit waar het hier over gaat is de prijselasticiteit van de vraag naar automobilititeit. Er zijn echter meerdere typen elasticiteiten: zowel korte als lange termijn prijselasticiteit, eigen elasticiteit, punt- en boogelasticiteiten et cetera. Als het al mogelijk zou zijn de precieze elasticiteit te berekenen, is het door de veelheid aan verschillende elasticiteiten niet mogelijk uiteindelijk te komen tot één prijselasticiteit die een antwoord geeft op de vraag wat de invloed van prijsverandering van brandstof is op de automobilititeit. In deze paragraaf worden daarom verschillende elasticiteiten met betrekking tot mobiliteit besproken.

Verschillende elasticiteiten

De elasticiteit van de vraag naar automobilititeit en elasticiteit van de vraag naar brandstof verschillen op de korte termijn (tot één jaar) volgens Graham en Glaister (2002) niet veel van elkaar en volgens Dix en Goodwin (1982) zijn ze zelfs gelijk. Op de korte termijn is de vraag vrij inelastisch. Op de lange termijn divergeren de twee verschillende elasticiteiten echter, want de elasticiteit van de vraag naar brandstof groeit sneller. De reden hiervoor is dat veranderingen in aantal ritten, bestemming van de ritten en woonplaatskeuze enige tijd duren. Veranderingen in grootte of brandstofverbruik van de auto brengen een aanzienlijke verandering in de vraag naar brandstof teweeg, ondanks het feit dat het aantal afgelegde kilometers niet zal afnemen. In figuur 2.5 is schematisch weergegeven hoe de elasticiteit met de jaren toeneemt en hoe de elasticiteit van

brandstof- en automobilitievraag daarbij divergeren. Deze lijnen zijn lineair getrokken. Er zijn echter geen aanwijzingen dat deze lijnen ook in werkelijkheid een lineair verloop vertonen.

Figuur 2.5 Elasticiteit van brandstof- en automobilitievraag



Eigen elasticiteiten en kruiselasticiteiten

Een eigen elasticiteit heeft betrekking op de vraag naar een vervoerswijze als bepaalde kenmerken van deze vervoerswijze veranderen, zoals in dit geval de prijs van de vervoerswijze (die ook weer gekoppeld is aan brandstofprijs). Kruiselasticiteiten worden afgeleid van kenmerken van andere vervoerswijzen. Een voorbeeld is de kruiselasticiteit die bestaat tussen reistijd met het openbaar vervoer en gebruik van de auto als vervoerswijze. In dit rapport is de belangrijkste vraag wat de invloed van stijgende brandstofprijzen op de automobilitet is. Omdat het hier puur gaat om het verband tussen brandstofprijs en automobilitet wordt de eigen elasticiteit gebruikt.

Korte en lange termijn prijselasticiteit

In het verleden is het duidelijk gebleken, en het werd al eerder in deze paragraaf genoemd: voor wat autogebruik betreft is de korte termijn prijselasticiteit van brandstofvraag en automobilitet lager dan de lange termijn prijselasticiteit. Volgens Wohlgemuth (1998) is de lange termijn prijselasticiteit twee keer zo hoog als de prijselasticiteit op de korte termijn. Graham en Glaister (2002) hebben een uitgebreide studie gedaan naar prijselasticiteit van de vraag naar brandstof en prijselasticiteit van de vraag naar automobilitet. Zij hebben bij het schrijven van hun boek de elasticiteitscijfers van verschillende literatuur hierover, afkomstig uit verschillende landen, vergeleken. Hier wordt als korte termijn een periode tot één jaar gezien, als middellange een periode tussen één en vijf jaar en als lange termijn een periode van minstens vijf jaar. Dat de prijselasticiteit op de langere termijn veel groter is dan op de korte termijn komt volgens Graham en Glaister (2002) doordat consumenten op langere termijn kunnen kiezen voor andere vormen van vervoer en doordat consumenten andere uitgaven gaan doen die als het ware concurreren met autogebruik. Graham en Glaister bevestigen met deze

genoemde zaken de in paragraaf 2.4 genoemde factoren die de vraag naar mobiliteit bepalen. Ook hebben consumenten op de lange termijn volgens Graham en Glaister (2002) de mogelijkheid hun verplaatsingsgedrag aan te passen, bijvoorbeeld door dichter bij het werk te gaan wonen.

Prijselasticiteit in Europa en de Verenigde Staten

Volgens Graham en Glaister (2002) is er geen groot verschil tussen de elasticiteit van de vraag naar brandstof in Europa en die in de Verenigde Staten. Wat echter wel het geval is, is dat in Europa de accijnzen die op brandstof worden geheven gemiddeld genomen veel hoger zijn dan die in de Verenigde Staten. Een verandering van de ruwe olieprijs zal in de Verenigde Staten dus een relatief grotere invloed hebben op de uiteindelijke brandstofprijs voor consumenten dan dezelfde verandering in Europa.

Tabel 2.1 Prijselasticiteiten van de vraag naar brandstof van de OECD landen (1960-1985)¹

	<i>Korte termijn</i>	<i>Lange termijn</i>
Canada	-0.25 (0.06)	-1.07 (0.24)
US	-0.18 (0.03)	-1.00 (0.15)
Austria	-0.25 (0.11)	-0.59 (0.26)
Belgium	-0.36 (0.05)	-0.71 (0.09)
Denmark	-0.37 (0.06)	-0.61 (0.10)
Finland	-0.34 (0.15)	-1.10 (0.47)
France	-0.36 (0.08)	-0.70 (0.15)
Germany	-0.05 (0.07)	-0.56 (0.82)
Greece	-0.23 (0.11)	-1.12 (0.52)
Ireland	-0.21 (0.04)	-1.62 (0.33)
Italy	-0.37 (0.13)	-1.16 (0.40)
Netherlands	-0.57 (0.11)	-2.29 (0.46)
Norway	-0.43 (0.13)	-0.90 (0.28)
Portugal	-0.13 (0.07)	-0.67 (0.34)
Spain	-0.14 (0.17)	-0.30 (0.37)
Sweden	-0.30 (0.09)	-0.37 (0.11)
Switzerland	0.05 (0.16)	0.09 (0.28)
UK	-0.11 (0.07)	-0.45 (0.27)
Australia	-0.05 (0.02)	-0.18 (0.07)
Japan	-0.15 (0.03)	-0.76 (0.17)
Turkey	-0.31 (0.06)	-0.61 (0.11)
Mean	-0.24 (0.09)	-0.79 (0.29)

Bron: Sterner et al. 1992

¹ In de linker kolom staan de cijfers voor de korte termijn, rechts die voor de lange termijn. Tussen haakjes staat de standaardfout.

Aan de hand van tabel 2.1 van Sterner et. Al. (1992) is te zien dat elasticiteitscijfers nogal verschillen per land in Europa. Ook is te zien dat het elasticiteitscijfer in de Verenigde Staten met -0,18 voor de korte en -1 voor de lange termijn niet veel hoger of lager ligt dan in het gemiddelde Europese land.

In de literatuur zijn vele elasticiteitscijfers te vinden, die aanzienlijk kunnen verschillen in hoogte. Dit wordt veroorzaakt door verschillen in gehanteerde methodes van onderzoek. Ook verschillen de elasticiteitscijfers nogal tussen landen. Om iets zinnigs te kunnen zeggen over de invloed van stijgende brandstofprijzen op automobilititeit in Europa en de Verenigde Staten, wordt er daarom hier voor gekozen om gemiddelden te hanteren, gebaseerd op een uitgebreide vergelijking van verschillende elasticiteiten door Graham en Glaister (2002).

Volgens hen zijn een aantal zaken hetzelfde in verschillende studies, en op basis daarvan kunnen ze de volgende conclusies trekken:

- Er bestaat, zoals eerder al werd gezegd, een groot verschil tussen de korte en lange termijn prijselasticiteit van brandstofconsumptie. Korte termijn prijselasticiteit bedraagt ongeveer -0,3 en lange termijn elasticiteit is tussen de -0,6 en -0,8. Voor dit rapport wordt een lange termijn elasticiteit van -0,7 aangehouden, als gemiddelde van voorgenoemde cijfers. Het is niet verwonderlijk dat er vaak gezegd wordt dat mensen toch wel blijven rijden, ook al stijgen de prijzen. Dit geldt echter alleen op de korte termijn. Op de lange termijn is er wel een duidelijke reactie waar te nemen. Dit wordt onderschreven door een groot aantal studies in vele landen.
- De vraag naar automobilititeit, ofwel afgelegde kilometers is minder elastisch dan de vraag naar brandstof. Voor de korte termijn bedraagt deze ongeveer -0,15 en voor de lange termijn -0,30. Autorijders vinden kennelijk manieren om te bezuinigen op hun brandstofverbruik, zij het dat hier wel enige tijd voor nodig is. Stijgende brandstofprijzen zullen naar alle waarschijnlijkheid meer invloed hebben op de verbruikte hoeveelheid brandstof dan op het aantal afgelegde kilometers.

Relativering van de elasticiteitscijfers

Volgens MuConsult (2003) leidt een brandstofprijsverhoging van 10% in Nederland op de korte termijn tot een daling van 2% van het aantal gereden autokilometers. Dit betekent een prijselasticiteit van -0,2. Dit cijfer wijkt niet veel af van de door Graham en Glaister veronderstelde elasticiteit op de korte termijn van -0,15. Het effect van stijgende brandstofprijzen beoordeelt MuConsult als een sterk effect. Elasticiteitscijfers worden berekend aan de hand van tal van factoren, waarvan de belangrijkste in dit hoofdstuk behandeld zijn. Dat de veronderstelde effecten op de mobiliteit in werkelijkheid niet altijd op zullen treden bewijst het onderstaande.

Haan (2005) schrijft dat in juni 2005 de brandstofprijzen 10% hoger waren dan in juni het jaar ervoor. Volgens het elasticiteitscijfer van MuConsult zou dit tot een daling van 2% van het gereden aantal kilometers geleid moeten hebben. Dit was echter niet het geval. De verbruikte hoeveelheid benzine in de maand juni bedroeg 2,7% meer dan de

verbruikte hoeveelheid een jaar eerder. Uitgaande van het feit dat er niet ineens veel minder zuinig is gereden, moet het aantal afgelegde kilometers dus juist toegenomen zijn, in plaats van de afname die verondersteld was plaats te vinden.

In mei 2005 was de prijs van benzine 3,6% hoger dan in april van dat jaar, toch werd in mei maar liefst 5,9% meer benzine verbruikt dan in april. Volgens Haan zijn consumenten inmiddels gewend geraakt aan grote prijsstijgingen van benzine. Iets anders wat hier zeker meespeelt, is het feit dat elasticiteitscijfers altijd ceteris paribus worden weergegeven. Zelfs met de invloed van inflatie en van conjunctuur, die in elk land optreden, wordt bij elasticiteitscijfers geen rekening gehouden. Bovendien stijgt het inkomen in de meeste landen ieder jaar. Wanneer rekening zou worden gehouden met inkomensstijging en inflatie zou de vraag naar brandstof minder elastisch zijn, dan deze nu is. In ieder geval kan gesteld worden dat de in de vorige deelparagraaf bepaalde elasticiteitscijfers met enig relativering gehanteerd dienen te worden.

3. Over automobilititeit in verschillende landen

3.1 Inleiding

Terwijl in het vorige hoofdstuk vooral werd ingegaan op de theorieën over het ontstaan van mobiliteit, zal dit hoofdstuk gaan over de feitelijke ontwikkelingen in de automobilititeit in het heden en verleden in verschillende landen. De nadruk ligt in dit hoofdstuk op de verschillen in automobilititeit tussen de Verenigde Staten en Europa. De keuze voor deze twee gebieden is om verschillende redenen tot stand gekomen. Ten eerste zijn de Verenigde Staten en Europa (en eigenlijk ook Zuidoost Azië) de gebieden in de wereld met het hoogste autobezit en het grootste aantal afgelegde autokilometers. In deze gebieden worden gegevens over autobezit en aantal afgelegde kilometers reeds decennia lang geregistreerd. Voor Zuidoost Azië geldt dit in mindere mate. In landen buiten Europa en de VS worden gegevens over automobilititeit lang niet zo goed bijgehouden als in deze gebieden. Om deze reden is het niet goed mogelijk onderzoek te doen naar gevolgen van stijgende brandstofprijzen op de automobilititeit in gebieden buiten Europa en de Verenigde Staten

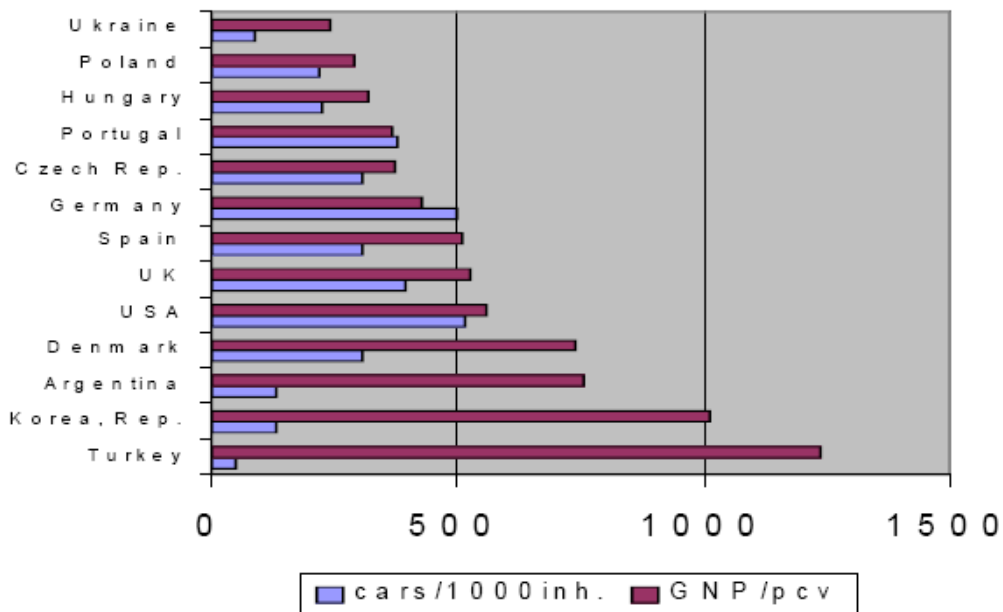
3.2 Opkomst automobilititeit

De opkomst van de massa automobilititeit vond in de Verenigde Staten plaats in de jaren '50 en '60. Het opkomen van massa automobilititeit houdt in dat vervoer per auto de belangrijkste vervoerwijze werd (Dunn, 1998). In de Verenigde Staten betekende het, dat doordat het reizen gemakkelijker was geworden, suburbane gebieden sterker gingen groeien. De opkomst van de massa automobilititeit heeft het gezicht van de Verenigde Staten, ook in geografisch opzicht, veranderd. In Europa kwam volgens Dunn (1998) de massa automobilititeit enige tijd later dan in de Verenigde Staten op gang, maar heeft ook hier een grote invloed gehad op het bewoningspatroon. De gemiddelde Europeaan legt ongeveer 20 kilometer per dag af (Madre, 2002). De gemiddelde Amerikaan legt bijna het dubbele af. Over dit verschil tussen de Verenigde Staten en Europa wordt in de deelparagraaf 'Toename automobilititeit in verschillende landen' nader ingegaan. Het ontstaan van ruimtelijk sterk gespreide steden heeft in Europa minder grote vormen aangenomen dan in de Verenigde Staten (Polak en Heertje, 2000). Het bewoningspatroon in de Verenigde Staten verschilt dientengevolge van dat van Europa.

Autobezit in verschillende landen

In figuur 3.1 is te zien dat de Verenigde Staten een veel hoger autobezit per hoofd van de bevolking kent dan de andere landen in het diagram. Landen als Denemarken en het Verenigd Koninkrijk, die qua welvaart weinig voor de Verenigde Staten onder doen, hebben een autobezit van respectievelijk 60% en 80% van dat in de Verenigde Staten. Duitsland is het enige land dat met 500 auto's per 1000 inwoners dicht bij de Verenigde Staten in de buurt komt.

Figuur 3.1 Autobezit en GNP per auto



Bron: Suchorzweski, 2002

Invloed van politiek

De politiek kan invloed uitoefenen op automobilititeit. Een regering kan er voor kiezen, de brandstof te laten verkopen voor de marktprijs, ze kan accijns heffen waardoor brandstof duurder wordt, of ze kan kiezen brandstof te subsidiëren. Dit met het doel de automobilititeit respectievelijk af te remmen en te stimuleren. Een voorbeeld van stimulering van mobiliteit is de subsidie op brandstof die in sommige Afrikaanse landen nog steeds gemeengoed is (GTZ, 2007). De brandstof wordt in landen als Algerije, Libië en Egypte voor een fractie van de prijs in de Westerse landen aangeboden. Dit heeft tot gevolg dat vele mensen in deze landen zich wel automobilititeit kunnen veroorloven, terwijl dit zonder deze subsidie niet het geval zou zijn. Hoogstwaarschijnlijk zou het aantal gereden kilometers in deze landen zonder de politieke keuze van het geven van subsidies lager uitvallen. De inkomens in deze landen zijn immers van dien aard dat bij reguliere brandstofprijzen een groot deel van de consumenten zich zulke kilometeraantallen niet kunnen veroorloven. In Europa zijn er inmiddels geen landen meer, die subsidie op brandstof geven, maar in sommige Oost-Europese landen is de brandstof uit voorgenoemde overwegingen wel veel goedkoper dan in West-Europa (zie figuur 5.1).

Naast de keuze in welke mate accijns op brandstof te heffen of brandstof juist te subsidiëren, speelt ook mee in welke mate een overheid autobezit aan- of ontmoedigt. Volgens Hanson (1995) hebben velen er belang bij dat de vraag naar auto's blijft stijgen. Dit komt volgens haar doordat de vraag naar auto's een zeer grote multiplier creëert in de lokale en nationale economie. Met een toenemend autobezit, zal vanzelfsprekend ook de mobiliteit toenemen. Het beleid dat door de overheid wordt gevoerd in zake autobezit

verschilt behoorlijk per land. Zo is de aanschaf van een auto in Nederland duurder dan in Duitsland vanwege de zogenaamde BPM heffing in Nederland, terwijl dit iets is dat de Duitsers niet hebben. De verschillen in dit beleid kunnen zorgen voor verschillen tussen landen in zowel autobezit als aantal afgelegde kilometers.

Door de meeste overheden van landen wordt een goede mobiliteit als een belangrijke voorwaarde voor economische groei gezien. Zo luiden de eerste twee zinnen van de Nederlandse Nota Mobiliteit: 'Mobiliteit is een noodzakelijke voorwaarde voor economische groei en sociale ontwikkeling in Nederland. Een goed functionerend systeem voor personen- en goederenvervoer en een betrouwbare bereikbaarheid zijn essentieel om de economie en de internationale concurrentiepositie van Nederland te versterken' (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2004, p.15). De Nederlandse overheid vindt het belangrijk dat er een goed systeem is voor personen- en goederenvervoer, echter automobilititeit is in Nederland vanwege overheidsmaatregelen wel duurder dan in bijvoorbeeld de Verenigde Staten, waar de overheid lagere belastingen heft op automobilititeit. In de Verenigde Staten weegt het belang van goede automobilititeit vergeleken met milieubelangen kennelijk zwaarder dan in Nederland. De Nederlandse overheid voert een duidelijk zogenaamd twee sporen beleid. De twee sporen zijn: het garanderen van een goede mobiliteit en het nastreven van bepaalde milieubelangen. In andere landen bestaat er een ander evenwicht tussen deze twee belangen. De brandstofprijs voor consumenten is een duidelijke indicator van het beleid dat in een land gevoerd wordt ten aanzien van automobilititeit.

Toename automobilititeit in verschillende landen

Tabel 3.1 geeft een beeld van de sterke toename van het autobezit de afgelopen decennia. Wat met name opvalt, zijn de hoge gemiddelde groeipercentages van respectievelijk 9% en 7,1% per jaar voor autobezit in China en India tussen 1993 en 2003. Deze landen zijn zich sterk aan het ontwikkelen en kennen een snel opkomende middenklasse. Hierdoor komt autobezit in het bereik van velen.

De Verenigde Staten is uniek in de wereld voor wat betref het grote aantal zogenaamde 'lighttrucks' die in gebruik zijn voor personenvervoer. Onder lighttrucks vallen SUV's (sports utility vehicles), minibusjes en pick-ups. Deze lighttrucks zijn, vanwege het grotere formaat dan reguliere personenauto's, niet opgenomen in deze tabel. Lighttrucks vormen in de Verenigde Staten, en ook in toenemende mate in Europa, een belangrijk deel van het personenvervoer. Deze lighttrucks worden gekenmerkt door een hoog gewicht en een groot motorvermogen. Hierdoor verbruikt dit type auto's relatief veel brandstof.

Wanneer Tabel 3.1 verder wordt bestudeerd vallen een aantal zaken op. Zo was er in de Verenigde Staten in 1950 en 1960 al sprake van een aanzienlijk autobezit, terwijl in Europa er in die jaren nog relatief weinig auto's waren. De Verenigde Staten bereikt de fase van de eerdergenoemde zogenaamde massa automobilititeit eerder dan Europa. Verder valt op dat het autobezit in de westerse wereld tussen 1993 en 2003 slechts gering is gegroeid met groeipercentages van 0,3% voor de Verenigde Staten tot 2,2% voor het

Verenigd Koninkrijk. Tussen 1990 en 2000 is het aantal geregistreerde auto's in de Verenigde Staten zelfs teruggelopen. Hier moet wel aan toegevoegd worden dat het bezit van lightrucks in die jaren wel sterk is gegroeid.

Tabel 3.1 Registratie van auto's in verschillende landen van 1950-2003, in duizendtallen

Jaar	China	India	Frankrijk	Verenigd Koninkrijk	Duitsland	Verenigde Staten	% VS in wereld	Totaal wereld
1950	###	###	###	2307	###	40339	76,00%	53051
1960	###	###	4950	5650	4856	61671	62,70%	98305
1970	###	###	11860	11802	14376	89244	46,10%	193479
1980	351	###	18440	15438	23236	121601	38,00%	320390
1990	1622	2694	34924	22528	30695	133700	30,70%	435050
2000	3750	3750	28060	27185	43772	127721	23,30%	547147
2003	6789	6669	29560	29008	44023	130800	22,10%	589272
1993-2003	9,00%	7,10%	1,90%	2,20%	1,20%	0,30%		2,70%

Bron: Davis et al. (2006)

Passagierskilometers in Europa en de Verenigde Staten

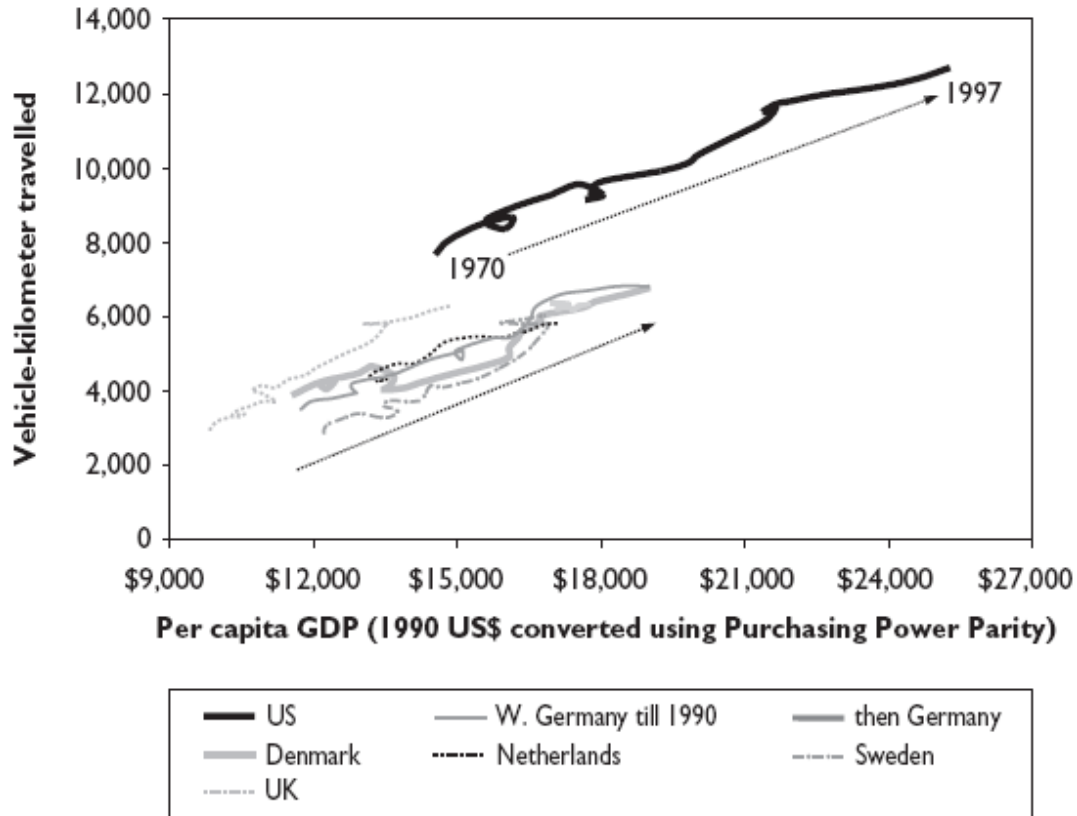
Om te weten te komen hoe de automobiliteit zich in de toekomst zou kunnen gaan ontwikkelen, is het interessant om te zien hoe de automobiliteit verschilt over de wereld. Vergelijkingen tussen mondiaal belangrijke spelers op het gebied van automobiliteit zouden wellicht kunnen helpen bij het bieden van antwoorden op vragen over hoe de toekomstige automobiliteit er uit zou kunnen zien. In ieder geval is duidelijk, dat er een aanzienlijk verschil in automobiliteit tussen de Verenigde Staten en Europa bestaat. Dit grote verschil in de huidige automobiliteit heeft tot gevolg dat een verandering van brandstofprijs in Europa waarschijnlijk andere effecten zal hebben dan in de Verenigde Staten. Ook is het duidelijk dat landen als India en China een sterk groeiend aandeel uitmaken van het mondiaal afgelegde aantal autokilometers.

In de Verenigde Staten wordt al geruime tijd een aanzienlijke hoeveelheid onderzoek verricht naar automobiliteit. Gegevens over zaken zoals aantallen afgelegde kilometers en autobezit zijn relatief eenvoudig te verkrijgen bij instanties als het federale ministerie van energie van de Verenigde Staten². Het IEA³ publiceert data voor zowel Europese landen als de Verenigde Staten. Data over automobiliteit in de Verenigde Staten en Europa zijn in voldoende mate voorhanden. Voor veel andere landen in de wereld ligt het zoals eerder gemeld wat anders. Een aanzienlijk aantal landen publiceert slechts zeer beperkt data voor wat betreft automobiliteit. Dit is één van de redenen dat dit rapport zich beperkt tot een vergelijking tussen de Verenigde Staten en Europa.

²Het 'US Department of energy' publiceert een veelheid aan energiedatabases en rapporten, meestal met de Verenigde Staten als onderzoeksterrein. Deze publicaties zijn gratis toegankelijk.

³'International Energy Association' deze organisatie is onderdeel van de OECD en publiceert met regelmaat onderzoeksrapporten. Zwak punt van de informatie is dat bij internationale vergelijkingen niet consequent dezelfde landen worden betrokken.

Figuur 3.2 Afgelegde autokilometers per jaar per capita en GDP per capita in de Verenigde Staten en een aantal Europese landen.



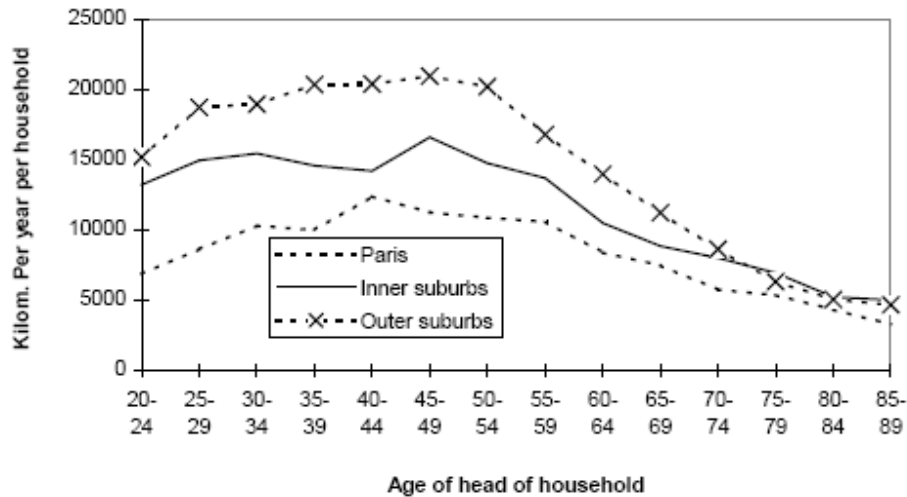
Bron: IEA (2000)

In figuur 3.2 is te zien dat de automobilititeit in de Verenigde Staten een stuk groter is dan in de weergegeven Europese landen. In de vijf Europese landen worden in 1997 om en nabij de 6000 kilometer per auto afgelegd, terwijl dit aantal in de Verenigde Staten in dat jaar ongeveer 12000 kilometer bedraagt. Tussen 1970 en 1997 was het aantal afgelegde kilometers in de Verenigde Staten constant ongeveer factor twee hoger dan in de Europese landen.

Invloed van de demografie op de automobilititeit

In figuur 3.3 is te zien dat de factor leeftijd een sterke invloed heeft op de mobiliteit. Globaal gezegd rijden mensen met een leeftijd van tussen de 25 en de 55 jaar het hoogste aantal kilometers. Wanneer de leeftijd van 55 bereikt wordt, begint het aantal afgelegde kilometers sterk af te nemen. Dit zou betekenen dat in een gebied dat sterk vergrijsd is, de mobiliteit minder groot zou zijn dan in een gebied dat economisch en geografisch gelijk is, maar een minder sterke vergrijzing kent. Zowel Europa als de Verenigde Staten zullen de komende decennia verder vergrijzen (De Jong 2001). Dit zou het aantal afgelegde kilometers in deze gebieden kunnen drukken.

Figuur 3.3 Afgelegde kilometers per jaar per huishouden gemeten over de levenscyclus, per gebied



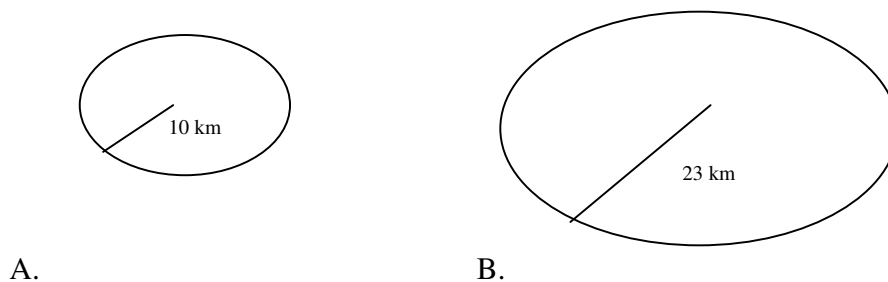
Bron: Madre, 2002

3.3 Verschillen tussen de Verenigde Staten en Europa

Geografische factoren

In het vorige hoofdstuk werd verteld dat een Europese stad groter dan 250.000 inwoners niet meer kan voldoen aan alle vraag naar mobiliteit door middel van de auto. Voor steden in het westen van de Verenigde Staten liggen de aantallen mensen die nodig zijn voor het bereiken van bepaalde niveaus van openbaar vervoer veel hoger. Dit wordt veroorzaakt doordat de bevolkingsdichtheid in deze steden veel lager ligt dan in de meeste Europese steden.

Figuur 3.4 De omvang van een stad van 1,5 miljoen mensen in Europa (A) en in de Verenigde Staten (B) in 1980⁴



⁴ A: Een stad in Europa met 1,5 miljoen inwoners (Kopenhagen, München, Wenen)
 B: Een stad in de Verenigde Staten met 1,5 miljoen inwoners (Denver, Phoenix)

Tabel 3.2 Enige kenmerken van een stad in Europa en de Verenigde Staten

	A (Europa)	B (VS)
Bevolkingsdichtheid (pers./km)	5000	1000
Wegennetwerk (km.)	3000	15000
Autokilometers p.p.	3000	10000
Totale aantal km. p.p	5000	10000

Bron: Polak en Heertje, 2000, p.168

Figuur 3.4 en tabel 3.2 laten veel zien over de verschillen tussen de Amerikaanse en Europese stad. Zo is de afstand van centrum tot stadsrand in de gemiddelde Amerikaanse stad veel groter dan in de gemiddelde Europese stad. Dit wordt veroorzaakt door de veel lagere bevolkingsdichtheid van Amerikaanse steden ten opzichte van Europese steden. De bevolking woont veel meer ruimtelijk gespreid. Het wegennetwerk in een Amerikaanse stad is volgens dit voorbeeld maar liefst factor vijf maal groter dan het netwerk in een Europese stad. Deze wegen worden minder druk bereden dan in Europa, want het verschil in aantal autokilometers bedraagt iets meer dan factor drie. Dit verschil tussen de automobilititeit in een Amerikaanse en Europese stad is groter dan het verschil tussen de automobilititeit in zijn geheel zoals te zien was in paragraaf drie van dit hoofdstuk. Wat verder opvalt, is het verschil in het belang van openbaar vervoer. Het totale aantal afgelegde kilometers is in de Amerikaanse stad vrijwel gelijk aan het aantal afgelegde kilometers per auto. Dit betekent dat openbaar vervoer in een Amerikaanse stad van 1,5 miljoen inwoners nauwelijks een rol speelt, terwijl dit in de Europese stad met 2000 kilometers per persoon per jaar zeker een belangrijke vervoerwijze is.

Efficiëntie van auto's

Na de tweede wereldoorlog, toen er meer goedkope olie kwam, verdween de obsessie voor efficiëntie. De nadruk verschoof van minder energie gebruiken naar meer energie verkrijgen. Dit geldt voornamelijk voor de Verenigde Staten. Na de oliecrises in de jaren '70 ontstond een herontdekking van brandstofefficiëntie (Roberts, 2005).

De Verenigde Staten zijn met hun 5% van de wereldbevolking jaarlijks goed voor ongeveer 25% van de mondiale energieconsumptie (Roberts, 2005). In de Verenigde Staten is het wagenpark minder energie efficiënt dan in Europa, mede vanwege het in paragraaf 3.3 genoemde grote aandeel lightrucks. De opkomst van de 'Lighttruck' heeft tot een stijging van de olievraag in de Verenigde Staten geleid (Roberts, 2005). Volgens Jones (2007) hebben Amerikaanse auto's een verbruik van 20,4 mile per gallon tegenover 40 voor de Europese auto's.

Als de Verenigde Staten dezelfde eisen aan efficiëntie van auto's zou stellen als Europa, en auto's daar dus zuiniger zouden gaan rijden, scheelt dat volgens Aan de Brugh (2006) vier miljoen vaten olie per dag. Dat is één vijfde van het oliegebruik van dat land. Door het hogere brandstofverbruik van Amerikaanse auto's, zijn de variabele kosten van het autorijden hoger dan in Europa.

3.4 Conclusie

Automobiliteit had in Europa en de Verenigde Staten de grootste groei in de jaren '50 en '60. In landen met een sterke economische groei als China en India is de automobiliteit de afgelopen jaren sterk toegenomen en zal de komende jaren nog sterk verder groeien.

Tussen de Verenigde Staten en Europa zijn een aantal belangrijke verschillen in automobiliteit.

- In de Verenigde Staten worden veel meer kilometers per persoon per jaar afgelegd dan in Europa.
- In Europa is de accijns op brandstof veel hoger dan in de Verenigde Staten.
- De gemiddelde Amerikaanse auto verbruikt meer brandstof dan de gemiddelde Europese auto.
- Doordat in de Verenigde Staten de accijns op brandstof lager is, de auto's meer brandstof verbruiken en er meer kilometers worden afgelegd, heeft een stijging van de ruwe olieprijs een relatief grotere impact op de kosten van het autogebruik dan in Europa.

4. De verschillende theorieën over de wereldvoorraad brandstoffen

4.1 Inleiding

Kennis over de grootte van de energie reserves van de aarde is gewild. Energiemaatschappijen willen weten waarin te investeren, regeringen van landen willen graag weten welk energiebeleid te voeren en de consument wil zekerheid. Iedereen wil graag weten wat brandstof in de toekomst kost. Wanneer bekend zou zijn hoe groot de voorraden van de verschillende energiebronnen zijn, zou veel onzekerheid over de toekomst van energie wellicht verdwijnen. Het hangt echter sterk af van de prijs die betaald wordt, hoe groot de voorraad van een bepaalde brandstof is.

Op de vraag hoe groot de voorraad van de verschillende energiebronnen is, allerm minst een eenduidig antwoord te geven. Wanneer ook nog rekening gehouden wordt met de snelheid waarmee de energiebronnen uitgeput worden, wordt het nog veel gecompliceerder. Over de verschillende theorieën en factoren aangaande de wereldvoorraad brandstoffen gaat dit hoofdstuk. Bij het lezen van dit hoofdstuk is het verstandig het volgende citaat van het International Energy Agency in het achterhoofd te houden: 'Estimating reserves remains as much an art as a science' (2004, p89).

4.2 Theorieën omtrent de voorraad fossiele brandstoffen

De R/ P ratio

Het essentiële uitgangspunt bij de studie naar de voorraad van brandstoffen is de vraag hoe lang er nog een voldoende hoeveelheid van een bepaalde brandstof voor handen is. De eenvoudige formule die hierover is opgesteld wordt de 'R/P ratio' genoemd:

$$L = R / P$$

waarbij:

L = de levensduur van de energiebron

R = aangetoonde reserves (proven reserves)

P = productie snelheid (annual production rate)

(Goodger, 2000)

Bij de factor R zijn twee zaken van groot belang. Ten eerste wordt door de beschikbare technologie bepaald of een energiebron al dan niet aangeboord kan worden. Op de factor technologie wordt onder het kopje 'productiesnelheid' verder ingegaan. Tweede zaak van belang bij de factor R zijn de verschillende categorieën van oliereserves. Deze worden hieronder duidelijk wordt gemaakt.

Categorieën van reserves

Het International Energy Agency (2003) schrijft dat er in feite drie categorieën van reserves zijn. Wanneer in een document gesproken wordt over de aardolie reserves, is het essentieel stil te staan bij de vraag over welke categorie van reserves het gaat. De drie categorieën die onderscheiden worden:

- ‘Proven reserves’: bewezen reserves, olie en gas dat met behoorlijke zekerheid gewonnen kan worden met behulp van huidige techniek en op het huidige niveau van de prijzen en met de huidige overheidsregels. In de industrie wordt dit wel categorie 1P genoemd en soms ook P90. Dit vanwege de 90% zekerheid dat deze olie gewonnen kan worden.
- ‘Probable reserves’: waarschijnlijke reserves, olie en gas dat met een behoorlijke waarschijnlijkheid gewonnen kan worden met behulp van huidige techniek en onder de huidige prijzen en de huidige overheidsregels. In de industrie wordt dit wel categorie P50 genoemd. Vanwege de 50% zekerheid dat het gewonnen kan worden. Een andere naam voor deze categorie is 2P, ofwel ‘Proven plus probable’.
- ‘Possible reserves’: mogelijke reserves, er bestaat een kans dat dit gewonnen kan worden, onder ideale omstandigheden. Deze categorie wordt ook wel P10 genoemd, vanwege de 10% zekerheid dat dit gewonnen kan worden in de nabije toekomst. Een andere naam voor deze categorie is 3P ofwel ‘Proven plus probable plus possible’.

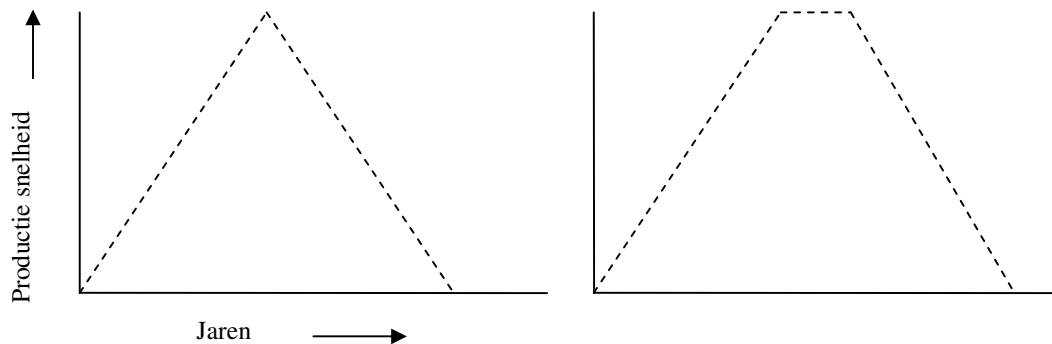
De productiesnelheid

Op de factor P (de productiesnelheid van olie) is een veelheid van zaken van invloed. Deze zaken komen deels overeen met de in hoofdstuk 2 genoemde factoren die de vraag naar automobilititeit bepalen. Dit zijn onder andere:

- brandstofprijis
- welvaart in de wereld
- bevolkingsgroei
- beschikbaarheid van alternatieven voor olie
- stand van de technologie
- overheidsbeleid.

Volgens Roberts (2005) volgt de productie snelheid van olie uit een bepaald olieveld een ‘belcurve’. De top van de belvorm stelt de piek in de olieproductie voor, die bereikt wordt als de helft van het olieveld uitgeput is. Deze theorie is bedacht door M. King Hubbert en wordt de Peak Oil theorie genoemd.

Figuur 4.1 Mondiale aardolieproductiesnelheid: twee soorten pieken



In figuur 4.1 staan twee grafieken afgebeeld. In dit geval zijn de lijnen van de belcurves rechtgetrokken. De twee grafieken geven heel schematisch twee mogelijke scenario's van aardolieproductie weer die worden beschreven door Roberts (2005) in zijn boek 'The end of oil'. In werkelijkheid hebben de lijnen uiteraard een veel grilliger verloop en is de toename in productiesnelheid allerm minst lineair. De linker situatie is de situatie van gelijkblijvende prijzen en gelijkblijvende technologie. Op een gegeven moment wordt een piek in productiesnelheid bereikt, waarna de snelheid waarmee de aardolie gewonnen wordt, af zal nemen. In het geval van de rechter grafiek wordt de piek gerekt. Door prijsstijging ontstaat nog fanatieker zoeken naar oliebronnen, waardoor de daling in productie uitgesteld wordt. Dat de productie ooit zal gaan afnemen is een ding dat zeker is. De vraag is echter wanneer dat zal gebeuren, met andere woorden: hoe lang kunnen toenemende investeringen in het opsporen en aanboren van olievelden nog opwegen tegen de almaar stijgende vraag naar olie? Deze vraag is niet te beantwoorden. Wat de prijs van olie de komende jaren zal bedragen is ook niet te voorspellen, noch uit te rekenen. Wetenschappelijk verantwoord is hooguit het opstellen van verschillende scenario's voor het uitgeput raken van de aardolievoorraad. In het komende hoofdstuk zullen verschillende scenario's onder de loep genomen worden.

Optimisten en pessimisten

Volgens Roberts (2005) zijn wetenschappers, bedrijven en instituties die inschattingen maken over de voorraad aardolie in te delen in optimisten en pessimisten. In tabel 4.1 wordt duidelijk dat de zogenaamde 'optimisten' en 'pessimisten' er nogal verschillende ideeën op na houden. In de praktijk zijn vele toekomstverkenningen die gemaakt worden een middenweg tussen het optimistische en pessimistische gedachtegoed.

Tabel 4.1 Inschattingen over de voorraad aardolie: optimisten en pessimisten

Optimisten	Pessimisten
Piek nog niet bereikt	Piek is bereikt
Piek wordt gerekt	Na de piek volgt snel een tekort aan olie
Sterk geloof in nieuwe technologie	Technologie verandert wanneer er nood is
Alternatieven voor olie beschikbaar	Alternatieven niet snel genoeg beschikbaar

Bron: Roberts (2005)

Gesteld zou kunnen worden dat de aanhangers van de linker grafiek in Figuur 4.1 'pessimisten' zijn, en de aanhangers van de rechter grafiek 'optimisten'.

4.3 Conclusie

Bij inschattingen over de voorraad aardolie zijn twee factoren essentieel: de aanwezige reserves en de productiesnelheid. Bij het maken van een inschatting van de voorraad olie die er nog is, en hoe lang we hiermee nog vooruit kunnen, speelt een veelheid aan factoren een rol.

Wetenschappers, bedrijven en instituties die inschattingen maken over de voorraad aardolie zijn in te delen in optimisten en pessimisten. Aan de hand van de verschillende theorieën over olievoorraad en productiesnelheid, kunnen er verschillende scenario's worden opgesteld voor de toekomst van aardolie. Dit wordt in het volgende hoofdstuk dan ook gedaan.

5. Brandstof en brandstofprijs

5.1 Inleiding

Als het gaat om energieplanning is volgens Wohlgemuth (1998) de vervoersector zeer belangrijk, omdat deze in de meeste gebieden de grootste dan wel snelst groeiende gebruiker van brandstoffen is. Deze constatering van Wohlgemuth werd al bevestigd door de groeicijfers van autobezit in India en China die in hoofdstuk 3 over automobilitieit aan bod kwamen. In dit hoofdstuk worden verschillende brandstofvraagstukken besproken alsmede de verschillende zogenaamde 'energie economieën'. De verschillende soorten brandstoffen, de prijs en consumptie van deze brandstoffen en de brandstoffen voor de toekomst zullen besproken worden. De landen China en India komen aan bod om aan te geven wat de invloed van sterk groeiende economieën is op mondiale energie vraagstukken.

Wanneer het in dit rapport gaat over brandstofprijzen, dan gaat het over iets anders dan olieprijs. In tegenstelling tot olie, dat een ruw product is, is brandstof een eindproduct dat de consument bij een tankstation kan verkrijgen. Een ander verschil tussen brandstof en olie is de mate waarin de prijs stijgt wanneer er een oliecrisis optreedt. Wanneer de prijs van ruwe olie met 100% stijgt, neemt de prijs van benzine in Nederland volgens de SIO (1998) met slechts 11,5% toe. Brandstofprijzen verschillen sterk per land. Dat wordt voor een groot deel veroorzaakt door de verschillen in accijnzen. In de meeste landen in Europa bestaat het grootste deel van prijs die aan het tankstation voor brandstof wordt betaald uit accijns (Polak en Heertje, 2000). Aangezien er verschillen bestaan in hoogte van accijns tussen verschillende landen, zijn er ook verschillen per land in de mate waarin de stijging van de prijs van ruwe olie doorwerkt in de consumentenprijs van brandstof.

De definitie van het begrip brandstofprijs zoals die in dit rapport gebruikt wordt, is de prijs per liter die in een bepaald land betaald wordt voor de verschillende typen brandstoffen. Dit is de prijs inclusief accijnzen. Wanneer het in dit rapport gaat over brandstofprijzen dan gaat het om de prijzen van brandstoffen voor auto's. Op internationaal niveau zijn er slechts cijfers van benzine en diesel voor handen. Om deze reden worden de prijzen van brandstoffen als Biodiesel, LPG, Methanol etc. buiten beschouwing gehouden bij internationale vergelijkingen.

5.2 Energie-economie

De definitie van 'energie-economie' die hier gebruikt wordt: de energie die een economie gebruikt plus de infrastructuur die daar bij hoort (Roberts 2005). In het verleden werd andere energie gebruikt dan nu, met een bijbehorende andere infrastructuur. Roberts zegt dat er een sterk verband bestaat tussen energiegebruik en economische ontwikkeling. Volgens hem is de rijkdom van mensen voortgekomen uit de beschikbaarheid van energie.

Volgens Roberts zijn de ontwikkelingen in de wereld energie-economie in drie fasen op te delen. In de eerste fase was hout de gebruikte energiebron, later werd dit steenkool en

in de twintigste eeuw kwam de aardolie economie op. Deze aardolie economie zal in de toekomst overgaan in een andere economie, daar de hoeveelheid beschikbare aardolie eindig is. De overgang van de aardolie economie naar een andere vorm van energie gebruik, levert -afhankelijk van de soort energie die gebruikt gaat worden- verschillende voor- en nadelen op.

Goodger (2000) heeft het over drie grote transitie's in de mondiale energie voorziening in combinatie met vervoersmogelijkheden. Deze redenering komt grotendeels overeen met de drie fasen die Roberts beschrijft. Opvallend is dat Roberts de introductie van elektriciteit als energiedrager niet noemt.

1. De combinatie steenkool/ stoomkracht vervangt natuurlijke, dierlijke en menselijke energie. Dit leidt tot de industriële revolutie.
2. In de tweede fase wordt elektriciteit als energiedrager geïntroduceerd.
3. Brandstoffen uit aardolie en de bijbehorende verbrandingsmotor vormen de derde fase.

Volgens Goodger zal er in de toekomst meer aardgas gebruikt gaan worden en zullen ook alternatieve brandstoffen aan belang winnen. Volgens hem zou het ook kunnen zijn dat een tot dus ver onbekende bron van energie in gebruik genomen gaat worden. De vervanging van de ene energiebron door de andere wordt volgens Goodger niet veroorzaakt door het uitgeput raken van een bron, maar een andere bron wordt economisch aantrekkelijker. Zo is de voorraad steenkool nog lang niet opgebruikt, maar is een groot deel hiervan economisch (nog) niet winbaar. Volgens Goodger wordt aardgas in de komende decennia de grootste bron van energie. In de loop van de 21^e eeuw zal aardgas in meer dan 50% van de mondiale energiebehoefte gaan voorzien. Het International Energy Agency (2003) sluit zich hierbij aan.

Volgens Roberts (2005) is in het verleden gebleken dat de overgang van de ene energie technologie naar de ander nogal abrupt plaatsvond. De sprongen die gemaakt zijn van hout naar steenkool en van steenkool naar olie, veroorzaakten economische verstoring en politieke onzekerheid. Dit waren relatief langzame transitie's die verspreid over meerdere decennia plaatsvonden. De overgang van de aardolie economie naar een andere energie economie zou volgens Roberts (2005) wel eens voor aanzienlijke verstoringen kunnen zorgen, gegeven het feit dat de hedendaagse energie infrastructuur nog meer verweven is met de mondiale economie en politiek en cultuur dan in het verleden het geval was. Bovendien is er wereldwijd een enorm bedrag geïnvesteerd in de energie-economie zoals we die nu hebben. De waarde van de huidige energie-economie is volgens Roberts (2005) naar schatting zo'n 10 biljoen oftewel 10.000 miljard dollar.

Wijnberg en Rieger (2006) vatten als volgt samen hoe zij verwachten dat de energie-economie zich ontwikkelt: olie en gas zullen gebruikt worden zo lang de voorraad strekt, daarna steenkool en kernenergie. Zij verwachten dat er de komende decennia een zwaar beroep zal worden gedaan op fossiele brandstoffen, want volgens hen bieden duurzame bronnen nog lang geen vervanging voor fossiele brandstoffen.

Volgens Rifkin (2004) staan we aan de rand van de opkomst van een nieuwe energie-economie. Hij heeft een uitgebreide studie gedaan naar de gevolgen van het toepassen van waterstof als drager van energie. Hij heeft het over de opkomst van de waterstof economie. De ideeën van Rifkin over waterstof als drager van energie worden in paragraaf 5.7 over brandstoffen in de toekomst verder uitgewerkt

5.3 Brandstofprijzen

Bij de tankstations veranderen de brandstofprijzen regelmatig. Hier liggen tal van oorzaken aan ten grondslag. Prijzen veranderen soms sterk op de korte termijn, en trekken dan later weer richting de oude prijs. Op de lange termijn zijn er weer andere trends te ontdekken. Op de lange termijn wordt brandstof, op wat prijsdalingen na, steeds duurder. Over de vraag welke factoren de brandstofprijs bepalen en wat de oorzaak van prijsschommelingen van brandstof is, gaan deze en de volgende paragraaf.

Vraag naar brandstof

De prijs van brandstof wordt in hoofdzaak bepaald door de vraag naar en het aanbod van brandstof. De vraag naar brandstof is volgens Wohlgemuth (1998) een 'derived demand', ofwel de vraag is afgeleid uit meerdere factoren. Hierdoor is het volgens hem moeilijk de vraag naar brandstof voor vervoer te modelleren. De vraag naar brandstoffen voor automobilititeit is echter af te leiden uit de vraag naar automobilititeit in het algemeen. Waar rekening mee dient te worden gehouden is het brandstof verbruik van auto's en hoe dit verschilt per land of gebied. De vraag naar automobilititeit is in hoofdstuk 2 uitgebreid aan bod gekomen.

Aanbod van brandstof

Het aanbod van brandstof wordt volgens SEO (1998) bepaald door:

- Het aanbod van ruwe olie
- De beschikbare raffinage capaciteit
- De aanwezige reserves

Het moge duidelijk zijn dat al deze drie onderdelen van het aanbod van brandstof voor de Verenigde Staten en Europa in de knel komen wanneer andere landen meer brandstof gaan consumeren. Dit lijkt in de praktijk ook daadwerkelijk te spelen.

Tabel 5.1 Jaarlijkse groeicijfers van de energieconsumptie (in procenten)

	1971-1980	1980-1992
Low-income economies	6,8	5,4
Middle income economies	6,2	9
High income economies	2	1,5

Bron: Hanson, 1995 p.351

Er bestaat, zoals al in paragraaf 5.2 werd genoemd, een sterke samenhang tussen energieverbruik en economische groei. In ontwikkelingslanden groeit de vraag naar energie veel sneller dan in de ontwikkelde landen (tabel 5.1). Hoewel energieconsumptie iets anders is dan brandstofconsumptie zeggen deze cijfers wel iets over de grote verschillen in groei van de energievraag tussen ontwikkelingslanden en ontwikkelde landen. Het International Energy Agency (2004) zegt hier het volgende over: alle grote olie consumerende landen, waaronder nu ook India en China, worden steeds afhankelijker van geïmporteerde olie uit een steeds kleinere groep olieproducerende landen. Sommige van deze landen zijn politiek zeer instabiel. Als gevolg hiervan zullen oliemarkten waarschijnlijk minder flexibel worden en prijzen zullen nog onstabiel worden.

Volgens het IEA (2000) is China vanaf 1993 netto olie-importeur en zal de olie-import van dit land het komende decennium groter zijn dan de olie-import van de meeste OECD landen. De sterk stijgende vraag naar brandstof vanuit China en India samen met het tekort aan raffinagecapaciteit zijn volgens Aan de Brug (2006) de grote krachten achter de dure olie van het moment.

Overige factoren die de prijs van brandstof beïnvloeden

Tankstations

In de meeste landen met een vrije markt wordt de uiteindelijke consumentenprijs van brandstof door de tankstationhouder vastgesteld. De aanbieder van brandstoffen verkoopt de brandstof aan tankstations voor een prijs die bepaald wordt door de heersende marktcondities. De tankstationhouder besluit dan welke prijs hij zal rekenen aan de consument. Wanneer er meer aanbod van brandstof is dan vraag, zullen tankstationhouders hun prijzen verlagen om zo met andere tankstations te kunnen concurreren. Wanneer de vraag naar brandstof op een bepaald moment hoger is dan het aanbod, verhogen tankstationhouders hun prijs. Hogere prijzen zorgen voor een aanmoediging van het zoeken naar alternatief aanbod van brandstof. In vrije markten zorgt concurrentie er meestal voor dat snel een balans tussen vraag en aanbod ontstaat (Exxonmobil, 2006).

De invloed van logistiek

Kosten voor vervoer variëren sterk met afstand en hoeveelheid van de vervoerde brandstof. Het kost relatief weinig geld om ruwe olie naar raffinaderijen dichtbij olievelden te brengen en het vervoeren van brandstof naar klanten in de buurt van de raffinaderij is goedkoper dan het vervoeren naar afgelegen klanten. Brandstof is duurder in markten met relatief weinig klanten en beperkte infrastructuur vanwege extra vervoerskosten ten opzichte van gebieden met meer klanten en betere infrastructuur. Volgens het IEA (1999) speelt ook verdamping een rol. Dit varieert per type brandstof en met de duur van het vervoer. Door deze genoemde factoren is volgens Exxonmobil (2006) brandstof in afgelegen en kleine markten zoals Afrika of andere ontwikkelingsgebieden vaak het duurste om aan te voeren

OPEC

Volgens Roberts (2005) zou de olie die door de OPEC geproduceerd wordt, voor de helft van de huidige prijs aangeboden kunnen worden, maar deze prijs is gekoppeld aan de non- OPEC prijzen. Dergelijke prijskoppelingen zijn sterk bepalend voor de uiteindelijke marktprijs van brandstof.

Speculaties

Vroeger hielden alleen oliemaatschappijen en regeringen zich bezig met olieprijsen, tegenwoordig is er ook een grote groep beleggers en speculanten die zich hiermee bezig houdt, aldus Wijnberg en Rieger (2006). Van de prijs van rond de \$60 die in het najaar van 2006 gold voor een vat ruwe olie zou volgens hen \$30 voortgekomen kunnen zijn uit speculatie.

Accijnzen en subsidies op brandstof

Accijns wordt door de overheid van een land opgelegd. In sommige gevallen worden internationale afspraken over accijns gemaakt. Zo zijn er op het niveau van de Europese Unie minimumtarieven voor accijns opgesteld. Wanneer we figuur 5.1 bekijken wordt duidelijk dat accijns een grote invloed heeft op de prijs die de consument betaalt voor brandstof. Voor dit rapport is met name het grote verschil in accijns tussen Europa en de Verenigde Staten van belang.

Ruimtelijke verdeling van brandstofprijzen in verleden en heden

Tabel 5.1 Benzineprijzen tussen 1978 en 2003 in drie Europese landen en de Verenigde Staten in Amerikaanse dollars per liter

	1978	1982	1986	1990	1994	1996	2000	2003
Frankrijk	0,57	0,68	0,68	0,90	0,87	1,17	1,06	1,25
Verenigd Koninkrijk	0,32	0,64	0,55	0,67	0,76	0,92	1,36	1,31
Duitsland	0,46	0,57	0,50	0,72	0,88	1,14	1,00	1,16
Verenigde Staten	0,17	0,35	0,25	0,27	0,33	0,34	0,39	0,44
	Verandering in % per jaar							
	'78-'03	'90-'03						
Frankrijk	3,2%	2,6%						
Verenigd Koninkrijk	5,8%	5,2%						
Duitsland	3,7%	3,8%						
Verenigde Staten	3,7%	3,6%						

Bron: Energy Information Administration (2004)⁵

Wanneer we tabel 5.1 bestuderen, valt op dat de prijzen voor benzine in de Verenigde Staten continue een stuk lager liggen dan die in Europa. Ook valt op dat de prijzen in het Verenigd Koninkrijk sterk zijn gestegen tussen '78 en '03. Ook valt op dat de prijzen van

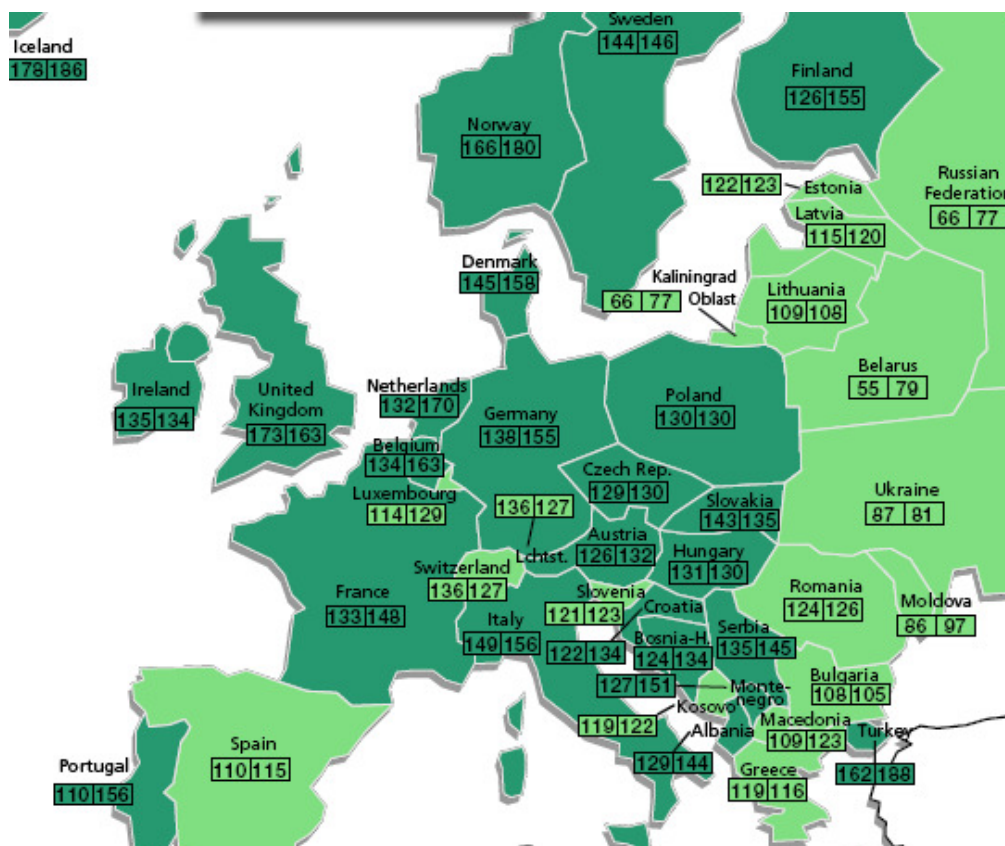
⁵ Vergelijkingen tussen prijzen en prijsontwikkelingen in verschillende landen dienen om meerdere redenen met enige voorzichtigheid te worden bestudeerd. Zo kunnen er fluctuaties optreden in de waarde van de dollar ten opzichte van andere munteenheden en is de kwaliteit van de benzine niet overal gelijk.

Frankrijk, Verenigd Koninkrijk en Duitsland niet ver uit elkaar liggen. De oorzaak hiervan ligt in het feit dat deze landen een ongeveer gelijk bedrag aan accijns heffen op benzine.

De huidige brandstofprijzen voor de Europese landen staan afgebeeld in figuur 5.1. De landen in donkergroen zijn de landen waar de accijns op brandstof hoog is, in de lichtgroene landen is de accijns lager. De hoogste prijzen voor benzine en diesel vinden we in de landen met de hoogste inkomens, de laagste prijzen in de landen met lagere inkomens. Hierop zijn ook uitzonderingen: zo is de brandstofprijs in Luxemburg niet zo hoog als op basis van het inkomen te verwachten is.

De prijs van super benzine in de Verenigde Staten was 63 dollarcent per liter in november 2006. De prijs van Diesel was 6 cent hoger met 69 dollarcent. De prijzen van de twee belangrijkste brandstoffen voor automobilititeit liggen dus nog steeds aanmerkelijk lager dan in Europa.

Figuur 5.1 Prijzen voor Diesel en Super benzine in november 2006 in Europa⁶



Bron: GTZ (2007)

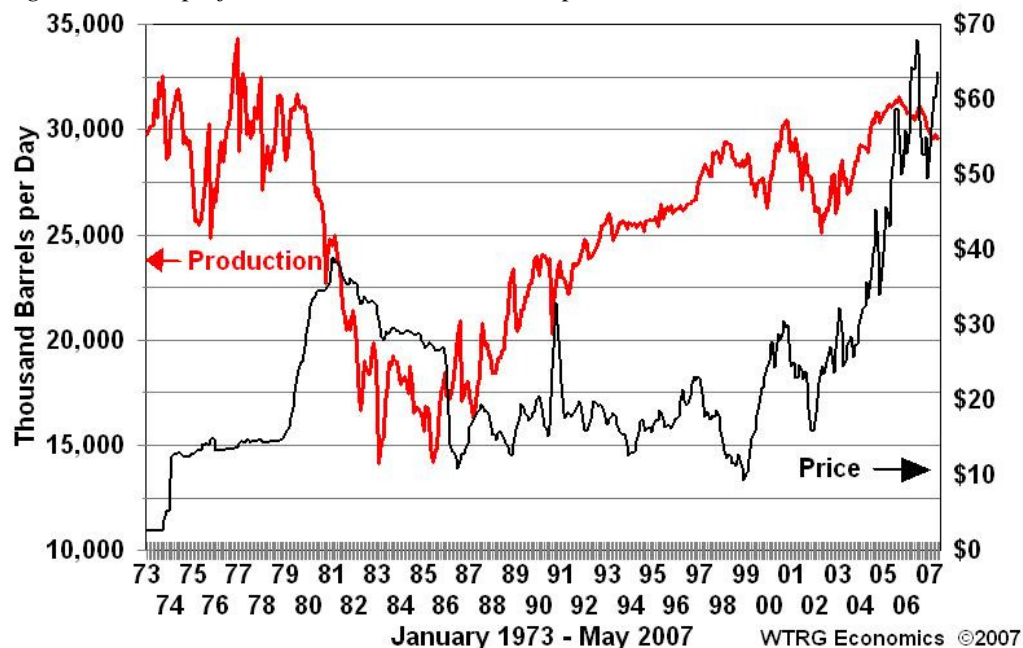
⁶ De prijzen zijn uitgedrukt in Amerikaanse dollarcenten. Het linker cijfer geeft de Dieselprijs weer, het rechter cijfer de prijs van Super benzine. De kleur waarin het land is afgebeeld geeft de hoogte van subsidies of accijnzen weer, waarbij in een lichtgroen land de accijnzen op brandstof minder hoog zijn dan de accijnzen in een donkergroen gekleurd land.

5.4 Waarom brandstofprijzen fluctueren

De prijstendens van brandstof volgt op de lange termijn in principe de kostprijs. Maar prijzen variëren van locatie tot locatie als gevolg van concurrentie. Deze concurrentie ontstaat door verschillen in aantal en formaat van het tankstation, het aantal klanten, de hoeveelheid verkochte brandstof, het type verkochte brandstof, de accijns en andere factoren. Verder is er volgens Exxonmobil (2006) nog sprake van vele andere factoren die de balans tussen vraag en aanbod van brandstof zowel opwaarts als neerwaarts kunnen beïnvloeden en op deze manier de prijs zowel kunnen laten stijgen, als ook laten dalen.

Het is inmiddels duidelijk geworden dat de beschikbare voorraad van invloed is op de prijs van brandstof. Op de termijn van enige jaren hebben gebeurtenissen in de wereld echter een grotere invloed op stijgingen in de brandstofprijs dan het uitgeput raken van olie. De olieprijs vertoont door de jaren heen een stijgende trend, maar is vaak gedurende een deel van een jaar, een jaar of zelfs meerdere jaren dalende. Dit is goed te zien in een grafiek, zoals in figuur 5.2.

Figuur 5.2 De prijs van olie en mondiale olieproductie tussen 1973 en 2007



Bron: Williams (2007)

Voor dit rapport zijn de kleine schokken in de olieprijs niet zo zeer van belang, maar gaat het meer om de ontwikkeling op de langere termijn. De vraag is hoe de brandstofprijzen zich zal gaan ontwikkelen de komende jaren, onder invloed van een stijgende vraag en drie verschillende scenario's voor aanbod van brandstof.

De invloed van seizoenen

De vraag naar brandstof varieert gedurende de loop van het jaar. Patronen verschillen over de wereld, maar als een algemene regel kan gesteld worden dat de prijzen van brandstoffen stijgen voor de zomer, wanneer er meer gereden wordt, en weer dalen gedurende de winter. Volgens het Moore Research Center (2004) heeft dit vooral te maken met de conditie van de weg, die is in de zomer beter dan in de winter. In de Verenigde Staten stijgt de vraag naar brandstof in periodes met mooi weer met 5% in vergelijking met de rest van het jaar. Al jaren lang stijgt in de Verenigde Staten de prijs voor een gallon (=3,785 liter) met 5 dollarcent wanneer de zomer intreedt. Dit kan komen door de stijging van de vraag, maar kan evengoed gevolg zijn van speculatie.

Handel in brandstoffen

Niet vaak wordt de invloed van de toekomstige marktontwikkeling genoemd bij het tot stand komen van de prijzen van brandstoffen. Op de grote beurzen wordt veel gehandeld in ruwe olie en andere brandstoffen. Op deze markten worden volgens Exxonmobil (2006) de prijzen net zo zeer bepaald door percepties over toekomstige marktcondities als door de eigenlijke vraag en het eigenlijke aanbod van brandstof. De prijzen waarvoor brandstof uiteindelijk daadwerkelijk verhandeld wordt, zijn vaak gelinkt aan deze sterk wisselende zogenaamde 'benchmark prices'.

Krapte in aanbod

Doordat de vraag naar olie ieder jaar groeit, en het aanbod deze groei nauwelijks bij kan houden, is er inmiddels zeker geen raffinage reserve meer zoals dat in de jaren '70 nog wel het geval was. Wanneer er nu onverwacht een olieproductie of raffinage probleem optreedt, zal er een tekort in aanbod ontstaan (Exxonmobil, 2006). Het gebrek aan aanbod in een gebied dient gecompenseerd te worden met precies het juiste type brandstof uit een ander gebied. Een dergelijk tekort in aanbod is de afgelopen jaren meerdere malen opgetreden, zoals in het najaar van 2005 toen de orkaan Katrina de olieproductie in een deel van de Golf van Mexico stil legde. De olieprijs steeg aanzienlijk voor een tijdelijke periode, doordat opgeboden werd voor de schaarse brandstof die er was. Later, als er weer een overschot aan aanbod ontstaat, neemt de prijs weer af.

5.5 Aardolie in de toekomst

Aardolie is nu veruit de meest gebruikte grondstof voor brandstof voor transport. Olieproducten vormen 90% van de mondiale transport brandstof (Roberts, 2005). Diesel en benzine vormen volgens het IEA (1999) 99% van de totale brandstof voor het wegtransport. Deze situatie is op het moment enigszins aan het veranderen. Er bestaan al bussen die rijden op aardgas, er zijn mogelijkheden om personenauto's op biodiesel te laten rijden, en in Brazilië wordt voor ongeveer 40% op ethanol gereden (Stichting Peakoil, 2006). Benzine en diesel zullen inmiddels wellicht een lager percentage vormen dan de 99% die het IEA in 1999 noemde. Toch zullen deze brandstoffen nu en in de komende jaren veruit de meest gebruikte brandstoffen zijn.

Toekomst van aardolie

Volgens het IEA (2004) zal het gebruik van olie voor transport tussen 2000 en 2030 bijna verdubbelen. Het is in hoofdstuk 4 duidelijk dat het vergroten van de productie van olie niet eeuwig door kan gaan. In verschillende documenten worden verschillende getallen genoemd betreffende de levensduur van aardolie. Hieronder volgen een aantal getallen van verschillende personen en instanties betreffende de voorraad en productie van aardolie.

Volgens Roberts (2005), weten overheden dat de piek in olieproductie eraan komt, maar houden ze het stil om ervoor te zorgen dat er geen economische crisis ontstaat. Volgens de regering van de Verenigde Staten wordt de piek in aardolieproductie in het jaar 2035 bereikt. Volgens sommige 'pessimisten' (geologen, industrie analisten en de olie industrie) werd de piek al een stuk eerder bereikt, namelijk in 2005 al (Roberts, 2005).

In een artikel in NRC Next van Aan de Brugh (2006) wordt energie expert Herman Franssen geïnterviewd. Volgens Franssen bereikt de olieproductie over 10 à 20 jaar haar top. De vraag naar energie neemt alleen maar toe. Het gevolg volgens hem is, dat wanneer we niets doen, de benzine over tien jaar twee of drie keer zo duur zal zijn. Bij een inflatie van 2% stijgen de prijzen in 10 jaar tijd ongeveer 22%. Wanneer Franssen gelijk krijgt zal brandstof over 10 jaar relatief veel duurder zijn geworden ten opzichte van de overige consumptiegoederen.

De topman van Shell, Jeroen van der Veer, stelt dat er meer dan voldoende olie en gas in de bodem zit voor de komende tientallen jaren en wellicht voor de komende eeuw. Volgens hem zit veel van deze olie en gas echter op moeilijk bereikbare plaatsen zodat er veel investeringen nodig zijn om deze voorraden te winnen. Voor sommige bronnen is nieuwe technologie nodig om winning mogelijk te maken. Om deze technologieën mogelijk te maken is geld nodig. Dat geld is er volgens Aan de Brugh (2006) wel, want de oliemaatschappijen varen wel bij de hoge olieprijs. Van der Veer zegt dat Shell de komende jaren zijn productie zal gaan uitbreiden door meerdere grote projecten in onder andere de Kaspische Zee en in Canada in productie te nemen. Shell produceert op dit moment 3,5 miljoen vaten olie per dag en hoopt volgens Van der Veer in 2015 op een productie van 4,5 tot 5 miljoen vaten per dag te zitten (Aan de Brugh, 2006).

Volgens Goodger (2000) hebben aardolie en aardgas nog een levensduur van respectievelijk 41 en 62 jaar. Hier dient aan toegevoegd te worden dat de daadwerkelijke levensduur waarschijnlijk hoger uit zal vallen daar hogere prijzen in de toekomst een intensievere winning van dezelfde bronnen mogelijk maken. Goodger gaat ervan uit dat er geen extra bronnen worden gevonden en dat er geen toename in de mondiale energieconsumptie plaatsvindt. Deze schatting van Goodger vormt hierdoor geen goede projectie naar de toekomst, daar waarschijnlijk wél nieuwe oliebronnen worden gevonden en de mondiale energieconsumptie wél sterk zal toenemen.

Hier is ervoor gekozen de cijfers van het International Energy Agency als uitgangspunt te nemen bij het opstellen van de scenario's over brandstofprijzen. Het IEA stelt scenario's

op over de toekomst van verschillende brandstoffen ter informatie van overheden. Het IEA is een onderdeel van de Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). De OECD telt 30 deelnemende landen. Dit zijn grofweg de rijke westerse landen plus landen als Slowakije, Zuid-Korea en Turkije. Cijfers van een organisatie als deze zijn hoogstwaarschijnlijk betrouwbaarder dan de cijfers die een land of een oliebedrijf publiceert.

Volgens het IEA (2004) zal de mondiale aardolie productie zijn piek niet voor 2030 bereiken, zolang de nodige investeringen in de infrastructuur voor olie maar worden gedaan. De capaciteit van oliewinning en raffinage zal moeten toenemen om te kunnen beantwoorden aan de toenemende vraag. Volgens het IEA dient er tussen 2003 en 2030 een bedrag van \$3 biljoen in de oliesector geïnvesteerd te worden. Volgens deze organisatie zal deze investering een belangrijke uitdaging gaan vormen voor de oliesector.

Deze uitspraak wordt bevestigd door Roberts (2005). De getallen die hij noemt zijn iets lager, maar komen wel in de richting. In zijn boek 'The end of oil' schrijft hij dat de olie industrie de komende drie decennia \$1,7 biljoen moet investeren om de huidige olie productie te kunnen behouden. Wanneer de aanzienlijke groei in de vraag naar olie, die hoogstwaarschijnlijk de komende drie decennia zal optreden, meegerekend wordt, dient er volgens hem \$2,2 biljoen geïnvesteerd te worden. Bij deze groei is de groei van de vraag in Azië inbegrepen. Wanneer bedacht wordt dat in Nederland in een jaar ongeveer een half biljoen dollar verdiend wordt, is het duidelijk dat dit aanzienlijke bedragen zijn.

Tabel 5.2 Maximaal te winnen hoeveelheid olie, jaren van oliepiek en mondiale olievraag op het moment van pieken.

	Reference scenario	Low resource case	High resource case
Maximaal te winnen hoeveelheid olie (in miljarden vaten)	2626	1700	3200
Piek in productie van conventionele aardolie	2028-2032	2013-2017	2033-2037
Mondiale vraag naar olie op het moment van oliepiek	121	96	142

Bron: International energy agency (2004)

In tabel 5.2 valt te zien dat volgens het IEA de aardolieproductie voorlopig nog niet zal pieken. Dit zal op zijn vroegst in 2013 het geval zijn. Op dat moment zijn we al zes jaar verder wat zal betekenen dat alternatieve brandstoffen aan belang gewonnen hebben en deze wellicht enigszins kunnen compenseren voor de dalende olieproductie.

5.6 De alternatieve brandstoffen voor de toekomst

De komende jaren zal er, zoals in paragraaf 5.5 al werd vermeld, voor transport nog voornamelijk aardolie gebruikt worden. Daarna zullen er op grote schaal alternatieve brandstoffen aangewend moeten gaan worden. Hieronder worden de verwachte toekomstalternatieven voor de huidige brandstoffen besproken.

Aardgas

Aardgas is volgens het IEA (1999) de enige brandstof die nauwelijks bewerkt hoeft te worden voordat deze toegepast kan worden als brandstof voor auto's. In de OECD landen vormde aardgas in 1999 nog slechts 0,05% van de totale hoeveelheid brandstof gebruikt voor transport. Deze brandstof heeft zal in de toekomst belangrijker worden, omdat er nog relatief veel van is, op niet zo moeilijk bereikbare plaatsen.

Volgens vele wetenschappers onder wie Roberts (2005), zal met het opraken van de aardolie in eerste instantie overgestapt worden op aardgas. Aardgas zou in 2025 de mondiaal dominante energiebron kunnen zijn. Velen zien het als een betrouwbare bron van energie, waar nog genoeg van is, in politiek minder instabiele gebieden.

Methanol

Deze brandstof wordt meestal gemaakt uit aardgas. Methanol is duurder dan benzine en heeft een lagere energie dichtheid. Ook is er een veel grotere en ongeveer tweemaal zo zware brandstoftank nodig om dezelfde reikwijdte als een auto op benzine te kunnen halen. Methanol lijkt, met name door de hoge energiekosten voor raffinage, geen goede alternatieve brandstof voor de toekomst (IEA, 1999)

Ethanol

Deze brandstof lijkt qua eigenschappen veel op methanol, maar wordt in tegenstelling tot deze, onttrokken uit biomassa. De tank dient 50% groter en 65% zwaarder te zijn om een zelfde hoeveelheid energie als een benzine auto te kunnen leveren (IEA,1999).

Ethanol is een brandstof die uit meerdere bronnen te verkrijgen is. Een daarvan is maïs. Het verbouwen van maïs voor ethanol productie in de Verenigde Staten is volgens Aan de Brugh (2006) vooral bedoeld om boeren een extra bron van inkomsten te geven. Deze brandstof is duur en niet zo efficiënt. Het kost verhoudingsgewijs veel energie om een liter ethanol uit maïs te produceren. Voordeliger is het om ethanol uit suikerriet te produceren. Dit gebeurt op grote schaal in Brazilië. Dit land heeft de best ontwikkelde biobrandstof markt ter wereld. Verspreid over het hele land wordt er bij 30.000 pompstations ethanol verkocht dat geproduceerd is uit suikerriet. In vergelijking met de VS is ethanol in Brazilië drie maal goedkoper. Ethanol vervangt in Brazilië 204.000 vaten aardolie per dag, grofweg 41% van alle benzine die nationaal verkocht wordt. Zeven van de tien nieuwe auto's in Brazilië zijn tegenwoordig 'flex-fuel' Deze kunnen zowel op benzine, ethanol of een mix van de twee rijden. De ontwikkelingen in Brazilië

laten zien dat ethanol een degelijk en relatief toegankelijk alternatief voor aardolie kan worden.

Biodiesel

Plantaardige olie, geproduceerd uit oliebevattende gewassen. Biodiesel is met €1,30 per liter exclusief BTW (24-10-07) duurder dan fossiele diesel (Fuelswitch, 2007). Het is te mixen met fossiele diesel en met een kleine aanpassing kunnen auto's hierop rijden (IEA, 1999). De energie opbrengst van biodiesel is ongeveer 8% lager, maar de dichtheid is groter en het ontbrandt beter dan fossiele diesel. Biodiesel kan veilig gebruikt worden, en is milieuvriendelijker dan fossiele diesel. Voor het verkrijgen van een actieradius die te vergelijken is met fossiele diesel is een iets grotere tankinhoud nodig, waardoor de auto iets zwaarder wordt.

Biodiesel is een brandstof waarvan inmiddels in meerdere landen al een aanzienlijke hoeveelheid gebruikt wordt. Zo is volgens Van Eldijk (2006) op 20 februari 2006 in Nederland het eerste Biodiesel tankpunt geopend. Volgens Van Eldijk moet er vanaf 2007 in Nederland verplicht 2% biodiesel worden bijgemengd bij de standaard diesel aan de pomp. Dit percentage groeit tot 5.75% in 2010. Biodiesel is een degelijk alternatief voor diesel en zal de komende jaren meer en meer gebruikt gaan worden.

Waterstof

Het IEA (1999) schrijft over waterstof dat het, anders dan de hiervoor genoemde brandstoffen, geen energiebron is, maar een energiedrager. Waterstof wordt niet als energiebron gezien omdat het nauwelijks in de natuur voorkomt, en ook niet na raffinage te verkrijgen is. Minimaal net zoveel energie is nodig om het gas waterstof te vormen dan dat het bij verbranding weer oplevert. In tegenstelling tot fossiele brandstoffen is waterstof cyclisch. Water kan omgezet worden in waterstof, en waterstof weer in water.

Nu nog wordt volgens Rifkin (2004) meer dan de helft van de wereldwijd geproduceerde waterstof verkregen uit aardgas. In de nabije toekomst zal het merendeel van waterstof nog steeds uit aardgas gewonnen worden. Wanneer de productie van aardgas piekt, wordt waterstof uit aardgas een dure optie. Een andere manier dan het verkrijgen van waterstof uit aardgas is het verkrijgen van waterstof uit elektrolyse van water. Het kan zijn dat in de toekomst waterstof uit 'duurzame elektrolyse' van water goedkoper wordt dan waterstof uit aardgas.

Een wereldwijd waterstof energienetwerk, HEW (hydrogen energy web), wordt volgens Rifkin (2004) de volgende grote technologische, commerciële en maatschappelijke revolutie in onze geschiedenis. Het principe achter dit HEW is dat opgewekte elektriciteit via elektrolyse van water steeds wordt omgezet in waterstof. Dit kan op grote maar ook op heel kleine schaal. Overal ter wereld krijgen mensen de mogelijkheid om zelf energie op te wekken en te bewaren. De eindgebruiker is naast consument vaak ook producent van zijn eigen energie. De waterstofeconomie betekent een revolutie op economisch,

politiek en klimatologisch gebied. Op klimatologisch gebied zou waterstof alleen een revolutie zijn, wanneer het op duurzame manier wordt gevormd.

Deze situatie ontstaat echter niet zomaar. Grote investeringen zijn vereist. Een uitgebreid netwerk van pijpleidingen is nodig, om waterstof door het land te verplaatsen. Het moge duidelijk zijn dat dit erg kostbaar is. Bovendien is waterstof lastig op te slaan, want heeft niet zo een hoge dichtheid. Oplossing is het opslaan onder zeer hoge druk, maar dit kost weer veel meer geld dan reguliere opslag.

Waterstof heeft volgens Rifkin een groot potentieel, en het zal een belangrijk deel van de 'energiemix' gaan uit maken, maar dat zal nog niet binnenkort zijn. Het duurt nog decennia voordat de waterstofeconomie er is. Het EIA (1999) zegt min of meer hetzelfde over de toekomst van waterstof. Volgens hen heeft waterstof een groot toekomstperspectief, maar is de kostbare infrastructuur nog geenszins aanwezig.

Volgens Rifkin (2004) wil GM in 2010 een massaproductie auto op waterstof hebben. Wellicht komt met een dergelijke introductie de opkomst van waterstof als energiedrager in een stroomversnelling.

5.7 Scenario's voor ontwikkeling van de prijzen van brandstoffen

In dit rapport is ervoor gekozen verschillende scenario's op te stellen voor prijzen van brandstof. Het olieaanbod de komende jaren is daarbij de belangrijkste factor. De scenario's zijn gevormd op basis van ontwikkelingen van de ruwe olieprijs. Een aantal andere factoren worden verondersteld gelijk te blijven:

- 2% groei in de vraag naar olie. Er wordt rekening gehouden met de grote groei in Azië (IEA, 2004 en Energy Information Administration, 2005)
- De accijns op brandstof
- Het brandstofverbruik van auto's
- Overheidsmaatregelen die mobiliteit stimuleren, dan wel ontmoedigen
- Raffinagekosten blijven gelijk

Bij de verschillende scenario's voor brandstofprijzen is het aanbod van olie de belangrijkste prijsbepalende factor. Voor de huidige brandstofprijzen is uitgegaan van de publicatie van GTZ (2007).

Prijzen van de brandstoffen over vijf jaar⁷:

Scenario 1: Business as usual

Prijzen van ruwe olie stijgen met 5% per jaar, maar brandstofprijzen stijgen licht. De winnings- en raffinagetechnieken worden verbeterd waardoor de komende jaren genoeg brandstof ter beschikking is. Politieke conflicten worden opgelost zodat het volle

⁷ Voor berekening van de brandstofprijzen zie paragraaf 7.4 en Appendices A en B

potentieel aan olievelden in de wereld benut zal worden voor productie. Alternatieven als biobrandstof, ethanol en waterstof nemen langzaam maar zeker een groter marktaandeel in. De brandstofprijzen houden in dit scenario ongeveer gelijke tred met de inflatie. Dit is een scenario dat vaker te vinden is. Deze situatie wordt door Roberts (2004) beschreven, alsmede het IEA (2004). Roberts noemt dit scenario 'The good-news scenario'. Alles blijft zoals het is, en de wereld komt niet voor verassingen te staan. Ruwe aardolie wordt per jaar 5% duurder. Over vijf jaar zijn de prijzen van ruwe aardolie 28% hoger⁸ dan nu.

- Dit betekent dat in vijf jaar tijd de prijzen voor diesel en benzine in de Verenigde Staten met respectievelijk 15 en 17% stijgen.
- In Europa worden diesel en benzine beide 7% duurder.

Scenario 2: Prijsstijgingen overtreffen de inflatie

Brandstofprijzen stijgen iets sneller dan in de afgelopen jaren. Dit komt doordat ondanks het feit dat de piek in olieproductie nog niet bereikt is, het wel steeds lastiger wordt voldoende olie te winnen. De olie die er nog is, bevindt zich op moeilijk toegankelijke plaatsen. Winningkosten nemen hierdoor toe. De prijzen stijgen sneller dan de inflatie, maar van een prijsexplosie als in de crisis in 1973 is geen sprake. Dit betekent dat de rijke mensen nauwelijks minder brandstof zullen gaan verbruiken. De lagere inkomensgroepen en dan met name de mensen in ontwikkelingslanden zullen de steeds hoger wordende brandstofkosten wel gaan voelen in hun portemonnee, hierdoor zal hun mobiliteit afnemen. Ruwe aardolie wordt per jaar 10% duurder. Over vijf jaar zijn de prijzen van ruwe aardolie 61% hoger dan nu.

- Dit betekent dat de prijzen voor diesel en benzine in de Verenigde Staten met respectievelijk 34 en 37% stijgen.
- In Europa worden diesel en benzine respectievelijk 16 en 15% duurder.

Scenario 3: Brandstof wordt peperduur

Brandstofprijzen maken een dusdanig sterke stijging door dat het voor velen een bijna niet meer te betalen product wordt. Dit wordt veroorzaakt doordat de piek in olieproductie voorbij is, terwijl de mondiale vraag naar olie -voornamelijk door de sterk gegroeide economieën van India en China- blijven toenemen. Bovendien gaat er veel productiecapaciteit verloren door conflicten in oliewinningsgebieden. Alternatieven voor olie zijn er wel, maar deze zijn duur en nauwelijks in voldoende mate aanwezig om te compenseren voor het tekort aan aardolieproductie. Het explosief stijgen van brandstofprijzen werd ook al in paragraaf 5.5 genoemd. Daar viel te lezen dat energie expert Franssen een verdubbeling of verdrievoudiging van de brandstofprijzen over tien jaar voorziet. Scenario drie is iets minder extreem dan dat. In scenario 3 wordt ruwe aardolie per jaar 20% duurder. Over vijf jaar zijn de prijzen van ruwe aardolie 149% hoger dan nu.

⁸ Hierbij wordt er van uitgegaan dat het inkomen gelijk blijft.

- Dit betekent dat de prijzen voor diesel en benzine in de Verenigde Staten met respectievelijk 82 en 90% stijgen.
- In Europa worden diesel en benzine respectievelijk 38 en 36% duurder.

5.8 Conclusie

De mensheid heeft door de jaren heen verschillende brandstoffen gebruikt. De energie-economie is de energiedrager die een economie gebruikt plus de infrastructuur die daar bij hoort. De verschillende energie-economieën die de revue hebben gepasseerd zijn achtereenvolgens: hout, steenkool, aardolie. In de toekomst komt er een andere energie-economie. Over hoe deze eruit zal gaan zien, is veel geschreven, maar wat er gaat gebeuren hangt van een dusdanig grote hoeveelheid factoren af, dat het koffiedik kijken blijft.

De brandstofprijzen schommelt zowel op de korte als op de lange termijn. Hier is een veelheid aan factoren voor aan te wijzen. Heel kort door de bocht komt het er op neer dat brandstof op de lange termijn relatief steeds duurder wordt.

De wereldaardolie voorraad raakt uitgeput, terwijl de vraag naar olie elk jaar met 2% stijgt. De sterk groeiende economie van landen als India en China is een belangrijke oorzaak van de wereldwijde jaarlijkse stijgende vraag naar olie. Aardolie wordt steeds duurder. Er zijn vele ontwikkelingen aan de gang op het gebied van alternatieve brandstoffen. Vaak zitten er op praktisch vlak nogal wat haken en ogen aan alternatieve brandstoffen, en ook zijn deze veelal duurder dan brandstoffen uit olie. Een volwaardig alternatief voor olie is de komende tijd zowel op praktisch als op financieel vlak nog niet voorhanden.

Dat de prijs van brandstoffen de komende jaren zal blijven stijgen wordt in de literatuur algemeen bevestigd. Hoe sterk de prijs van brandstof zal stijgen is echter niet te voorspellen. Daarom is ervoor gekozen een drietal scenario's van brandstofprijzen op te stellen. In hoofdstuk 7 worden deze scenario's gekoppeld aan de bestaande prijselasticiteiten.

6. Gevolgen van oliecrises in het verleden

6.1 Inleiding

Voor de economie is beschikking hebben over energie belangrijk. Roberts (2005, p147) schrijft: 'The entire global economy is like a huge machine, steadily converting energy into wealth'. Hiermee geeft hij aan dat beschikbaarheid van energie nodig is om de economie draaiende te houden. Hoe harder de economie 'draait', hoe meer olie er nodig is. De SEO (1998) stelt dat een continue beschikbaarheid van voldoende olie van groot belang is voor de ontwikkeling van de economie, en dat olie een vitale grondstof voor de mondiale economie is. Ook Rifkin (2004) heeft het hier over. Hij stelt dat iedere vorm van vooruitgang die de afgelopen twee eeuwen is geboekt op commercieel, politiek of sociaal gebied op de een of andere manier verbonden is met de enorme toename van de hoeveelheid beschikbare energie die kon worden opgewekt, dankzij de verbranding van fossiele brandstoffen.

Het is dientengevolge belangrijk dat een continue aanvoer van de essentiële energiebronnen (met name olie) gegarandeerd wordt. De laatste honderd jaar is beschikbaarheid van olie, vooral voor de westerse landen, meer en meer vanzelfsprekend geworden. Wanneer de aanvoer van olie plotseling afneemt of dreigt af te nemen, stijgt de prijs. Van een oliecrisis is volgens de SEO sprake wanneer de aanvoer van olie gedurende een bepaalde periode met minimaal 7% daalt. Wanneer deze definitie gehanteerd wordt, is er vanaf de Tweede Wereldoorlog geen oliecrisis meer opgetreden. Dit komt doordat er altijd voorraden werden en worden aangehouden. Daadwerkelijke tekorten zijn er volgens de SEO dus niet opgetreden, er zijn echter wel periodes van aanzienlijke prijsstijgingen geweest. Hier wordt in navolging van Shojai (1995) een snelle stijging van de olieprijs als een oliecrisis beschouwd. Volgens de SEO (1998, p.5) zal wanneer een oliecrisis optreedt, deze zich uiten in:

- Een verhoging van de olieprijs;
- Een verstoring van de olieaanvoer
- Of een combinatie van deze twee

In het verleden zijn er een aantal periodes geweest waarin de prijs van olie steeg, de belangrijkste van deze periodes zullen hieronder besproken worden.

6.2 Plotselinge prijsstijgingen

In alle gevallen in het verleden dat de olieprijs sterk steeg, had dit te maken met een verstoring van het aanbod. Vóór 1973 was olie nog één van de meest betrouwbare grondstoffen, zowel wat betreft de prijs alsook het aanbod ervan. In de afgelopen decennia zijn er echter tal van verstoringen geweest in het aanbod van olie uit het Midden Oosten. De meeste verstoringen hebben echter geen grote veranderingen in de olieprijs teweeggebracht. Dit kwam omdat in het verleden de Verenigde Staten nog een overschot aan olieproductiecapaciteit hadden en de grote olieconcerns beschikten over flexibele oliedistributienetwerken (Shojai, 1995).

Deze situatie veranderde vanaf begin jaren '70, want terwijl de vraag naar olie snel steeg, nam de productiecapaciteit minder snel toe. Daar kwam nog bij dat de controle over de olievoorraden verschoof van de grote, meestal westerse, olieconcerns naar de

olieproducerende landen. Hieronder volgt een beschrijving van vier belangrijke oliecrises in het verleden.

1973: Embargo van Arabische olie

Op 6 oktober 1973 was het begin van de Yom Kippoer oorlog. Tien dagen later kwamen de Arabische olieproducerende landen bij elkaar en besloten de olieproductie met 5% terug te brengen en de olieprijs met 70% te verhogen. De Verenigde Staten en Nederland werden afgesneden van de olietoevoer uit die landen, vanwege de verleende steun aan Israël. Op 5 november besloten de OPEC landen de productie met 25% te verminderen. De verstoring in het olieaanbod die optrad zorgde in eerste instantie slechts voor kleine verhogingen van de olieprijs. Vanaf december 1973 steeg de prijs verder, want de zes olieproducerende staten in de Perzische Golf besloten de prijs van ruwe olie met 128% te verhogen. Tussen september 1973 en februari 1974 steeg de prijs van door de Amerikanen geïmporteerde olie van \$4,78 naar meer dan \$12 per vat van 159 liter. In maart 1974 werd de crisis door de OPEC landen beëindigd. De aanvoer uit deze landen werd niet langer meer beperkt. Toch resulteerde dit niet in een daling van de olieprijs. De OPEC besloot de prijs van hun olie te koppelen aan de non-OPEC prijs. Aan het eind van 1975 bedroeg de prijs voor een vat ruwe olie \$15. Deze crisis toonde aan dat de OPEC landen de controle over de wereldoliemarkt bezaten en daarmee de olieprijs konden reguleren (Shojai 1995, SEO 1998, Odell 2001).

De hoge prijzen voor ruwe olie zorgden tijdens en na de crisis voor een beperking van de vraag. Dit werd voor een deel veroorzaakt doordat de oliecrisis de mondiale economische groei had doen afnemen en daarmee ook het mondiale energieverbruik minder was gegroeid. De afname van de vraag werd echter niet alleen veroorzaakt door consumentengedrag. Een andere oorzaak van de beperking van de vraag hangt samen met beleid van regeringen en internationale organisaties minder olie te gebruiken. Naast de beperking van de vraag naar olie was een ander gevolg van de hoge prijzen dat er veranderingen optraden aan de aanbodzijde. Tussen 1973 en 1985 nam de productie van non-OPEC olie toe van minder dan 800 tot meer dan 1250 miljoen ton. De productie verschoof enigszins van het midden oosten naar de rest van de wereld, waarmee de afhankelijkheid van olieaanbod uit dit gebied enigszins afnam (Odell 2001, Shojai 1995).

1978/1979: De Iraanse Revolutie

In Iran vonden in 1978 grote stakingen in de oliesector plaats, die tot gevolg hadden dat de hele Iraanse economie plat kwam te liggen. De Iraanse olieproductie daalde met ongeveer 40%. De prijs van ruwe olie nam als gevolg hiervan toe van ongeveer \$15 per vat in oktober 1978 tot bijna \$18 in april 1979. Terwijl het tekort in aanbod nog groter was dan bij de eerder genoemde crisis namen de prijzen slechts 20% toe, terwijl bij de vorige crisis de prijzen maar liefst 160% toe waren genomen. Dit is te verklaren doordat andere OPEC landen hun productie verhoogd hebben op het moment dat de productie van Iran afnam. Pas later ontstond er een snelle prijsstijging veroorzaakt door de vraagzijde van de oliemarkt. Deze verandering aan de vraagzijde werd veroorzaakt doordat de OECD landen vanwege het onstabiele aanbod besloten grote olievoorraden aan te leggen. De olieprijs steeg naar bijna \$29 per vat aan einde van het jaar 1979. In de zomer van

1980 werd de prijs weer enigszins stabiel, maar de volgende crisisperiode brak al bijna weer aan (Shojai, 1995).

1980 en later: oorlog tussen Iran en Irak en het olieoverschot van de jaren '80

In september 1980 vond de Irakese invasie van Iran plaats. Door schade aan olietransport- en productievoorzieningen veroorzaakte de uitbraak van deze oorlog een groot verlies van olieaanbod. Deze crisis leidde echter niet tot grote mondiale olieprijsstijgingen. Hier zijn een drietal redenen voor. Ten eerste hadden de OECD landen, zoals in de vorige deelparagraaf werd genoemd, nog een grote voorraad olie voorhanden. Bovendien was de coördinatie tussen de olieconsumerende landen verbeterd, zodat de paniek die bij de eerdere crises wel optrad, nu grotendeels achterwege bleef. De derde reden is dat de mondiale vraag naar olie, zoals al eerder is genoemd, was afgenomen vanwege de sterk gestegen prijzen (Shojai, 1995, Odell 2001).

1990: Irakese invasie van Koeweit (Golfoorlog)

In augustus 1990 trokken Irakese troepen Koeweit binnen en werd het olieaanbod fors verstoord. Saoedi-Arabië, maar ook de Verenigde Arabische Emiraten, Venezuela en de Verenigde Staten speelden hierop in door de olieproductie op te voeren. In november was de verstoring in het aanbod weer opgeheven, maar de olieprijs was wel sterk gestegen. (Shojai 1995, Odell 2001). De verstoring van het olieaanbod door de Irakese invasie van Koeweit duurde nauwelijks drie maanden, toch was er een grote olieprijsstijging. Dit had te maken met de heersende angst over voldoende beschikbaarheid van de essentiële Arabische olievoorraden. In dit geval was het vooral een psychologische factor die een rol speelde bij het opdrijven van de olieprijs.

Geconcludeerd kan worden dat bij de oliecrises die de laatste decennia zijn opgetreden de volgende vier zaken een rol speelden:

1. De aanwezige olievoorraad en veranderingen in voorraad speelden een belangrijke rol bij alle crises. Het aanleggen van voorraden zorgde voor een vergroting van de crisis ten tijde van de Iraanse Revolutie, terwijl de grote aanwezige voorraad later tijdens de jaren '80 zorgde voor een demping op de crisis (Shojai, 1995).
2. De hoeveelheid reserve-productiecapaciteit is essentieel gebleken bij alle vier de crises. In het verleden zijn de gevolgen van crises nog meegevallen, doordat er nog reservecapaciteit was die ingezet kon worden ten tijde van terugval van productie(Shojai, 1995).
3. Het gedrag van Saoedi-Arabië, de grootste olieproducent ter wereld, heeft grote invloed op de hoogte van de oliepijzen (Exxonmobil, 2006)
4. Als laatste speelt ook een psychologische factor mee. Deze factor is tamelijk onvoorspelbaar en moeilijk te meten, maar heeft wel significante invloed op de prijsverandering ten gevolge van een verstoring van het olie aanbod (Shojai, 1995).

Om iets te kunnen zeggen over gevolgen van stijgingen van brandstofprijzen in de toekomst kan het behulpzaam zijn te onderzoeken wat in het verleden de gevolgen zijn

geweest van de oliecrises die zijn opgetreden. Nu volgt een korte beschouwing van de gevolgen op dit punt van oliecrises in het verleden.

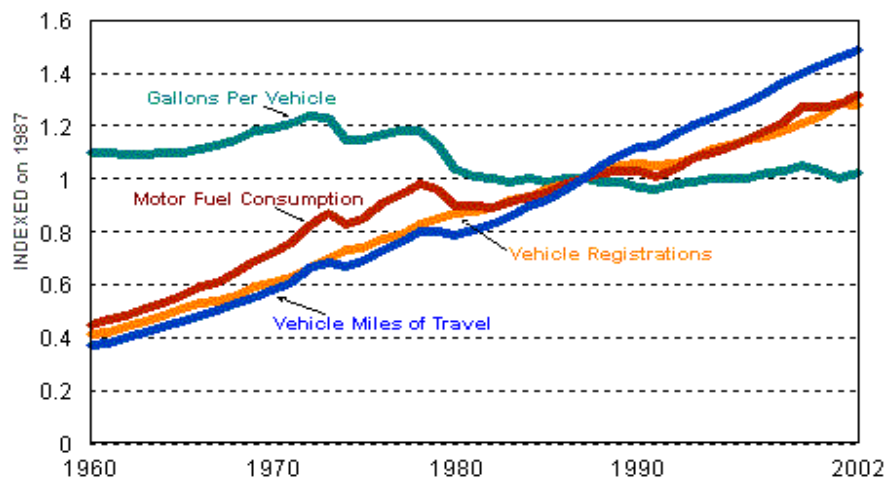
6.3 Gevolgen voor de automobilititeit

Volgens Hanson (1995) zette de oliecrises in de jaren '70 aan tot veel onderzoek. Dit onderzoek is te verdelen in onderzoek op micro en macro niveau. Onderzoek op macro niveau ging in dit geval over de afhankelijkheid van geïmporteerde olie. Het onderzoek dat op micro niveau plaatsvond heeft als onderzoeksthema de reactie van individuen op de stijging van de olieprijs. Hier gaat het met name om de gevolgen van olieprijsstijgingen op micro niveau. Volgens de SEO (1998) is het, zoals ook al benadrukt werd in hoofdstuk 2, belangrijk onderscheid te maken in korte en lange termijn reacties van de economie op een oliecrisis, want deze effecten kunnen aanzienlijk verschillen.

Korte termijn

De reactie van de economie van een land op schaarste in olie of een hogere olieprijs is volgens de SEO (1998) sterk afhankelijk van de substitutiemogelijkheden die consumenten tot hun beschikking hebben. In het geval van automobilititeit zijn substitutiemogelijkheden op de korte termijn zeer beperkt. Het is immers niet mogelijk een auto ineens op een andere brandstof te laten rijden, wanneer deze normaal gesproken bijvoorbeeld op benzine rijdt. De SEO bevestigt dit, want volgens hun onderzoek zijn niet-olie inputs op de korte termijn eerder complementair aan olie dan substitueerbaar. Hier wordt met de korte termijn een periode met een lengte van korter dan één jaar bedoeld.

Figuur 6.1 Geïndexeerd aantal afgelegde kilometers, brandstofconsumptie, grootte van het wagenpark en brandstofverbruik per auto⁹



Bron: Federal highway association, 2002

⁹ 1987= 1

In figuur 6.1 is te zien dat na een snelle prijsstijging zoals in 1973 en in 1978/1979 vrijwel direct, dat wil zeggen binnen een jaar, het aantal afgelegde kilometers per auto afneemt, evenals de consumptie van brandstof. Mensen lieten de auto dus wat vaker staan, toen de brandstof ineens aanzienlijk duurder was geworden. Ook ging het brandstofverbruik per auto omlaag. Dit laatste heeft tot gevolg dat de brandstofconsumptie een grotere daling maakt dan het aantal afgelegde kilometers. Dit verschil in daling tussen brandstofconsumptie en aantal afgelegde kilometers is duidelijk af te lezen in de figuur bij de eerder genoemde jaartallen.

Wanneer de prijs van olie plotseling stijgt, volgen er op de zeer korte termijn meestal paniekreacties, zoals hamstergedrag. Hier moet wel bijgezegd worden dat de mogelijkheden voor hamstergedrag technisch voor de meeste mensen zeer beperkt zijn (SEO, 1998).

Als een periode van slechts één jaar wordt beschouwd, is het effect van de brandstofprijsstijging anders dan wanneer meerdere jaren worden beschouwd.

Lange termijn

De effecten na een prijsstijging op de vier in figuur 6.1 genoemde variabelen is op een termijn van enkele jaren groter dan het effect na één jaar. Brandstofverbruik per auto kan bijvoorbeeld niet per direct worden teruggebracht, maar wel na enige jaren, wanneer er zuinigere auto's in gebruik genomen zijn.

De trend die zichtbaar wordt, wanneer de hele figuur beschouwd wordt, is als volgt: ten gevolge van een oliecrisis neemt de automobiliteit enige jaren af. Na enige jaren van afname van de automobiliteit vindt weer geleidelijke toename plaats. Mensen lijken te wennen aan de hogere prijzen. Bovendien neemt het verbruik per auto af, waardoor er meer gereden kan worden zonder dat er meer geld uitgegeven hoeft te worden.

Hanson (1986) vraagt zich af in welke mate patronen van landgebruik zijn aangepast door de hogere reiskosten als gevolg van de oliecrises. Het antwoord blijkt te zijn dat er weinig bewijs is dat mensen bijvoorbeeld dichterbij hun werk zijn gaan wonen. De besparing in energie die voor consumenten interessant werd, kwam er vooral door de toename in populariteit van energie efficiënte apparaten voor in huis. Een onderzoek van het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk (2005) geeft een ander beeld. Volgens dit onderzoek is bij 5% van de respondenten de verhuiskans vrij groot bij het invoeren van een prijsmaatregel zoals een kilometerheffing. Of deze respondenten bij een daadwerkelijke invoering van een dergelijke prijsmaatregel ook echt gaan verhuizen blijft onzeker.

Bij prijsstijgingen van langer dan een jaar gaan er pas technologische substituties optreden (SEO, 1998). Hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan auto's op een andere brandstof laten rijden, of een technisch alternatief voor de huidige conventionele brandstofmotor die een gunstiger verbruik heeft.

7. Automobilititeit in de toekomst

7.1 Inleiding

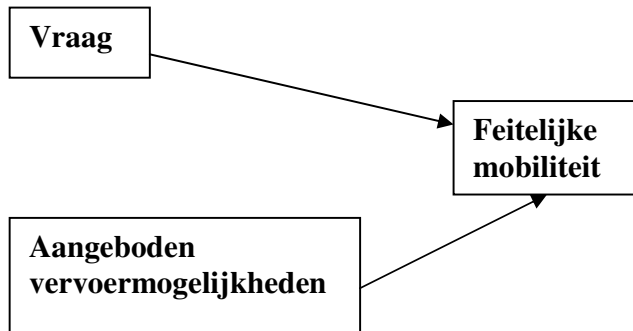
In de literatuur over mobiliteit is vaak een verkenning van de toekomst aan te treffen op basis van groei van de mobiliteit in het verleden en economische en demografische toekomstverkenningen. Aan de hand hiervan worden vaak projecties gemaakt voor de ontwikkelingen in de (auto) mobiliteit. Deze bestaande projecties lijken geen rekening te houden met de aanzienlijke stijging van de brandstofprijzen die de komende jaren wel eens op zouden kunnen gaan treden. Zo menen Bruinsma et al. (2002) dat de automobilititeit in Nederland in 2030 met 15 tot 35% zal zijn toegenomen. Dit zal volgens hen een nog veel grotere druk leggen op de Nederlandse wegen waar toch al veel congestie is. De vraag is of deze zorgen om de sterke toename van de automobilititeit in de toekomst terecht zijn. Wordt deze toename van de brandstofprijs ook daadwerkelijk bereikt, en bij welke stijging van prijzen zullen consumenten daadwerkelijk minder gaan rijden? Deze eerste vraag is reeds beantwoord. Voor de brandstofprijzen in de toekomst bestaan er verschillende scenario's. De tweede vraag is lastiger.

Niemand weet hoe consumenten precies zullen reageren op veranderingen in de prijs, mede doordat de reactie van consumenten niet alleen van de prijs afhankelijk is, maar ook van tal van andere factoren zoals inkomen, substitutiemogelijkheden, vertrouwen in de economie etc. Wat wel gedaan kan worden is aan de hand van bestaande prijselasticiteiten, de in hoofdstuk 5 opgestelde scenario's voor brandstofprijzen in de toekomst en de ervaringen met schommelingen van de brandstofprijs in het verleden een verkenning maken van de mogelijke ontwikkelingen in de automobilititeit in de komende jaren. Hierbij wordt rekening gehouden met accijnsverschillen tussen de Verenigde Staten en Europa. In acht genomen moet wel worden dat, zoals ook al in hoofdstuk 2 gemeld werd, de eigenlijke hoeveelheid data die nodig is om te komen tot een volledige inschatting van de automobilititeit te groot en in de praktijk te onvolledig is om te kunnen gebruiken. Volgens Wohlgemuth (1998) worden de kosten van automobilititeit niet alleen door brandstofkosten bepaald, maar ook door aanschafprijs en onderhoudskosten. Het is erg lastig aan deze gegevens te komen, en wanneer deze meegenomen zouden worden in de berekening, wordt deze wel erg gecompliceerd. Wat wel bekend is, is dat Amerikaanse auto's een hoger brandstofverbruik kennen dan Europese auto's. Deze variabele wordt dan ook gebruikt bij de bepaling van toekomstige automobilititeit. Verder worden een aantal vereenvoudigingen gemaakt, daar het anders nauwelijks mogelijk zou zijn berekeningen te maken over automobilititeit. In dit hoofdstuk wordt getracht op basis van de in de vorige hoofdstukken verzamelde informatie een verkenning te bieden van automobilititeit in de toekomst.

7.2 Bepaling van de toekomstontwikkelingen

Wanneer de toekomst van automobilititeit beschouwd wordt, gaat het niet alleen om de vraag naar automobilititeit, maar ook om de aangeboden vervoersmogelijkheden. Dit werd in hoofdstuk 2 al gemeld en wordt schematisch uitgelegd in figuur 7.1. In deze figuur wordt verondersteld dat inkomen en andere zaken gelijk blijven.

Figuur 7.1 Feitelijke mobiliteit. Naar Mu Consult (1993)¹⁰



In de toekomst zullen er een aantal wijzigingen optreden aan zowel de vraag- als de aanbodzijde van de mobiliteit. Hieronder worden de zaken weergegeven die in de toekomst aan verandering onderhevig kunnen zijn door stijgende brandstofprijzen.

Aan de kant van de vraag:

- Minder gereden kilometers door duurdere brandstof in de toekomst.
- Vraag naar andere vormen van mobiliteit, bijvoorbeeld openbaar vervoer, neemt toe.
- Vraag naar auto's op alternatieve brandstoffen neemt toe.
- Reis en activiteitenpatroon blijft op de korte termijn gelijk, maar zal bij sterke prijsstijgingen op de lange termijn wellicht wijzigen.

Aan de kant van het aanbod:

- Duurdere brandstof
- Opkomst van auto's die rijden op alternatieve brandstoffen
- Aanbod van openbaar vervoer zal zich aanpassen aan stijgende consumentenvraag.

In dit hoofdstuk wordt de kern gevormd door de gevolgen voor de automobilititeit. Alternatieve brandstoffen zijn reeds ter sprake gekomen in hoofdstuk 5 over brandstoffen en openbaar vervoer is geen onderdeel van studie in dit rapport.

In figuur 7.1 werd verondersteld dat inkomen gelijk blijft en dus geen variabele factor is bij het tot stand komen van de mobiliteit. In werkelijkheid is dit uiteraard wel het geval. In hoofdstuk 2 viel in figuur 2.4 te zien dat de vraag naar (auto) mobiliteit voortkomt uit vier variabelen. Deze variabelen zijn: Inkomen, prijs, tijd en preferenties (Muconsult, 1993). In dit hoofdstuk gaan we ervan uit dat de factoren tijd en preferenties gelijk blijven. De factoren die dan de vraag naar automobilititeit bepalen zijn de prijs en het inkomen.

¹⁰ Deze figuur is afgeleid uit figuur 2.2 van hoofdstuk 2

De invloed van prijzen van brandstoffen op de gevraagde hoeveelheid werd al in hoofdstuk 2 uitgelegd en is het beste weer te geven met de gewone of Marshalliaanse vraagfunctie. Deze werd reeds in hoofdstuk 2 weergegeven en ziet er als volgt uit:

$$D = h(p, Y)$$

waarbij:
D = de gevraagde hoeveelheid
p = de prijs van de goederen
Y = het inkomen

(Mu Consult, 1993, p.13)

Met behulp van de vorige twee modellen kan nu getracht worden op basis van verschillende prijsscenario's een inschatting te maken van de gevolgen voor de automobilititeit.

7.3 Korte termijn

In dit rapport zullen geen berekeningen worden gemaakt voor de automobilititeit op de korte termijn. Hiervoor is een belangrijke reden.

Ervaringen uit het verleden hebben uitgewezen, zoals in de hoofdstukken 2 en 6 ook al gemeld werd, dat de vraag naar brandstoffen en automobilititeit op de korte termijn inelastisch is. Mensen moeten nu eenmaal reizen naar hun werk, boodschappen doen, de kinderen naar school brengen etc. Ook zijn op de korte termijn de substitutiemogelijkheden zeer beperkt.

Om iets zinnigs te kunnen zeggen over de toekomst van automobilititeit is het daarom beter de lange termijn te beschouwen. Lange termijn is hier vijf jaar. In tegenstelling tot de ruimtelijke ordening waar de lange termijn meestal een periode vanaf 10 jaar is, wordt in berekeningen voor de mobiliteit vijf jaar als lange termijn gezien (Mu Consult, 1993). Als startjaar wordt het laatste afgesloten jaar, het jaar 2006, gebruikt.

7.4 Vraag naar brandstof en automobilititeit op basis van de scenario's

In het laatste deel van hoofdstuk 2 zijn de lange termijn elasticiteiten voor brandstof en automobilititeit vastgesteld. Deze getallen zijn respectievelijk $-0,7$ en $-0,3$. In beide gevallen hebben deze cijfers betrekking op een periode van vijf jaar. Omdat het hier gaat om het verband tussen brandstofprijs en automobilititeit wordt gebruik gemaakt van de zogenaamde eigen elasticiteit. Om de vraag naar brandstoffen in de toekomst te bepalen dienen simpelweg de elasticiteit van de vraag naar brandstof en de verschillende prijsscenario's aan elkaar gekoppeld te worden. Om te komen tot de prijs van brandstoffen in Europa in 2011 zijn een aantal berekeningen gemaakt. Deze berekeningen zijn terug te vinden in Appendix A. Uitgegaan is van de basisprijzen zoals gesteld door GTZ (2007). Zo diende eerst bepaald te worden wat de prijs van de brandstof is, wanneer raffinagekosten buiten beschouwing worden gelaten. Vervolgens is het bedrag van de accijns per gebied berekend. Hierna kon berekend worden wat een stijging van de ruwe olieprijs over vijf jaar tot gevolg heeft voor de brandstofprijzen. Deze stijging van de brandstofprijzen in percentages over vijf jaar is te zien in de laatste kolom van Appendices A1, A2 en A3. deze getallen zijn vervolgens gekoppeld aan de prijselasticiteit en de uitkomsten daarvan staan in tabel 7.1. De getallen zijn ceteris

paribus. Dit betekent dat zaken als accijns en brandstofverbruik en raffinagekosten gelijk blijven en inflatie, inkomensstijging en andere zaken buiten beschouwing zijn gelaten.

Tabel 7.1 Afname van de vraag naar brandstoffen in procenten door stijging van de brandstofprijzen tussen 2006 en 2011.¹¹

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Diesel			
Verenigde Staten	-10,5	-23,8	-57,4
Europa ¹²	-4,9	-11,2	-26,6
Benzine			
Verenigde Staten	-11,9	-25,9	-63
Europa	-4,9	-10,5	-25,2

Wat meteen opvalt in tabel 7.1 zijn de sterke verschillen tussen Europa en de Verenigde Staten. De vraag naar brandstoffen krimpt in de Verenigde Staten volgens de berekeningen ruim twee keer zo sterk als in Europa. Dit heeft in werkelijkheid een drietal oorzaken. Ten eerste heeft het te maken met het grote verschil in hoogte van de accijns tussen deze gebieden. Een stijging van de ruwe olieprijs heeft in de Verenigde Staten een veel sterkere invloed op de uiteindelijke brandstofprijs dan in Europa. Brandstofprijzen liggen nog steeds veel lager in de Verenigde Staten dan in Europa, maar stijgen sneller. Ten tweede rijden Amerikanen, zoals ook in hoofdstuk 3 vermeld werd, jaarlijks ongeveer twee keer zoveel kilometers als Europeanen. Als laatste komt hier nog bij dat Amerikaanse auto's, zoals ook in hoofdstuk 3 werd gemeld, bijna 50% minder efficiënt met brandstof omgaan dan Europese auto's. Door deze twee laatstgenoemde factoren besteedt de Amerikaan jaarlijks een groter deel van zijn inkomen aan brandstof dan de Europeaan. Dit wordt aangetoond met de volgende berekeningen. Amerikanen reden in 2006 ongeveer 12000 kilometer in een auto die 1 op 8 verbruikt, bij een brandstofprijs van 70 dollarcent per liter en hadden in dat jaar een inkomen van \$43.800 (IEA 2000, Jones 2007, GTZ 2007, CIA, 2007). Na berekening komt hieruit dat Amerikanen in 2006 +/- 2,4% van hun inkomen aan brandstof besteedden. Europeanen reden in 2006 ongeveer 6000 kilometer in een auto die 1 op 15 verbruikt, bij een brandstofprijs van 150 dollarcent per liter en hadden in dat jaar een inkomen van ongeveer \$32.000 (IEA 2000, Jones 2007, GTZ 2007, CIA, 2007). Hier komt uit dat Europeanen in 2006 +/- 1,9% van hun inkomen uitgaven aan brandstof. Wanneer brandstofkosten een groter aandeel van de uitgaven vormen, zal een relatieve prijsstijging van brandstof volgens ECMT (2002) een groter effect hebben op de automobiliteit.

De getallen die in tabel 7.1 worden genoemd zijn ceteris paribus, dit heeft grote consequenties voor de grootte van deze getallen. Een jaarlijkse stijging in de brandstofprijs van 5% (scenario 1), is op de termijn van vijf jaar een stijging van ongeveer 28%. Een dusdanige stijging in de prijs heeft zoals te zien is een behoorlijke negatieve invloed op de vraag naar brandstoffen. Wanneer tegenover deze 28%

¹¹ Voor berekening van de brandstofprijzen in 2011 zie Appendices A1, A2 en A3

¹² Europa is hier niet Europa in zijn geheel, maar de drie grootste economieën: Duitsland, Verenigd Koninkrijk en Frankrijk

prijsstijging echter een inkomenstoename van bijvoorbeeld 2% per jaar gezet zou worden, zou de vraag bij lange na niet zo sterk afnemen.

Wanneer de vraag naar brandstoffen zal afnemen zal ook de automobilititeit afnemen. Minder verkochte liters benzine en diesel betekent minder afgelegde kilometers. Zoals in hoofdstuk 2 al geconcludeerd werd, is de elasticiteit van de vraag naar automobilititeit echter kleiner dan de elasticiteit van de vraag naar brandstoffen. Hierdoor liggen de percentages in tabel 7.2 lager dan die in tabel 7.1.

Tabel 7.2 *Afname van de automobilititeit in procenten door stijging van brandstofprijzen tussen 2006 en 2011.*¹³

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Diesel			
Verenigde Staten	-4,5	-10,2	-24,6
Europa ¹⁴	-2,1	-4,8	-11,4
Benzine			
Verenigde Staten	-5,1	-11,1	-27
Europa	-2,1	-4,5	-10,8

De verhoudingen tussen de percentages in tabel 7.2 zijn in overeenstemming met de verhoudingen in tabel 7.1. Wat geldt voor de verschillen tussen de Verenigde Staten en Europa wat betreft vraag naar brandstoffen geldt dus ook voor de verschillen in automobilititeit.

In de Verenigde Staten zal het aantal afgelegde kilometers van auto's die rijden op benzine iets sterker teruglopen dan dat van auto's die rijden op diesel. In Europa is het omgekeerd en zal het aantal kilometers afgelegd door dieselauto's sterker afnemen dan het aantal afgelegde kilometers door benzineauto's

7.5 Inkomen

Inkomen vormt, zoals in paragraaf 7.2 te zien is, een belangrijke variabele bij het bepalen van de vraag naar automobilititeit. In de tabellen 7.1 en 7.2 werd deze variabele echter niet meegenomen in de berekeningen. Zonder inkomenscorrectie stijgen de ruwe olieprijsen in vijf jaar tijd met 28%, 61% en 149% in respectievelijk scenario 1, 2 en 3. Wanneer met een jaarlijkse 2% inkomensstijging wordt gecorrigeerd stijgen de ruwe olieprijsen in vijf jaar tijd met 16%, 46% en 125% in respectievelijk scenario 1, 2 en 3. Het is duidelijk dat dit verschil aanzienlijk is.

In tabellen 7.3 en 7.4 staan de cijfers van de veranderingen in vraag naar brandstof en automobilititeit weergegeven wanneer het inkomen in beide gebieden jaarlijks met 2% zou toenemen.

¹³ Voor berekening van de brandstofprijzen in 2011 zie Appendices A1, A2 en A3

¹⁴ Europa is hier niet Europa in zijn geheel, maar de drie grootste economiën: Duitsland, Verenigd Koninkrijk en Frankrijk

Tabel 7.3 Afname van de vraag naar brandstoffen in procenten door stijging van de brandstofprijs tussen 2006 en 2011. Gecorrigeerd met een 2% inkomensstijging.¹⁵

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Diesel			
Verenigde Staten	-6,3	-17,5	-48,3
Europa	-2,8	-8,4	-22,4
Benzine			
Verenigde Staten	-7	-19,6	-52,5
Europa	-2,8	-7,7	-21,7

De getallen in tabel 7.3 zijn sterk verschillend van die in tabel 7.1. De vraag naar brandstoffen neemt over vijf jaar stukken minder sterk af wanneer er met een inkomensstijging gecorrigeerd wordt. Met name voor scenario 1 zijn de gevolgen van een relatief bescheiden inkomensstijging aanzienlijk.

Tabel 7.4 Afname van de automobilititeit in procenten door stijging van brandstofprijzen tussen 2006 en 2011. Gecorrigeerd met een 2% inkomensstijging.¹⁶

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Diesel			
Verenigde Staten	-2,7	-7,5	-20,7
Europa	-1,2	-3,6	-9,6
Benzine			
Verenigde Staten	-3	-8,4	-22,5
Europa	-1,2	-3,3	-9,3

De percentages uit de tabellen 7.3 en 7.4 geven de veranderingen in brandstofvraag en automobilititeit weer zoals die zich in verschillende gebieden voltrekken. Binnen de gebieden zijn er echter aanzienlijke inkomensverschillen. Hierdoor zullen er grote verschillen ontstaan in reacties van individuen op de gestegen brandstofprijzen. De grote rol van inkomen bij het tot stand komen van mobiliteit is in paragraaf 2.4 al aan bod gekomen, maar wordt hier weer vermeld vanwege de extreme situaties die geschetst worden in met name scenario 2 en 3. Wanneer de prijzen daadwerkelijk het niveau bereiken als in scenario 2 en 3 omschreven wordt, dan zullen de lagere inkomens groepen naar alle verwachting hun mobiliteit flink terugschroeven, terwijl de hogere inkomensgroepen veel minder sterk zullen reageren.

¹⁵ Voor berekening zie Appendix B1, B2 en B3

¹⁶ Voor berekening zie Appendix B1, B2 en B3

7.6 Verschillende aspecten van de toekomst van automobilititeit

Stedelijke en rurale gebieden

Wanneer het gaat om aangeboden vervoermogelijkheden, is er een groot verschil tussen stedelijke en rurale gebieden. Dit verschil werd ook al besproken in paragraaf 2.2. We kunnen hier concluderen dat een stijging van brandstofprijzen in stedelijke gebieden een aanzienlijke substitutie in de vorm van openbaar vervoer tot gevolg zou kunnen hebben, terwijl dit in rurale gebieden in veel mindere mate het geval zal zijn. Hierdoor zou de invloed van stijgende brandstofprijzen op afgelegde kilometers in stedelijke gebieden groter kunnen zijn dan in landelijke gebieden, waar openbaar vervoer vaak geen toereikend alternatief voor de auto vormt. Bij hele sterke stijgingen van de brandstofprijs zal echter een heel ander effect optreden.

In Nederland, waar gemiddeld 30 kilometer per persoon per dag wordt afgelegd, zijn de kosten van deze reisafstanden tot nu toe nog geen bezwaar. De huidige spreiding van mensen is mogelijk gemaakt door de relatief lage brandstofprijzen. Bij een hele sterke prijsstijging zou het effect op de mobiliteit in rurale gebieden wel eens groter kunnen zijn dan in stedelijke gebieden, want boven een bepaalde prijs wordt afstand overbruggen voor velen te duur en zullen mensen wellicht weg gaan trekken uit de rurale gebieden. Mensen zullen in deze situatie hun reis- en activiteitenpatroon dus wijzigen.

Opkomst van alternatieve brandstoffen

Op het moment zijn er al tal van alternatieve brandstoffen die technisch toepasbaar zijn in auto's. De meeste van de brandstoffen zijn nog te duur om daadwerkelijk een alternatief voor aardoliegerelateerde brandstoffen te vormen. De verschillende alternatieve brandstoffen met de bijbehorende eigenschappen zijn aan de orde gekomen in hoofdstuk 5. Wanneer een situatie van fors gestegen brandstoffen als in scenario 2 of 3 zal ontstaan, zullen enkele van deze brandstoffen ineens ook economisch een degelijk alternatief voor de huidige brandstoffen vormen. Wat op dit gebied in de toekomst de mogelijkheden zijn hangt echter van de techniek en tal van andere factoren af. Om deze reden kunnen hier geen precieze uitspraken over worden gedaan.

Brandstofefficiëntie

Wanneer prijzen van brandstoffen zeer sterk zullen stijgen zoals in scenario 2 en 3 het geval is, zal de vraag naar auto's die zuinig met brandstof omgaan sterk gaan stijgen. Producenten kunnen hier op termijn van enige jaren relatief eenvoudig op inspelen door zuinigere auto's aan te bieden. Ondanks stijgende prijzen kan er dan zonder verlies van inkomen nog evenveel gereden worden. Met name in de Verenigde Staten valt er op dit vlak zeer veel te winnen. Wanneer Amerikaanse auto's de efficiëntie van Europese auto's zouden bereiken, zouden hier zelfs bij een verdubbeling van de brandstofprijs de brandstofkosten niet hoeven te stijgen.

7.8 Conclusie

Geconcludeerd kan worden dat de automobilititeit zal afnemen wanneer de brandstofprijzen stijgen. Deze conclusie wordt getrokken op basis van de uitgevoerde berekeningen van brandstofprijscijfers over vijf jaar en elasticiteit van de vraag. Kanttekening hierbij is dat alle cijfers ceteris paribus zijn. Dit betekent dat zaken als accijns en brandstofverbruik en raffinagekosten gelijk blijven en inflatie en andere zaken buiten beschouwing zijn gelaten. Deze zaken hebben allemaal mogelijk een invloed op de automobilititeit, maar zijn dusdanig onvoorspelbaar dat ze hier niet opgenomen zijn in de berekeningen.

De sterkte van het effect op de automobilititeit is per gebied verschillend, sterk afhankelijk van de mate van prijsstijging en ook de beschouwde periode is van belang. Ook heeft inkomen een sterke invloed op de mate waarin de automobilititeit afneemt wanneer de brandstofprijzen stijgen. Een jaarlijkse inkomensstijging van 2% heeft reeds een sterk temperende werking op de afname van de automobilititeit.

8. Conclusie

Om te kunnen komen tot de eindconclusie zijn een negental deelvragen die in de inleiding werden opgeworpen in deze thesis beantwoord. Voor het beantwoorden van de vragen zijn bestaande literatuur en eigen berekeningen gebruikt. Deze twee komen samen in hoofdstuk 7, waar de bestaande prijselasticiteit van de vraag naar automobilititeit is gekoppeld aan brandstofprijzen over vijf jaar.

De prijselasticiteit in de Verenigde Staten is ongeveer gelijk aan die in Europa. Met de prijs wordt hier de prijs van brandstof bedoeld, niet de ruwe olieprijs. De elasticiteit op een termijn van één jaar is ongeveer -0,15 en op een termijn van vijf jaar ongeveer -0,30.

Binnen West-Europa zijn de verschillen in brandstofprijzen gering. Tussen de Verenigde Staten en Europa zijn er echter nog steeds aanzienlijke verschillen in brandstofprijzen.

De economieën van India en China groeien sterk, en zo ook de vraag naar olie van deze landen. De sterk groeiende vraag naar olie van India en China is deels verantwoordelijk voor de hoge olieprijs van het moment.

Hoe de brandstofprijzen zich de komende decennia gaan ontwikkelen is naast ontwikkelingen in de economie afhankelijk van een veelheid aan andere factoren. Enige mogelijkheid om hier iets zinnigs over te zeggen is het opstellen van scenario's; dat is in hoofdstuk 5 dan ook gedaan. In de scenario's één, twee en drie is sprake van een stijging van de ruwe olieprijs van respectievelijk 5%, 10% en 20% per jaar.

In het verleden is na sterke prijsstijgingen op de korte termijn de automobilititeit enigszins afgenomen. Later nam de automobilititeit weer toe. Ook al zijn de brandstofprijzen de afgelopen decennia gestegen, de automobilititeit is blijven toenemen. Dit lijkt strijdig met de eindconclusie, maar wordt verklaard door inflatie en inkomensstijging die in dezelfde periode ook optraden.

Volgens de in hoofdstuk 7 gemaakte berekeningen neemt automobilititeit bij een jaarlijkse prijsstijging van 5% nauwelijks af. Over een periode van vijf jaar is een afname van ongeveer 2% gering te noemen. Wanneer brandstofprijzen echter zeer sterk zouden stijgen (20% per jaar) zal de automobilititeit behoorlijk af gaan nemen (20% in de VS en 10% in Europa). Wanneer brandstofprijzen zo sterk stijgen als in scenario 3 dan zullen alternatieve brandstoffen die nu al beschikbaar zijn hoogstwaarschijnlijk een snelle opkomst doormaken. Ook zal het mondiale wagenpark waarschijnlijk efficiënter met brandstof omgaan wanneer brandstofprijzen sterk stijgen. Relatief energie zuinige auto's zijn al volop op de markt, alleen worden ze nog niet in grote hoeveelheden verkocht. Doordat auto's gemiddeld ongeveer tien tot vijftien jaar meegaan is het niet mogelijk op een termijn van vijf jaar het hele wagenpark te vervangen door auto's die zuiniger rijden of rijden op alternatieve brandstoffen.

De gevolgen van een prijsstijging zijn verschillend in urbane en rurale gebieden. Welk effect op zal treden is afhankelijk van de hoogte van de prijsstijging. Een stijging van brandstofprijzen zou in stedelijke gebieden een aanzienlijke substitutie in de vorm van openbaar vervoer tot gevolg zou kunnen hebben, terwijl dit in de rurale gebieden in veel mindere mate het geval zal zijn. Hierdoor zou de invloed van stijgende brandstofprijzen op afgelegde kilometers in stedelijke gebieden groter kunnen zijn dan in rurale gebieden, waar openbaar vervoer vaak geen toereikend alternatief voor de auto

vormt. Bij een hele sterke prijsstijging zou het effect op de mobiliteit in rurale gebieden wel eens groter kunnen zijn dan in stedelijke gebieden, want boven een bepaalde prijs wordt afstand overbruggen voor velen te duur en zullen mensen wellicht weg gaan trekken uit de rurale gebieden. Mensen zullen in deze situatie hun reis- en activiteitenpatroon dus wijzigen.

In de Verenigde Staten worden veel meer kilometers gereden en auto's hebben een veel hoger brandstofverbruik dan in Europa. Tevens is in de Verenigde Staten de belasting op brandstof lager dan in Europa. Door deze drie factoren heeft een stijging van de prijs van ruwe olie in de VS een grotere invloed op de mobiliteit dan in Europa.

Resumerend kan worden gesteld dat stijging van brandstofprijzen van invloed is op de automobilititeit. Het effect dat mogelijk zal optreden is echter per gebied verschillend, sterk afhankelijk van de mate van prijsstijging en ook de beschouwde periode is van belang.

In de aanleiding van deze scriptie werd de vraag gesteld of mobiliteit in de toekomst nog steeds goed betaalbaar zal zijn. Het antwoord op deze vraag is niet te geven. Wel kan gesteld worden dat de 'peak oil' theorie in de praktijk maar deels op zal gaan. Wanneer olie schaars wordt, en de prijzen als gevolg daarvan sterk zullen stijgen, komt er geld beschikbaar voor winning van olie op moeilijk toegankelijke plaatsen en ook zullen alternatieven voor olie toegankelijker worden. Tot het moment dat iets dat voordeliger of beter is zijn opkomst zal maken, zal de automobilititeit blijven bestaan uit auto's die rijden op brandstoffen afkomstig uit aardolie.

De theorieën over de vraag naar mobiliteit worden in deze thesis bevestigd. Inkomen en prijzen zijn de belangrijkste factoren gebleken in het tot stand komen van mobiliteit. Het verlangen van mensen om afstand te overbruggen neemt af wanneer sterke prijsstijgingen optreden. De elasticiteitscijfers voor de vraag naar automobilititeit kunnen naar aanleiding van deze scriptie bevestigd noch afgewezen worden. Er zijn teveel factoren van invloed op de mobiliteit die niet in deze cijfers zijn opgenomen.

Literatuurlijst

Adviesdienst Verkeer en Vervoer (2003) *Prestaties van het Nederlands wegennet: de ontwikkeling van het wegverkeer, de wegcapaciteit en congestie in verleden en toekomst*. [online] Rotterdam. Available from: <http://www.rws-avv.nl/pls/portal30/docs/5615.PDF>

Bleienberg, A. (2002) *The driving forces behind transport growth and their implications for policy*. [online] Brussel. Available from: <http://www.cemt.org/topics/env/Brussels02/Bleijenberg.pdf>

Brugh M., aan de (2006) *Olie en gas raken op en we doen te weinig*. NRC Next 28 december, p.14,15

Bruinsma, F., J. van Dijk, C. Gorter (2002) *Mobiliteit en Beleid*. Van Gorcum, Assen

CIA (2007) *The world factbook*. [online] Available from: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/index.html> [laatst bezocht op 14 november 2007]

Davis, S.C., S.W.Diegel, Oak Ridge National Laboratory (2006) *The transportation energy databook*. [Online] Oak Ridge National Laboratory, Tennessee. Available from: <http://cta.ornl.gov/data/index.shtml>

Dijkstra W.J., J.M.W.Dings (2000). *Fuel price and excise duty policy in European road traffic*. Centrum voor energiebesparing en schone technologie, Delft

Dix, M., P.Goodwin (1982) *Petrol prices and car use: a synthesis of conflicting evidence*. *Transport policy and decision making*, 2(2)

Dunn, J.A. (1998). *Driving Forces: the automobile its enemies and the politics of mobility*. The Brookings Institution, Washington

ECMT (2002). *Managing the fundamental drivers of transport demand*. OECD Publications Service, Parijs

Eldijk, J.M., van (2006) *Tank biodiesel* [online] Available from: <http://tankbiodiesel.nl/> [laatst bezocht op 25 september 2007]

Energy Information Administration (2002) *Transportation energy consumption surveys* [online] Available from: <http://www.eia.doe.gov/emeu/rtecs/chapter3.html> [laatst bezocht op 14 augustus 2006]

Energy Information Administration (2004) *International Energy Annual 2004* [online] Available from: <http://www.eia.doe.gov/iea> [laatst bezocht op 17 augustus 2006]

Energy Information Administration (2005) *International Energy Outlook 2005* [online] Available from: <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/world.html> [laatst bezocht op: 25 april 2006]

Exxonmobil (2006) *Gasoline: a global market to meet your needs* http://www.exxonmobil.com/Corporate/Newsroom/Publications/c_gas_prices/c_gasprices_ix.html [laatst bezocht op 16 juni 2006]

Fuelswitch (2007) *Biodiesel* [online] <http://www.fuelswitch.nl/index.php?mod=pages&cat=18&item=0> [laatst bezocht op: 24 oktober 2007]

Goodger, E.M. (2000) *Transport fuels technology : from well to wheels, wings and water*. Landfall press, Norwich

Graham, D. J., S. Glaister (2002) The Demand for Automobile Fuel: A Survey of Elasticities. *Journal of Transport Economics and Policy* [online], 36(1), 25 <http://docserver.ingentaconnect.com/> [laatst bezocht op: 30 juni 2006]

GTZ (2007) *International fuel prices 2007* [online] <http://www.gtz.de/de/dokumente/en-international-fuelprices-final2007.pdf> [laatst bezocht op: 25 september 2007]

Haan, F. (2005) Benzineprijs houdt auto niet tegen. *De Volkskrant*, 16 augustus [online] http://www.volkskrant.nl/economie/article143087.ece/Benzineprijs_houdt_auto_niet_tegen [laatst bezocht op 18 augustus 2006]

Hanson, S. (1986). *The geography of urban transportation*. The Guilford Press, New York

Hanson, S. (1995). *The geography of urban transportation 2nd Edition*. The Guilford Press, New York

International Energy Agency (1999) *Automotive fuels for the future*. OECD/IEA, Paris

International Energy Agency (2000) *China's worldwide quest for energy security*. OECD/IEA, Paris

International Energy Agency (2000) *The road from Kyoto: Current CO2 and transport policies in the IEA* [online] <http://www.iea.org/> [laatst bezocht op: 16 augustus 2006]

International energy agency (2003) *Energy to 2050: scenarios for a sustainable future* [online] http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2000/2050_2003.pdf [laatst bezocht op: 25 april 2006]

International energy agency (2004) *World energy outlook 2004*. IEA, Paris

- Jong, J., de (2001) *Nederland en Europa*. [online] <http://www.nidi.knaw.nl/en/output/2001/indx-08-05-dejonggierveld.pdf/indx-08-05-dejonggierveld.pdf> [laatst bezocht op: 02-01-07]
- Kleijn, H.J., Klooster (1991) Het effect van prijsmaatregelen op het vervoer. *Economisch statistische berichten*, 96 (34), 836-839
- Lado, J. (2006) *Brazilië, Saoedi Arabië van de biobrandstoffen*. [online] <http://www.peakoil.nl/> [laatst bezocht op 21-09-07]
- Madre, J.L. (2002) *Drivers of passenger traffic demand*. [online] Brussel. Available from: <http://www.cemt.org/topics/env/Brussels02/Madre.pdf>
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2004) *Nota Mobiliteit: naar een betrouwbare en voorspelbare toekomst*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag
- Moore research center (2004) *Got gas?* [Online] <http://www.mrci.com/energy.asp> [laatst bezocht op: 17 juni 2006]
- MuConsult (1993). *Elasticiteit: een rekbaar begrip*. Mu Consult, Utrecht
- MuConsult (2003). *Fiscale maatregelen en mobiliteit: inventarisatie van bestaande maatregelen*. [Online] <http://www.rws-avv.nl/pls/portal30/docs/6035.PDF> [Laatst bezocht op 27 juni 2006]
- Odell, P.R. (2001) *Oil and gas: crises and controversies 1961-2000 Volume 1: global issues*. Brentwood: Multi-Science Publishing Company
- OECD (1999) *Energy the next fifty years*. Parijs: OECD Publications
- Nieuwenhuis, P., P. Wells (1997). *The death of motoring? Car making and automobility in the 21st century*. John Wiley & sons, West Sussex
- Polak en Heertje (2000) *Analytical transport economics: an international perspective*. Edward Elgar Publishing, Cheltenham
- Primus, H. (2006) *Gebiedsontwikkeling in China: klaar terwijl u wacht*. [Online] www.waterland.net/showdownload.cfm [laatst bezocht op: 4 september 2007]
- Rifkin, J (2004) *De waterstofeconomie: schone en duurzame energie voor iedereen*. Rotterdam: Lemniscaat
- Roberts, P (2005) *The end of oil: The decline of the petroleum economy and the rise of a new energy order*. Bloomsbury, London

Shojai, S. (1995) *The new global oil market: understanding issues in the world economy*. Praeger Publishers, Westport

Sterner, T., C. Dahl, M. Franzén (1992) Gasoline tax policy: carbon emissions and the global environment. *Journal of transport economics and policy*. 26, 109-119

Stichting Peakoil (2006) *Brazilië: ethanol versus benzine*. [online] Amsterdam. Available from: <http://www.peakoil.nl/2006/03/26/brazilie-ethanol-versus-benzine/> [laatst bezocht op 24 oktober 2007]

Stichting voor economisch onderzoek (1998) *Oliecrisis in evenwicht: macroeconomische effecten van een oliecrisis en van crisisbeleid*. Amsterdam: SEO, (475)

Suchorzweski, W. (2002) *Transport demand in transition economies: trends and possible ways to manage demand*. [online] Brussel. Available from: <http://www.cemt.org/topics/env/Brussels02/Suchor.pdf>

Varian, H.R. (1984) *Microeconomic Analysis*. 2nd edition. New York: Norton
Wijnberg, M., B. Rieger (2006) *M, het maandblad van NRC Handelsblad*. Rotterdam: PCM Uitgevers

Wohlgemuth, N. (1998) World transport energy demand: methodology and elasticities. *Energy Policy* [online], 25(14-15), 1109-1119 <http://www.sciencedirect.com/> [laatst bezocht op: 02 juni 2006]