



Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Over brandstofprijzen en automobiliteit

Een beknopte analyse van prijs- en kostenelasticiteiten

Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid

Over brandstofprijzen en automobilititeit

Een beknopte analyse van prijs- en kostenelasticiteiten

Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid

Wim Groot

Januari 2012

Analyses van mobiliteit en mobiliteitsbeleid. Dat is waar het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM) zich mee bezighoudt. Als zelfstandig instituut binnen het ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) maakt het KiM analyses van mobiliteit en mobiliteitsbeleid die doorwerken in de beleidsafwegingen.

De inhoud van de publicaties van het KiM behoeft niet het standpunt van de minister en/of de staatssecretaris van IenM weer te geven.

Inhoud

Samenvatting 5

1 Inleiding 7

2 Wat weten we al 9

2.1 De prijs van ruwe olie en de benzineprijs aan de pomp 9

2.2 Brandstofprijselasticiteiten uit overzichtsstudies 10

3 Aanpak: schatten van elasticiteiten 13

3.1 Brandstofprijzen, brandstofkosten en brandstofefficiency 13

3.2 Elasticiteiten schatten met regressieanalyse 14

4 Uitkomsten: elasticiteiten voor prijs, kosten en nieuwe wegcapaciteit 17

4.1 De prijs- en kostenelasticiteiten nader bezien 17

4.2 Verhouding tussen prijs- en kostenelasticiteit: efficiency 19

Summary 21

Literatuur 23

Bijlage A De afleiding van elasticiteiten vanuit gegeneraliseerde reiskosten 25

Bijlage B De geschatte relaties: prijs- en kostenelasticiteiten 29

Bijlage C Afleiding van de gestaffelde Koyck-vertraging 33

Bijlage D Gebruikte reeksen (oorspronkelijke waarden) 35

Samenvatting

Automobilisten gaan nauwelijks minder rijden als de brandstofprijzen aan de pomp stijgen. Een stijging van de benzineprijs met ongeveer 12½ procent leidt op langere termijn tot een vermindering van de hoeveelheid afgelegde kilometers met 2½ procent. De hoge brandstofprijzen hebben ook niet geleid tot een zuiniger wagenpark. Het benzineverbruik per kilometer is tussen het eind van de jaren tachtig en 2009 vrijwel gelijk gebleven.

In de loop van 2011 hebben de brandstofprijzen aan de pomp de records uit 2008 overtroffen. De vraag rijst in hoeverre de hoge benzineprijs van invloed is op de hoeveelheid met de auto afgelegde kilometers. Uit deze studie blijkt dat automobilititeit in economische begrippen een 'inelastisch' product is. Dat wil zeggen dat een verandering van de benzineprijs een verhoudingsgewijs gering effect heeft op de hoeveelheid afgelegde kilometers. De studie is gebaseerd op cijfers over de periode 1980-2009.

Consumenten reageren doorgaans heftiger op prijsveranderingen van luxe producten dan van noodzakelijke producten. De geringe zogenoemde prijselasticiteit maakt duidelijk dat autogebruik voor veel mensen een noodzakelijk product is.

Geringe vermindering aantal kilometers

Welke gevolgen heeft een forse stijging van de prijs van ruwe olie op de lange termijn? Een prijsstijging van 70 naar 100 dollar per barrel ruwe olie heeft in eerste aanleg geleid tot een stijging van de benzineprijs met ongeveer 12½ procent. Op basis van de uitkomsten van deze studie zal de prijsstijging op langere termijn (5 tot 10 jaar) tot een vermindering leiden van de hoeveelheid afgelegde kilometers met 2½ procent.

Op de lange termijn is het effect van een prijsverhoging groter dan op de korte termijn. Op de korte termijn kunnen automobilisten minder kilometers gaan afleggen of hun rijgedrag aanpassen ('voet van het gaspedaal'). Op de lange termijn kunnen zij ook hun woon-werkverkeer beperken door meer thuis te gaan werken of dichterbij hun werk te gaan wonen of een zuiniger auto aanschaffen.

Wagenpark niet zuiniger door zware en luxe auto's

In deze studie is niet alleen gekeken naar het effect van hogere benzineprijzen op de hoeveelheid afgelegde kilometers, maar ook naar het effect op de energiezuinigheid van het wagenpark. Voor automobilisten zijn de brandstofkosten per gereden kilometer afhankelijk van de brandstofprijs en het brandstofverbruik per kilometer. Een stijging van de brandstofprijs hoeft niet per definitie te leiden tot hogere brandstofkosten per kilometer. Automobilisten kunnen een deel van de prijsstijging ontlopen door zuiniger te gaan rijden.

De analyse wijst er niet op dat hogere benzineprijzen aan de pomp tot een zuiniger wagenpark leiden. Blijkbaar heeft de trend van zwaardere auto's (grotere cilinderinhoud) en meer comfort (elektrische voorzieningen, airco) de verbetering van de brandstofefficiency tenietgedaan. Het resultaat is een vrijwel

constant brandstofverbruik per kilometer tussen het eind van de jaren tachtig en 2009.

Kanttekening hierbij is dat in de meest recente jaren het verbruik per kilometer weer daalt, afgemeten aan de CO₂-uitstoot van nieuwe personenauto's. Aanvullend onderzoek naar de achterliggende factoren van de ontwikkeling van de brandstofefficiency bij personenauto's lijkt dan ook gewenst.

Effecten kleiner dan tot nu toe bekend

De meeste in het onderzoek vastgestelde effecten van hogere benzineprijzen zijn kleiner dan de effecten die in de beschikbare literatuur zijn aangetroffen. Dit geldt vooral voor de effecten op de lange termijn.

De analyse op basis van de jaarcijfers over de periode 1980-2009 wijst verder uit dat met cijfers over brandstofprijzen en -kosten, economische groei en het aanbod van nieuwe wegcapaciteit een zeer bevredigende verklaring is te geven voor het totaal van de afgelegde kilometers met personenauto's op benzine.

1 Inleiding¹

In de loop van 2011 hebben de prijzen van motorbrandstoffen (prijzen aan de pomp) de records uit 2008 overtroffen. Een vast onderwerp in de discussies over hoge olieprijsen is de relatie tussen de prijs voor ruwe olie (in dollars op de wereldmarkt) en de brandstofprijs die de consument betaalt aan de pomp. Een ander onderdeel van deze discussie is de vraag in hoeverre de hoge benzineprijs van invloed is op de hoeveelheid afgelegde kilometers per auto. Het is gebruikelijk de prijsgevoeligheid van de afgelegde autokilometers uit te drukken in een zogenaamde prijselasticiteit. Prijselasticiteiten zijn kengetallen die inzicht geven in het effect van prijsveranderingen op de vraag naar een product.

In deze studie staat de brandstofprijselasticiteit van de afgelegde autokilometers centraal. Deze elasticiteit geeft het effect weer van veranderingen in de brandstofprijs aan de pomp op het autogebruik. Prijselasticiteiten hebben een relatief karakter. Een brandstofprijselasticiteit van het autogebruik van bijvoorbeeld -0,3 betekent dat een stijging van de brandstofprijs met 2% leidt tot een afname van de afgelegde kilometers met 0,6% ($-0,3 \cdot 2\%$). En de vraag naar een product noemen we inelastisch als de prijselasticiteit van de gevraagde hoeveelheid ligt tussen 0 en -1 en elastisch bij waarden – absoluut gezien – groter dan 1.

De brandstofprijs aan de pomp is een belangrijk onderdeel van de prijs van transport en daarmee een van de factoren die de vraag naar transport beïnvloedt. Regelmatig komt in het publieke debat ter sprake dat hoge brandstofprijzen nauwelijks effect hebben op het mobiliteitsgedrag en daarmee op de brandstofconsumptie. Zo zijn de pompprijzen in de afgelopen jaren tot recordhoogtes gestegen, maar lijkt er op het eerste oog niet minder gereden te worden (Rosenthal, 2008; Persson en Reijmer, 2011) en zijn de files op het Nederlandse wegennet niet afgenomen.

Beleidsmatig kennen de brandstofprijzen aan de pomp een aantal belangrijke aspecten. Op de eerste plaats laat het huidige Regeerakkoord de mogelijkheid open om accijnzen op brandstoffen te verhogen en tegelijkertijd de vaste lasten te verlagen². Een en ander in overleg met de buurlanden. Om toch een verschuiving mogelijk te maken van vaste naar variabele kosten kiest het kabinet in het Regeerakkoord voor een accijnsverhoging. Ten tweede is er dikwijls de roep richting overheid om met het instrument accijnzen iets te doen aan de hoge brandstofprijs. De prijs aan de pomp omvat immers een aanzienlijk deel accijnzen, heffingen en btw (bij benzine circa 60%). En ten slotte beïnvloeden brandstofprijzen de mobiliteitsontwikkeling, die mede bepalend is voor de beleidsinzet op het terrein van bereikbaarheid.

¹ Met dank aan Jan Rouwendal (VU) en Carl Koopmans (SEO/VU) voor hun nuttig commentaar op een eerdere versie van dit document.

² Vrijheid en Verantwoordelijkheid, Regeerakkoord VVD-CDA, 30 september 2010, p. 28. Bij de concrete uitwerking in de Autobrief kondigt het kabinet overigens aan voorlopig geen mogelijkheden te zien om in het kader van de variabilisatie de accijnzen op benzine en diesel te verhogen en ter compensatie hiervan de vaste lasten te verlagen (Ministerie van Financiën, 2011, p. 27)

In het vervolg van dit achtergronddocument gaan we allereerst nader in op een aantal aspecten van brandstofprijzen en mobiliteit die al redelijk bekend zijn. Daarbij bezien we in eerste instantie de relatie tussen de ruwe olieprijs en de benzineprijs aan de pomp (paragraaf 2.1). Vervolgens besteden we in paragraaf 2.2 aandacht aan de ruime hoeveelheid literatuur op het terrein van brandstofprijselasticiteiten.

Hoewel onze analyse primair is gericht op de brandstofprijselasticiteit van de afgelegde autokilometers, hebben we bij de aanpak gekozen voor een ruimer kader. Dit vanwege de onlosmakelijke samenhang tussen de brandstofprijs aan de pomp (€/liter), de brandstofefficiency van voertuigen (liter/km) en de resulterende brandstofkosten (€/km). De relaties tussen deze grootheden komen uitvoerig aan de orde in paragraaf 3 (aanpak). Daarin illustreren we dat de relatie tussen brandstofprijzen en brandstofkosten het mogelijk maakt een uitspraak te doen over de prijsgevoeligheid van de brandstofefficiency. Daartoe concentreren we ons in paragraaf 3 op het concept gegeneraliseerde reiskosten, van waaruit we de elasticiteiten afleiden voor *brandstofprijs* en *brandstofkosten*. Een uitvoerige afleiding is opgenomen als bijlage A. Dit deel mondt uit in een overzicht van de invloed van prijzen en kosten op de afgelegde kilometers en brandstofefficiency. In dit deel gaan we ook nader in op de kwaliteit van het beschikbare cijfermateriaal en de consequenties daarvan voor de te schatten elasticiteiten. Vooral nog zijn de schattingen in dit achtergronddocument beperkt tot de impact op de afgelegde kilometers van personenauto's op benzine. Deze beperking vloeit voort uit de kwaliteit van het beschikbare cijfermateriaal.

In paragraaf 4 volgen de voornaamste uitkomsten van deze studie met de nadruk op de geschatte prijs- en kostenelasticiteiten. Met de schatting van deze elasticiteiten toetsen we tegelijk of reële brandstofprijzen, respectievelijk -kosten, economische groei en aanbod van infrastructuur een bevredigende verklaring geven voor de afgelegde autokilometers. Als onderzoeksmethode gebruiken we een regressieanalyse met jaarcijfers over de periode 1980-2009.

2 Wat weten we al

2.1 De prijs van ruwe olie en de benzineprijs aan de pomp

Een belangrijke invloedsfactor voor de benzineprijs aan de pomp is de prijs van ruwe olie op de wereldmarkt. Maar die relatie is minder direct dan doorgaans verwacht. Dat leidt tot de vraag wat dan wel zorgt voor de prijsmutaties van benzine. Voor een antwoord op die vraag bezien we de opbouw van de benzineprijs meer in detail³.

De benzineprijs bestaat uit drie delen, (1) de productprijs uit de raffinaderij ook wel de 'kale' prijs genoemd, (2) accijnzen en heffingen en (3) marges voor distributie, marketing, stationsoperatie en dergelijke. De raffinaderij zet ruwe olie om in bewerkte producten waaronder Euro95. Zij verkoopt deze vervolgens tegen de prijs-af-raffinaderij (inclusief een winstmarge voor de raffinaderij). De af-raffinage-prijzen worden ook wel Platts prijzen genoemd⁴. De handelsmarges⁵ zijn ruwweg constant en bedragen circa 13 eurocent per liter (Stichting BOVAG/RAI, 2011). Het deel accijnzen/heffingen past de overheid in principe jaarlijks aan met de inflatie (indexering). Ten slotte fluctueert de btw mee met de uiteindelijke pompprijs. Daarmee zorgt vooral de productprijs voor schommelingen in de pompprijs. Op de productprijs zijn tal van factoren van invloed. Zo is de wereldwijde verhouding tussen vraag en aanbod van benzine bepalend voor de prijs op de wereldmarkt, maar ook de verhouding tussen de dollar en de euro - zie hierna voor de belangrijke impact daarvan - en op langere termijn uiteraard het verloop van de ruwe olieprijs, doorgaans genoteerd in dollars. Doordat het aandeel vaste delen in de benzineprijs zoals heffingen en accijnzen relatief hoog is, is het prijsverloop van ruwe olie doorgaans veel heftiger dan dat van de brandstofprijzen⁶.

Het voorgaande kunnen we duidelijk maken door de prijzen in maart 2011 te vergelijken met die van juli 2008. Deze twee momenten laten duidelijke pieken zien in de prijs van benzine, waarbij de prijzen van ruwe olie in dollars duidelijk van elkaar verschillen. Uit figuur 2.1 blijkt dat bij een gelijke kale productprijs van benzine van circa 52 eurocent per liter, de prijs aan de pomp in maart 2011 met 1,63 eurocent/liter circa 3 eurocent hoger uitvalt dan in juli 2008. Vooral de gelijke kale prijs verdient hierbij enige toelichting. De ruwe olieprijs Brent in dollars was in maart 2011 114,60 dollar per barrel, wat aanzienlijk lager is dan de 134,75 dollar per barrel in juni 2011. Op grond van deze ruwe olieprijs had in maart 2011 een fors lagere prijs voor de hand gelegen ten opzichte van juni 2011. Maar een aanzienlijke daling van de eurokoers van 1,577 dollar per euro naar 1,400 zorgt er per saldo voor dat de kale benzineprijs in euro's toch vrijwel gelijk blijft.

³ Recent heeft het EIM (2011) ook uitvoerig aandacht besteed aan de opbouw van de benzineprijs. De achterliggende onderzoeksvraag was in hoeverre er knelpunten bestaan op de Nederlandse benzinemarkt, die mogelijk een goede marktwerking en concurrerende prijsvorming in de weg staan.

⁴ Platts is een onafhankelijk onderzoeksbureau dat dagelijks de af-raffinage prijzen van onder meer benzine en diesel publiceert.

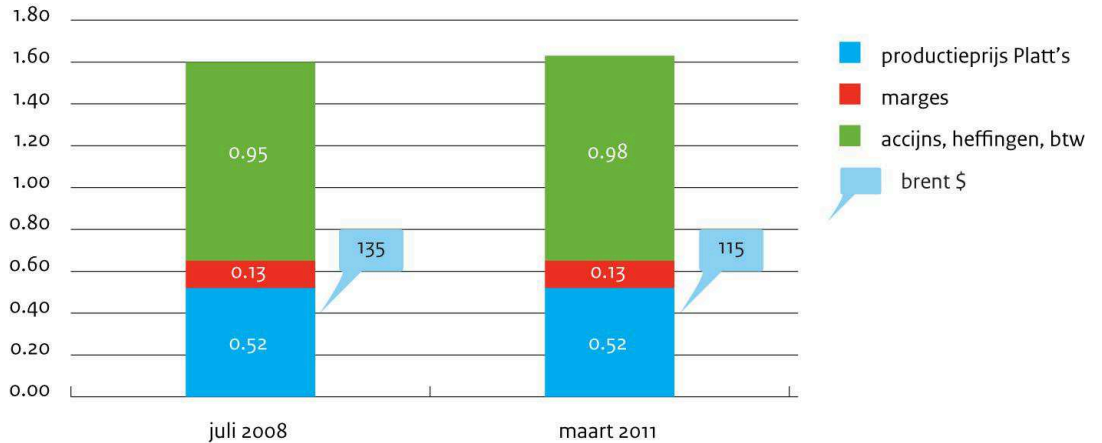
⁵ Distributie- en marketingkosten en groot- en detailhandelsmarges.

⁶ Dit geldt vooral voor veel Europese landen. In de Verenigde Staten is dit aandeel veel geringer, waardoor veranderingen in de ruwe olieprijs aanzienlijk heftiger doorwerken in de pompprijs. In juli 2008 bedroeg de heffing op benzine (accijns en btw) in Nederland circa €0,83 per liter op een prijs aan de pomp van € 1,60 vergeleken met gemiddeld circa \$ 0,13 per liter op een prijs aan de pomp van circa \$ 1,00 in de VS (Geilenkrchen et al., 2008, p. 6).

Uiteindelijk is het verschil in pompprijs van 3 eurocent per liter toe te schrijven aan het hogere bedrag voor accijnzen, heffingen en btw.

Figuur 2.1

Benzineprijs Euro95 in euro's per liter, Brent in \$ per vat



2.2

Brandstofprijselasticiteiten uit overzichtsstudies

In mei 2010 hebben het PBL en het CE een uitvoerige studie gedaan naar de effecten van prijsbeleid in verkeer en vervoer (PBL/CE, 2010). Deze studie geeft vooral op basis van literatuur een wetenschappelijk onderbouwd beeld van de prijsgevoeligheid van de vraag naar personen- en goederenvervoer. De effecten van prijsmaatregelen binnen de sector verkeer en vervoer spelen in de beleidsvorming en in het maatschappelijk debat een belangrijke rol en staan geregeld ter discussie. Uit de studie blijkt dat de vraag naar het personenautoverkeer tamelijk prijsongevoelig is: de relatieve prijsverandering is groter dan de relatieve verandering van de vraag naar autokilometers die daaruit volgt, ofwel: de elasticiteit is in absolute zin kleiner dan 1⁷. In onderstaande tabel zijn de voornaamste uitkomsten van de PBL/CE-studie op het terrein van de brandstofprijselasticiteiten voor het personenautoverkeer samengevat. Autobezit (aantal auto's) en autogebruik (kilometers per auto per jaar) bepalen samen het totale autogebruik (autokilometers). Een stijging van de brandstofprijs aan de pomp kan verschillende gedragsreacties uitlokken, die het totale autogebruik bepalen. De automobilist kan minder kilometers maken (autogebruik), maar hij kan ook besluiten af te zien van autobezit (aantal auto's). Daarmee is de brandstofprijs van invloed op ieder van deze factoren. Paragraaf 3 brengt deze relaties nog eens nader in beeld.

Omdat de studies van Hanley en van Graham en Glaister al relatief oud zijn (2002), hebben we de uitkomsten van de meta-analyse van Brons et al. (2007) aan dit overzicht toegevoegd. Overigens past hierbij wel de kanttekening dat ook de meta-analyse van Brons et al. grotendeels is gebaseerd op relatief oud cijfermateriaal.

⁷ De literatuur verklaart de relatief inelastische vraag vaak uit het aanzienlijk hogere nut dat een consument/producent ontleent aan een verplaatsing vergeleken met de vervoerskosten ervan (Button, 1996, De Wit et. al., 1996).

Tabel 2.1

Brandstofprijselasticiteiten voor autobezit en autogebruik in het personenautoverkeer uit 1) Hanley et al., (2002), 2) Graham en Glaister (2002) en 3) Brons et al. (2007)

		Korte termijn (1 jaar)		Lange termijn (5-10 jaar)	
		Gemiddelde	Bandbreedte	Gemiddelde	Bandbreedte
Autobezit	1	-0.08 (n=8)*	-0.21 ↔ -0.02	-0.25 (n=8)	-0.63 ↔ -0.10
	3	-0.08 (n = 222)		-0.24 (n = 222)	
Km's per auto	1	-0.10 (n = 2)	-0.14 ↔ -0.06	-0.3 (n=3)	-0.55 ↔ -0.11
	3	-0.12 (n = 222)		-0.29 (n = 222)	
Tot. autokm's	1	-0.10 (n = 3)	-0.17 ↔ -0.05	-0.29 (n=3)	-0.63 ↔ -0.10
	2	-0.15 (n = 31)	-0.58 ↔ -0.01	-0.31 (n=72)	-1.02 ↔ -0.07
	3	-0.20 (n = 222)		-0.53 (n=222)	

*) n = aantal studies waarop de elasticiteit is geschat

Uit de verschillende overzichtsstudies ontstaat een redelijk consistent beeld van brandstofprijselasticiteiten voor het autobezit en het autogebruik⁸. Het beperkte aantal Nederlandse studies gaf PBL/CE geen aanleiding om de resultaten uit de internationale overzichtsstudies te corrigeren. Uit deze studies volgt een bandbreedte voor de brandstofprijselasticiteit van het autogebruik op de korte termijn van -0,1 tot -0.2; voor de lange termijn gelden waarden van -0.3 tot -0.5. In de bandbreedtes komt duidelijk naar voren dat de automobilist op korte termijn minder mogelijkheden heeft om op verhogingen van de brandstofprijs te reageren. De automobilist kan in eerste aanleg reageren door minder kilometers af te leggen. Op lange termijn vinden er daarnaast andere aanpassingen plaats: het woon-werkverkeer kan worden beperkt door meer thuis te gaan werken of door dichterbij het werk te gaan wonen. Ook kan op termijn worden afgezien van autobezit. De langetermijnelasticiteit is daardoor hoger (absoluut gezien) dan de kortetermijnelasticiteit.

⁸ Deze conclusie trekt PBL/CE ook voor het totale brandstofverbruik (PBL/CE, 2010, p. 34). Omdat dit document zich beperkt tot het autogebruik zijn in de tabel de gevonden waarden voor het totale brandstofverbruik achterwege gelaten.

3 Aanpak: schatten van elasticiteiten

3.1 Brandstofprijzen, brandstofkosten en brandstofefficiency

Omdat de begrippen prijzen, kosten en efficiency in dit document veelvuldig voorkomen, lichten we deze hier eerst toe.

Brandstofkosten per gereden kilometer vormen de voornaamste variabele kostenpost van het autogebruik. De hoogte van de brandstofkosten per kilometer is afhankelijk van de brandstofprijs aan de pomp (€ per liter) en de brandstofefficiency (brandstofverbruik per kilometer). De totale brandstofkosten van het autogebruik zijn per definitie het product van brandstofkosten per kilometer (€/km) en de totale hoeveelheid afgelegde kilometers.

Een verandering van de brandstofprijs kan verschillende gedragreacties uitlokken. Bij een prijsstijging kan de automobilist ervoor kiezen minder kilometers te maken. Daarnaast kan hij zijn rijgedrag aanpassen ('voetje van het gaspedaal') of op termijn een zuiniger auto aanschaffen. De brandstofprijs beïnvloedt elk van deze factoren.

Het voorgaande betekent ook dat een verhoging van de brandstofprijs niet per definitie resulteert in een gelijke verhoging van de brandstofkosten per kilometer. Door aanpassing van het rijgedrag en/of het gebruik van een zuiniger auto kan de stijging van de brandstofkosten in euro per kilometer kleiner zijn dan de stijging van de brandstofprijs. Brandstofprijselasticiteiten kunnen daarom afwijken van brandstofkostenelasticiteiten. Dat komt doordat een automobilist een deel van de prijsstijging kan ontlopen door zuiniger verbruik, waardoor zijn kosten per kilometer minder snel stijgen dan de brandstofprijs⁹. Maar deze reactie (zuiniger verbruik) zal er ook toe leiden dat de brandstofkostenelasticiteit van de hoeveelheid afgelegde kilometers – absoluut gezien – hoger zal uitvallen dan de brandstofprijselasticiteit van de hoeveelheid afgelegde kilometers. Een voorbeeld aan de hand van onderstaande tabel kan dit verduidelijken. Daarbij is ter illustratie figuur 3.1 opgenomen.

Tabel 3.1

Brandstofprijs, brandstofefficiency en brandstofkosten: een rekenvoorbeeld

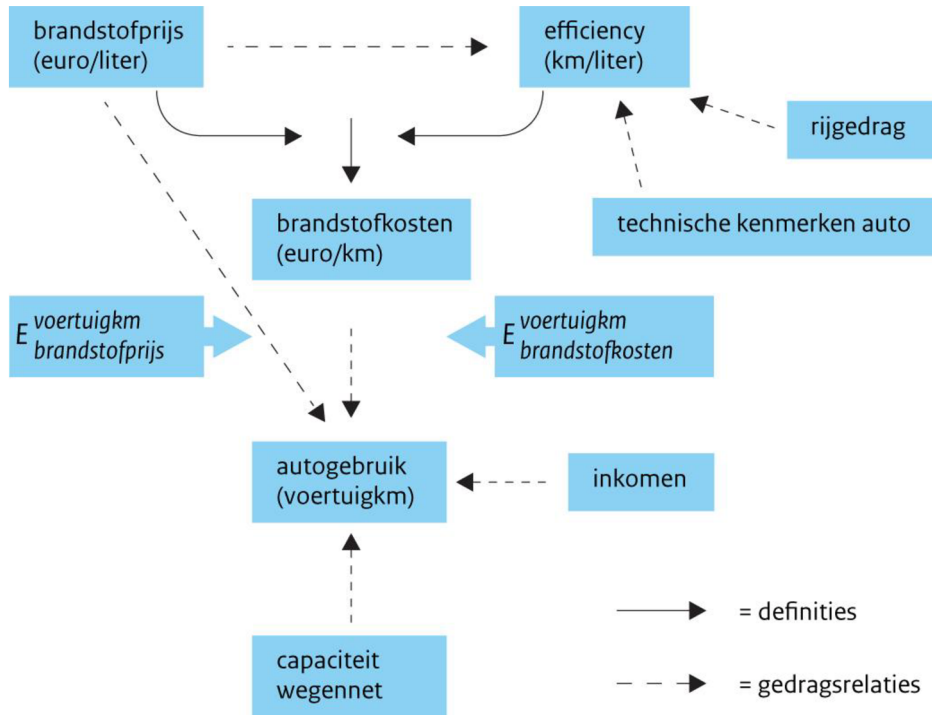
	Brandstofprijs (euro per liter)	Brandstofefficiency (liter/kilometer)	Brandstofkosten (euro per kilometer)
Situatie jaar 0	1,50	1/10	0,15
Situatie jaar 1	1,65	1/10,5	0,157
Mutatie	+10%	+5,0%	+4,75%

Stel dat in jaar 1 de brandstofprijs per liter stijgt met 10% ten opzichte van jaar 0. Bij een prijselasticiteit van het totale autogebruik van -0,2 leidt dit tot een vermindering van de hoeveelheid afgelegde kilometers met 2%. Dezelfde prijsstijging beweegt de automobilist ertoe om zijn rijgedrag aan te passen (of een zuiniger auto te kopen), waardoor zijn efficiency (afgelegde kilometers per liter brandstof) verbetert met 5,0%. In termen van kosten per kilometer leidt de prijsstijging per saldo tot een stijging van zijn kosten per kilometer met 4,75%.

⁹ Of zoals Graham en Glaister het uitdrukken (2002, p. 12): "Therefore, the difference between the cost and price elasticities lies simply in the inclusion of the effects of fuel efficiency in the fuel price elasticity, that arises from changes in the fuel efficiency of the stock as the pump price changes".

Ofwel: zijn kostenelasticiteit van het autogebruik bedraagt $-0,4$ (4,75% kostenstijging leidt tot een vermindering van de afgelegde kilometers met 2%).

Figuur 3.1
Brandstofprijs, brandstofkosten en brandstofefficiency: definities en gedragsrelaties



Bovenstaande figuur illustreert nog eens de beschreven relaties. Daarbij maken we een onderscheid naar gedragsrelaties (gestippelde lijn) en definities (doortrokken lijn). Ook de te schatten elasticiteiten hebben in deze figuur een plaats gekregen. Zo geeft de brandstofprijselasticiteit $E_{\text{voertuigkm brandstofprijs}}$ de gedragsreactie weer tussen de brandstofprijs (oorzaak) en de afgelegde kilometers (gevolg). Evenzo staat de brandstofkostenelasticiteit $E_{\text{voertuigkm brandstofkosten}}$ voor de reactie van een verandering van de brandstofkosten (oorzaak) op de afgelegde kilometers (gevolg).

3.2 Elasticiteiten schatten met regressieanalyse

Veranderingen in brandstofprijzen leveren informatie die bruikbaar is voor een analyse van de effecten op het verplaatsingsgedrag. Elasticiteiten zijn een veel gebruikte vorm om die invloed aan te geven¹⁰. Een dergelijke aanpak kan nuttige informatie opleveren voor de verklaring van de mobiliteitsontwikkeling. Op één terrein is ons onderzoek uitgebreider dan veel vergelijkbare studies over dit onderwerp. Onze analyse beperkt zich namelijk niet tot prijselasticiteiten, maar betreft ook kostenelasticiteiten in de beschouwing. Dit vanwege de onlosmakelijke

¹⁰ Zoals al aangegeven in de inleiding geeft de elasticiteit de relatieve verandering weer van de hoeveelheid afgelegde kilometers als gevolg van een relatieve verandering in de brandstofprijs. Daarmee is de elasticiteit een dimensieloze grootheid, die veel wordt toegepast in economisch onderzoek. Zie bijvoorbeeld: *Why Economists Use Elasticities*, in Sydsaeter and Hammond (2008).

samenhang tussen brandstofprijzen, efficiency van het brandstofverbruik en brandstofkosten (zie Figuur 3.1).

Kern van dit onderzoek zijn schattingen van brandstofprijz- en brandstofkostenelasticiteiten van de verkeersvraag. Veel literatuur op dit terrein is vooral gericht op de vraag naar brandstof. Op basis van deze literatuur leiden we in deze notitie de relevante prijs- en kostenelasticiteiten af van de verkeersvraag, de brandstofefficiency en de totale vraag naar brandstof. De volledige afleiding is weergegeven in bijlage A. Hier volstaan we met de belangrijkste uitkomsten (zie tabel 3.2).

Centraal in dit onderzoek staan de elasticiteiten die het effect weergeven van (mutaties in) de brandstofprijs per liter en brandstofkosten per kilometer op (mutaties in) het verkeersvolume. Deze aanpak biedt als voordeel dat met de schatting van twee elasticiteiten, t.w. η_{Tr} en $\eta_{Tr}(1-\eta_{sp})$, de overige elasticiteiten eenvoudig zijn af te leiden. De schatting van beide elasticiteiten komt aan de orde in paragraaf 4, waar we mobiliteit proberen te verklaren uit reële brandstofprijzen, respectievelijk brandstofkosten, economische groei en het aanbod van nieuwe wegcapaciteit. Maar eerst bezien we hier in hoeverre de beschikbare data de schatting van de elasticiteiten mogelijk maken.

Tabel 3.2

Prijs- en kostenelasticiteiten verkeersvraag, brandstofefficiency en brandstofconsumptie: samenhang

	Brandstofkosten per km	Brandstofprijs per liter
Brandstofconsumptie	$\eta_{Tr} - \left(\frac{\eta_{sp}}{1-\eta_{sp}} \right)$	$\eta_{Tr}(1-\eta_{sp}) - \eta_{sp}$
Verkeersvolume	η_{Tr}	$\eta_{Tr}(1-\eta_{sp})$
Brandstofefficiency	$\frac{\eta_{sp}}{1-\eta_{sp}}$	η_{sp}

Voor het schatten van prijs- en kostenelasticiteiten zijn data nodig over prijzen en de consumptie van brandstoffen. Voor de brandstofprijzen is voldoende gedetailleerd materiaal voorhanden. Voor de brandstofconsumptie per vervoersmodaliteit is dit echter niet het geval. Dit beperkt de mogelijkheden om kostenelasticiteiten te schatten. Overleg met het CBS en PBL heeft geleid tot de conclusie dat alleen gegevens van de brandstofafzet betrouwbaar genoeg zijn om voor onderzoek te gebruiken. Daarbij gaat het om afzetgegevens voor het wegverkeer, verdeeld naar de brandstofsoorten benzine, diesel en lpg¹¹.

Omdat de afzet van benzine vrijwel volledig voor rekening komt van het personenvervoer (het vrachtverkeer verbruikt uitsluitend diesel), zijn *prijselasticiteiten* af te leiden voor benzine, diesel en lpg voor het personenvervoer en een *kostenelasticiteit* voor benzine. Omdat de afzet van diesel niet nader is onderverdeeld naar personen- respectievelijk goederenvervoer, is de

¹¹ CBS, Motorbrandstoffen voor vervoer; afzet. Deze statistiek geeft informatie over de afzet in Nederland van motorbrandstoffen voor vervoer. Het gaat daarbij om afzet voor finaal verbruik aan benzine- en andere tankstations. Bij wegverkeer is dit inclusief de afzet aan het internationale vervoer. Per vervoerscategorie wegverkeer, scheepvaart en luchtvaart geeft de statistiek cijfers voor de relevante motorbrandstoffen.

kostenelasticiteit niet adequaat te schatten. Een en ander vatten we samen in onderstaande tabel. Op basis van het voorgaande hebben we er bij deze studie voor gekozen de analyse te richten op het benzineverbruik van personenauto's. Alleen het cijfermateriaal hiervan laat immers een consistente schatting toe van de relevante prijs- en kostenelasticiteiten.

Tabel 3.3

Te schatten elasticiteiten
personen- en
goederenvervoer*)

		Personenvervoer	Vrachtervervoer a)
Prijselasticiteit	benzine	v	-
	diesel	v	v
	lpg	v	-
Kostenelasticiteit	benzine	v	-
	diesel	-	-
	lpg	-	-

*) v = beschikbaar, resp. van toepassing; - = niet beschikbaar, resp. niet van toepassing; a) vrachtauto's plus trekkers

Een en ander leidt ook tot de conclusie dat voor een goede analyse van mobiliteit en de brandstofconsumptie de beschikbare data ontoereikend zijn. Daartoe zou het CBS de afzet voor het wegverkeer nader moeten detailleren naar het verbruik door het personenverkeer en vrachtverkeer. Dit uiteraard met behoud van het huidige onderscheid naar de energiedragers benzine, diesel en lpg.

4 Uitkomsten: elasticiteiten voor prijs, kosten en nieuwe wegcapaciteit

De formele afleiding van de elasticiteiten geschetst in de vorige paragraaf toetsen we hieronder empirisch. Als onderzoeksmethode gebruiken we een regressieanalyse met tijdreeksen van jaarcijfers over de periode 1980-2009. Op basis van de geschatte relaties geeft tabel 4.1 de gevonden waarden weer van de prijs- en kostenelasticiteiten¹². Bij de verhouding tussen de prijs- en kostenelasticiteiten past een kanttekening bij de brandstofefficiency. In paragraaf 3 is deze verhouding al meer in detail beschreven. Een stijging van de prijs per liter kan leiden tot een reductie van de afgelegde kilometers en een beperking van het brandstofverbruik per kilometer door gedragsverandering (bijvoorbeeld 'voetje van het gaspedaal'¹³). Door deze gedragsverandering kan de mutatie in de kosten per kilometer relatief geringer zijn dan de mutatie in de prijs per liter. Of in termen van elasticiteiten: absoluut gezien zal de kostenelasticiteit van de afgelegde kilometers dan groter zijn dan de prijselasticiteit. In onderstaande uitkomsten komt de kostenelasticiteit echter vrijwel overeen met de prijselasticiteit. Dit duidt op ongevoeligheid van de efficiencyverbetering voor een verandering in de brandstofprijs¹⁴.

Tabel 4.1

Prijs- en kostenelasticiteiten verkeersvolume: uitkomsten

Termijn	Brandstofkosten per km		Brandstofprijs per liter	
	Kort	Lang	Kort	Lang
Verkeersvolume	-0,130	-0,186	-0,129	-0,184

Hierna bespreken we meer uitvoerig de betekenis van geschatte coëfficiënten van de reële brandstofprijs, respectievelijk -kosten en het aanbod van extra strookkilometers voor de mobiliteit in voertuigkilometers.

De geschatte relaties leveren korte- en langetermijncoëfficiënten op voor de invloed van achtereenvolgens brandstofprijs, brandstofkostenkosten en het aanbod van nieuwe wegcapaciteit. Deze coëfficiënten zijn direct te interpreteren als elasticiteiten.

4.1 De prijs- en kostenelasticiteiten nader bezien

De waarden van de prijselasticiteiten uit tabel 4,1 liggen aan de onderkant van de marges die in de literatuur zijn aangegeven (PBL/CE, 2010, pp. 31-35). Dit geldt vooral voor de langetermijnelasticiteit. Dat leidt tot de conclusie dat automobilisten nauwelijks minder gaan rijden als de benzineprijzen aan de pomp stijgen. In economische begrippen kunnen we de hoeveelheid afgelegde kilometers aanmerken als een inelastisch product. De relatieve verandering van de gevraagde hoeveelheid is kleiner dan de relatieve prijsverandering (de prijselasticiteit ligt tussen 0 en -1). Ook duidt een inelastische vraag erop dat een product als noodzakelijk wordt

¹² In bijlage B zijn de geschatte relaties integraal weergegeven.

¹³ Uiteraard kan deze gedragsverandering naar minder brandstofverbruik zich ook voordoen in de vorm van de aanschaf van een zuiniger type auto.

¹⁴ Om die reden zijn in tabel 4.1 – vergeleken met tabel 3.2 – de elasticiteiten voor de efficiency en het brandstofverbruik achterwege gelaten. Als de brandstofefficiency ongevoelig is voor brandstofprijs- en kostenveranderingen, komen de geschatte elasticiteiten van het brandstofverbruik overeen met die van het verkeersvolume.

beschouwd¹⁵. Een goed voorbeeld hiervan is het woon-werk verkeer, waarvan de omvang (zeker op de korte termijn) voor de meeste mensen vast ligt.

Zoals in paragraaf 2 aangegeven speelt de prijs van ruwe olie een belangrijke rol bij de uiteindelijke bepaling van de benzineprijs aan de pomp. Wat betekenen bovenstaande uitkomsten voor de veranderingen in de hoeveelheid afgelegde kilometers als gevolg van een verandering in de prijs van ruwe olie? Om deze vraag te beantwoorden hebben we aansluiting gezocht bij een niveau van de ruwe olieprijs in dollars zoals recentelijk is aangegeven in antwoorden op Kamervragen in het kader van de Nationale Markt- en Capaciteitsanalyse (NMCA) met als zichtjaar 2030. Daarbij is uitgegaan van een ruwe olieprijs van 70 dollar per vat (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2011, p. 11). Als we bij wijze van voorbeeld een stijging aannemen van de ruwe olieprijs tot 100 dollar per vat, dan stijgt de prijs van benzine van circa 1,40 euro per liter Euro95 naar 1,57 euro per liter¹⁶. Uitgaande van de gevonden langetermijnprijselasticiteit van -0,184 leidt een dergelijke prijsmutatie tot een reductie van de voertuigkilometers op de lange termijn met circa 2½ %.

Vergeleken met de uitkomsten van het Landelijk Model Systeem (LMS)¹⁷ is de kostenelasticiteit van het verkeersvolume op de korte termijn uit tabel 4.1 goed vergelijkbaar¹⁸. Maar de kostenelasticiteit van het verkeersvolume op de lange termijn komt in dit achtergronddocument duidelijk lager uit dan de marge van -0,28 tot -0,45 die het LMS aangeeft bij variërende kostenverhogingen (PBL/CE, 2010, p. 33). Recentelijk heeft Significance herschattingen gemaakt van het LMS op dit punt; deze veranderen echter weinig aan onze conclusie. Voor de meeste reismotieven blijken de kostenelasticiteiten op kilometerbasis weinig te zijn veranderd vergeleken met de vorige versie van het LMS (Significance, 2011, p. 120). Overigens past hier de kanttekening dat elasticiteiten uit verschillende studies niet zonder meer met elkaar zijn te vergelijken. Zo hebben wij in dit achtergronddocument als onderzoeksmethode regressieanalyse toegepast met recente data, terwijl veel bestaand materiaal op metaonderzoek en modelstudies is gebaseerd en op relatief verouderd cijfermateriaal. Daarnaast zijn veel prijselasticiteiten afgeleid uit de vraag naar brandstof, terwijl wij rechtstreeks de verklarende factoren van de mobiliteitsgroei in beeld brengen.

De elasticiteit van het aanbod: nieuwe strookkilometers

Voor de strooklengte hoofdwegenet geldt volgens de geschatte relaties dat 1% uitbreiding ervan (ruwweg 125 km) op korte termijn leidt tot circa 0,4% extra aanbod van mobiliteit. Op lange termijn levert deze capaciteitsuitbreiding een extra aanbod van 0,5% voertuigkilometers op. Uit de regressieanalyse volgt een gemiddelde reactiesnelheid van circa een half jaar, waarna het volledige effect van de capaciteitsuitbreiding is doorgewerkt¹⁹.

¹⁵ Het onderscheid luxe of noodzakelijke goederen op basis van de uitkomst van een elasticiteit hoort strikt genomen bij de inkomenselasticiteit. Maar in de praktijk bevinden zich veel prijs-hoeveelheidscombinaties van noodzakelijke goederen in het inelastische deel van de vraagcurve.

¹⁶ Voor accijnzen, dollarkoers e.d. is uitgegaan van de niveaus van maart 2011.

¹⁷ Het LMS is een strategisch verkeers- en vervoersmodel. Met het LMS maakt Rijkswaterstaat onder meer prognoses van de mobiliteit.

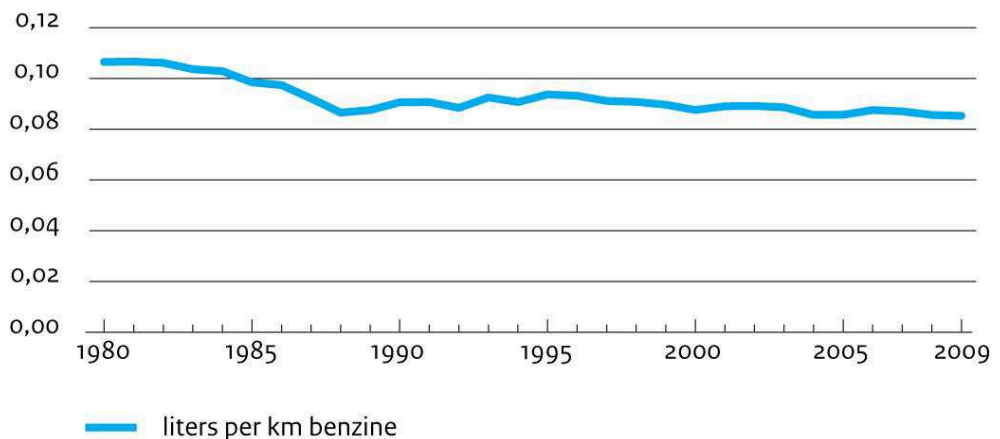
¹⁸ -0,13 aangehaald in PBL/CE (2010, p. 33).

¹⁹ Onder verwijzing naar bijlage C levert een λ van 0,3 een gemiddelde vertraging op van circa een half jaar ($\lambda/1-\lambda$), waarna het volledige effect is doorgewerkt.

4.2 Verhouding tussen prijs- en kostenelasticiteit: efficiency

In het begin van deze paragraaf is al uitvoerig aandacht besteed aan de verhouding tussen de prijs- en kostenelasticiteiten en de brandstofefficiency. In paragraaf 3 is deze verhouding in meer detail beschreven. Daarbij gaven we aan dat in termen van elasticiteiten de kostenelasticiteit van de hoeveelheid afgelegde kilometers absoluut gezien groter kan zijn dan de prijselasticiteit. Hierboven zagen we dat de kostenelasticiteit vrijwel overeenkomt met de prijselasticiteit. Dat duidt erop dat de efficiencyverbetering ongevoelig is voor een verandering in de brandstofprijs²⁰. Nader onderzoek naar de achterliggende factoren van de efficiencyontwikkeling lijkt geboden. Uit figuur 4.1 is immers op te maken dat het benzineverbruik per kilometer bij personenauto's sinds het eind van de jaren tachtig tot 2009 nauwelijks meer is afgenomen. Blijkbaar is de trend van efficiencyverbetering gecompenseerd door de voortdurende verhoging van de gemiddelde cilinderinhoud van het wagenpark. Ook de continue comfortverbeteringen (elektrische voorzieningen, airco e.d.) hebben mogelijk bijgedragen aan deze compensatie. In hun onderzoek naar het specifieke brandstofverbruik (liters/km) van Nederlandse personenauto's schrijven Van den Brink en Van Wee (2001) deze ontwikkeling voor de periode 1990 – 2000 toe aan een gestage toename van het gewicht en de cilinderinhoud van de auto. Daarnaast concluderen ze dat het specifieke brandstofverbruik geen belangrijke rol speelt in het keuzegedrag van de consument bij de aanschaf van een auto. Deze bevinding is in lijn met onze conclusie dat hogere benzineprijzen aan de pomp niet noodzakelijkerwijs leiden tot een zuiniger wagenpark.

Figuur 4.1
Brandstofefficiency
personenauto's benzine



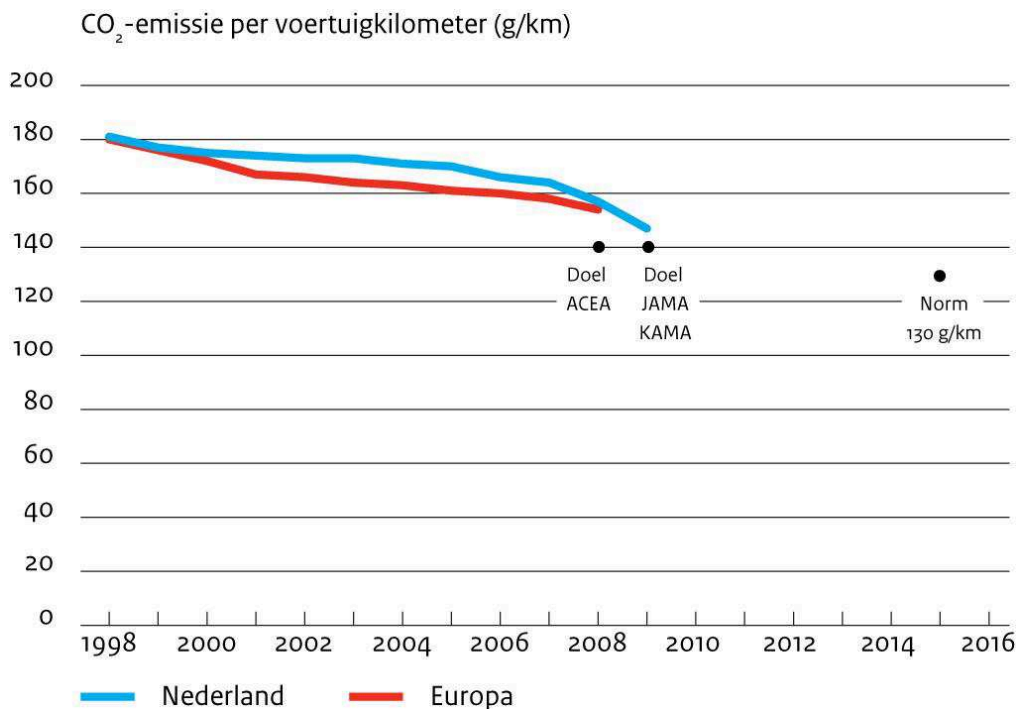
Voor de Verenigde Staten komen Busse et al. (2009) tot ruwweg dezelfde conclusie: "While vehicles changed fairly little in terms of average fuel efficiency over this period (1987-2008), this does not mean that there was no improvement in technology to make engines more fuel-efficient. The average horsepower of available models increased substantially over the sample years, a trend that pushed toward high fuel consumption, working against any improvements in fuel efficiency technology (Busse et al. 2009, p. 11). Ook Schipper wijst in dezelfde richting als hij stelt: "...yet most of the potential fuel savings were negated by overall increased power and weight..." (2011, p. 358).

²⁰ Overigens spoort het ontbreken van de invloed van veranderingen in de reële benzineprijs op het verbruik per kilometer ook met vergelijking (4) uit bijlage B.

Daarnaast moet worden benadrukt dat deze conclusie weliswaar geldig is voor de hier onderzochte periode 1980-2009, maar dat er vooral in de meest recente jaren sprake is van een aanzienlijke verbetering van de brandstofefficiency, afgemeten aan de gemiddelde CO₂-uitstoot van nieuwe personenauto's. De afname van de CO₂-uitstoot tussen 2007 en 2009 is zelfs nog iets groter dan de gehele afname in de tien jaar daarvoor. Daarbij rijst de vraag in hoeverre deze ontwikkeling samenhangt met het verloop van brandstofprijzen. Deze trendbreuk is goed te zien in figuur 4.2 ontleend aan het *Compendium voor de Leefomgeving*²¹. De analyse in het Compendium verklaart de sterke daling van de CO₂-uitstoot van nieuwe auto's door een toename van de vraag naar kleine, relatief zuinige auto's onder meer als gevolg van belastingmaatregelen die de verkoop van deze auto's bevorderen. Maar ook de hoge brandstofprijzen in de eerste helft van 2008 hebben waarschijnlijk bijgedragen aan de toegenomen vraag naar kleine en zuinige auto's. Overigens past bij de verschuiving naar nieuwe, zuinige auto's wel de kanttekening in hoeverre deze trend weer leidt tot vaker en verder rijden. In de literatuur heet dit fenomeen het *rebound effect*; een effect dat ook bekend is op het terrein van energiebesparing (M. aan de Brugh, 2011).

Figuur 4.2

CO₂-uitstoot nieuwe personenauto's
Bron: *Compendium voor de leefomgeving*



²¹ Het Compendium voor de Leefomgeving is een website met feiten en cijfers over milieu, natuur en ruimte in Nederland. Het is een uitgave van het CBS, het PBL en Wageningen UR. In de figuur staan ACEA, JAMA en KAMA voor de koepelorganisaties van respectievelijk Europese, Japanse en Koreaanse autofabrikanten, waarmee de Europese Commissie eind jaren negentig convenanten heeft afgesloten om de CO₂-uitstoot te beperken. Volgens de huidige regelgeving mag de gemiddelde CO₂-uitstoot van nieuwe auto's in 2015 in de EU maximaal 130 g/km bedragen (Europese Commissie, 2009).

Summary

Car drivers do not drive significantly less when fuel prices at the pump rise. If fuel prices increase by approximately 12.5 percent, the long-term decrease in passenger car kilometres travelled is 2.5 percent. Higher fuel prices have also not resulted in a more fuel-efficient 'car fleet'. The car-fleet specific fuel consumption remained relatively constant from the late 1980s to 2009.

During 2011, fuel prices at the pump surpassed the record highs set in 2008. The question arises as to what extent high fuel prices influence the number of car kilometres travelled. This study revealed that automobility, in economic terms, is an 'inelastic' product. That is to say that a change in fuel price has a relatively minor effect on the number of car kilometres travelled. This study is based on data derived from the period 1980 to 2009.

Consumers usually react more strongly to luxury good price changes than they do to the price changes of necessary products. The slight price elasticity clearly reveals that for many people car use is deemed a necessary product.

Slight reduction in number of kilometres

What are the long term consequences of a sharp rise in the price of crude oil? In the first instance, if the price of a barrel of crude oil increases from \$70 to \$100 USD dollars, the price of gasoline will increase by approximately 12.5 percent. Based on this study's findings, the price increase over the long term (5 to 10 years) will result in a 2.5 percent reduction in the number of car kilometres travelled.

A price rise has a greater impact on the long-term than the short-term. In the short-term, car drivers will travel fewer kilometres or alter their driving style ('foot off the gas pedal'). In the long-term, people can also reduce their home-to-work travel by more often working from home or by residing closer to their workplaces or purchasing more fuel-efficient cars.

Car fleet not more fuel-efficient, owing to increased power and luxury cars

This study not only examined the impact higher fuel prices have on the number of car kilometres travelled, but also the effect this has on the fuel-efficiency of the 'car fleet'. For car drivers, the specific fuel cost is dependent on the price of fuel and the specific fuel consumption. If the price of fuel increases, this does not, by definition, result in higher specific fuel costs. By driving more fuel-efficient cars, car drivers can mitigate part of the price increase.

The analysis does not point toward a more car-fleet specific fuel consumption emerging as a consequence of higher fuel prices at the pump. The trend for larger cars (increased power) and more comfort (electric windows, airconditioning) has offset improvements in fuel efficiency technology. The result is that from the late 1980s to 2009 the specific fuel consumption has remained virtually constant, recent years have seen a marked improvement in the specific fuel consumption, as measured in new-car specific CO₂ emission. Additional research into the underlying

factors for development of fuel-efficient passenger cars therefore also seems pertinent.

Effects less pronounced than previously indicated

The majority of the definite effects of higher fuel prices revealed in the study were less pronounced than the effects previously cited in the available literature, especially with regard to the long-term effects.

An analysis of the annual figures compiled for the period 1980 to 2009, including figures pertaining to fuel prices and costs, further indicate that economic growth and the supply of new road capacity present a satisfactory explanation for the total number of gasoline-fuelled passenger car kilometres travelled.

Literatuur

- Brink, R.M.M. van den & B. van Wee (2001) Why has car-fleet specific fuel consumption not shown any decrease since 1990? Quantitative analysis of Dutch passenger car-fleet specific fuel consumption. *Transportation Research Part D* 6 2001, 75-93.
- Brons, M., P. Nijkamp, E. Pels & P. Rietveld (2007) A meta/analysis of the price elasticity of gasoline demand. A SUR approach. *Energy Economics*, 2007, 30-5, 2105 – 2123.
- Brugh, M. aan de (2011). Lekker veel rijden in die nieuwe zuinige auto, *NRC Weekend* 14 en 15 mei.
- Busse, M.R., C.R. Knittel & F. Zettelmeyer (2009) Pain at the pump: the differential effect of gasoline prices on new and used automobile markets. NBER paper 15590.
- Button, K.J. (1996) *Transport Economics*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited.
- EIM (2011) *De werking van de benzinemarkt en de opbouw van de brandstofprijs*. Zoetermeer.
- Europese Commissie (2009). Wetgevingsresolutie no. 443/2009.
- Geilenkirchen, G., H. van Essen & A. Schrotten (2008) *Hogere prijzen, minder reizen? Overzichtsstudie naar prijsgevoeligheid in de verkeerssector*. Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk, 20 en 21 november 2008.
- Graham, D., & S. Glaister (2002) *Review of income and price elasticities of demand for road traffic*, London, Centre for Transport Studies, Imperial College of Science, Technology and Medicine.
- Hanly, M., J. Dargay & P. Goodwin (2002) *Review of Income and Price Elasticities in the demand for road traffic*. London: ESRC Transport Studies Unit Centre for Transport Studies.
- Ministerie van Financiën (2011). *Autobrief: fiscale stimulering van (zeer) zuinige auto's en enkele andere onderwerpen op het gebied van autobelastingen*. Den Haag.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2011). *Schriftelijke vragen NMCA: brief aan de Voorzitter van de Tweede Kamer der Staten-Generaal*. IENM/BSK-2011/5608. Den Haag.
- PBL/CE (2010). *Effecten van prijsbeleid in verkeer en vervoer: kennisoverzicht*, Bilthoven/Den Haag.
- Persson, M., & L. Reijmer (2011) Automobilist haalt schouders op over torenhoge benzineprijzen. *De Volkskrant*, 8 maart.

Rosenthal, E. (2008) Hoe duur de benzine ook is, de Europeaan blijft autorijden. *De Volkskrant*, 6 september (vertaald en overgenomen uit The New York Times).

Schipper, L. (2011). Automobile use, fuel economy and CO₂ emissions in industrialized countries: encouraging trends through 2008? *Transport Policy* 18, 358-372.

Shell (2011). *Veel gestelde vragen over brandstofprijzen*. Geraadpleegd via www.shell.nl/home/content/nld/products_services/on_the_road/fuels/fuel_pricing/cpp/faq/

Significance (2011). *Schattingen van keuzemodellen voor het LMS 2011: technische rapportage*. Den Haag: Significance

Stichting BOVAG-RAI (2011). *Mobiliteit in cijfers: auto's 2010/2011*. Amsterdam.

Sydsaeter, K. & P. Hammond (2008). *Essential Mathematics for Economic Analysis*. Essex: Pearson Education Limited.

Vrijheid en Verantwoordelijkheid. Regeerakkoord VVD-CDA, 30 september 2010.

Wit, J. de & H. van Gent (1996). *Economie en Transport*. Utrecht, Uitgeverij Lemma BV.

Bijlage A

De afleiding van elasticiteiten vanuit gegeneraliseerde reiskosten

In paragraaf 4 zijn onder meer de prijs- en kostenelasticiteiten geraamd van de verkeersvraag. Veel literatuur op dit terrein is vooral gericht op de vraag naar brandstof. Hier gebruiken we deze literatuur om de relevante prijs- en kostenelasticiteiten af te leiden van de verkeersvraag, de brandstofefficiency en het brandstofverbruik²².

Startpunt is de gegeneraliseerde reiskosten per voertuigkilometer. Omdat het onderzoek zich primair richt op brandstofkosten maken we een onderscheid naar brandstofkosten en overige kosten, waaronder bijvoorbeeld tijdskosten. We beginnen met de onderstaande drie vergelijkingen voor de gegeneraliseerde reiskosten, de brandstofkosten en verkeersomvang (mobiliteit).

$$(1) \quad g = r + k$$

g = gegeneraliseerde reiskosten per voertuigkilometer (euro/vtgkm)

r = brandstofkosten in euro/vtgkm

k = overige kosten in euro/vtgkm

$$(2) \quad r = \frac{p}{s}$$

p = prijs per liter brandstof (euro/liter)

s = aantal kilometers per liter brandstof (efficiency, km/liter).

$$(3) \quad T = N \cdot d$$

T = verkeersvolume (voertuigkilometers)

N = wagenpark (aantal auto's)

d = afgelegde afstand (km/jaar)

De algemene gedaante voor een vergelijking van een elasticiteit is:

$$(4) \quad \eta_{yx} = \frac{\partial y}{\partial x} \frac{x}{y} = \frac{\partial \log y}{\partial \log x}$$

In vergelijking (4) geeft de elasticiteit η_{yx} de procentuele verandering weer van het gevolg (y) gedeeld door de procentuele verandering van de oorzaak (x).

²² Deze afleiding is gebaseerd op de paragrafen 2 en 3 van Graham and Glaister (2002) en Appendix 1 van Hanly, Dargay and Goodwin (2002).

Spitsen we dit toe op het verband tussen de gegeneraliseerde kosten en het verkeersvolume, dan is uit vergelijking (3) onderstaande elasticiteit af te leiden:

$$(5) \quad \eta_{Tg} = \frac{\partial \log T}{\partial \log g} = \frac{\partial \log N}{\partial \log g} + \frac{\partial \log d}{\partial \log g} = \eta_{Ng} + \eta_{dg}$$

Vergelijking (5) geeft de elasticiteit van het verkeersvolume in relatie tot de gegeneraliseerde reiskosten als de som van de elasticiteiten van het wagenpark en de afgelegde afstand, beide in relatie tot de gegeneraliseerde kosten.

Voor de overstap naar brandstofkosten definiëren we het aandeel van de brandstofkosten in de gegeneraliseerde reiskosten α :

$$(6) \quad \alpha = \frac{p}{s \cdot g}$$

Uit (5) en (6) volgt vervolgens de brandstofkostenelasticiteit van het verkeersvolume η_{Tr} :

$$(7) \quad \eta_{Tr} = \frac{\partial \log T}{\partial \log r} = (\eta_{Ng} + \eta_{dg}) \cdot \alpha$$

Vergelijking (2) is ook te schrijven als:

$$(8) \quad \log r = \log p - \log s$$

Voor de relatie tussen de prijs per liter p en de kosten per voertuigkilometer r geldt vervolgens:

$$(9) \quad d \log r = (1 - \eta_{sp}) d \log p$$

waarin η_{sp} de prijselasticiteit voorstelt van de brandstofefficiency.

$$(10) \quad \eta_{sp} = \frac{\partial s}{\partial p} \cdot \frac{p}{s} = \frac{\partial \log s}{\partial \log p}$$

Ten slotte is de brandstofprijselasticiteit van het verkeersvolume te schrijven als:

$$(11) \quad \eta_{Tp} = \frac{\partial T}{\partial p} \cdot \frac{p}{T} = \frac{\partial \log T}{\partial \log p} = (\eta_{Ng} + \eta_{dg}) \cdot \alpha \cdot (1 - \eta_{sp})$$

Uit bovenstaande relaties is op te maken dat de brandstofprijselasticiteit van het verkeersvolume (η_{Tp}) is af te leiden uit de elasticiteit van de gegeneraliseerde kosten (per voertuigkilometer) van de afgelegde kilometers (η_{Tg}) door te corrigeren voor het aandeel van de brandstofkosten in de totale gegeneraliseerde kosten (α)

en voor de brandstofprijselasticiteit van de brandstofefficiency (η_{sp}). Meer algemeen geformuleerd: een verhoging van de brandstofprijs per liter resulteert niet per definitie in een gelijke verhoging van de brandstofkosten per kilometer. Door aanpassing van het rijgedrag of het gebruik van een zuiniger auto kan de stijging van de brandstofkosten kleiner zijn dan de stijging van de brandstofprijzen. Met als consequentie een -absoluut gezien- hogere kostenelasticiteit van het verkeersvolume.

De hiervoor afgeleide elasticiteiten, die betrekking hebben op de afgelegde kilometers en de brandstofefficiency, kunnen we tot slot combineren tot de elasticiteiten voor de brandstofconsumptie. Een en ander leidt tot onderstaande tabel met alle relevante elasticiteiten.

Tabel A.1

Prijs- en kosten-
elasticiteiten
verkeersvraag,
brandstofefficiency en
brandstofconsumptie

	Brandstofkosten per km	Brandstofprijs per liter
Brandstofconsumptie	$\eta_{Tr} - \left(\frac{\eta_{sp}}{1 - \eta_{sp}} \right)$	$\eta_{Tr}(1 - \eta_{sp}) - \eta_{sp}$
Verkeersvolume	η_{Tr}	$\eta_{Tr}(1 - \eta_{sp})$
Brandstofefficiency	$\frac{\eta_{sp}}{1 - \eta_{sp}}$	η_{sp}

De meta-analyse van Brons et al. biedt aanknopingspunten om tabel A.1 te illustreren met concrete waarden voor de prijselasticiteiten op de korte en lange termijn (tussen haakjes) voor de vraag naar benzine (Brons et al., 2007, p.11, tabel 2).

$\eta_{sp} = 0.14 (0.31)$	prijselasticiteit van de brandstofefficiency
$\eta_{Tr}(1 - \eta_{sp}) = -0.20 (-0.53)$	prijselasticiteit van het verkeersvolume
$\eta_{Tr}(1 - \eta_{sp}) - \eta_{sp} = -0.34 (-0.84)$	prijselasticiteit van het brandstofverbruik
$\frac{\eta_{sp}}{1 - \eta_{sp}} = 0.16 (0.45)$	kostenelasticiteit van de brandstofefficiency
$\eta_{Tr} = -0.23 (-0.77)$	kostenelasticiteit van het verkeersvolume
$\eta_{Tr} - \left(\frac{\eta_{sp}}{1 - \eta_{sp}} \right) = -0.39 (-1.22)$	kostenelasticiteit van het brandstofverbruik

Bijlage B

De geschatte relaties: prijs- en kostenelasticiteiten

In een eenvoudige relatie voor de vraag naar voertuigkilometers proberen we vraag- en aanbodelementen een plaats te geven. Als vraagfactoren figuren reële prijzen, respectievelijk kosten en de inkomensontwikkeling, als aanbodfactor de infrastructuur in de vorm van strookkilometers hoofdwegennet. Met een vertragingstructuur in de vergelijking brengen we tot uitdrukking dat verklarende variabelen een vertraagde doorwerking kunnen hebben op de te verklaren variabele. Bij de hier toegepaste Koyck-transformatie gaat men er vanuit dat de betrokken variabele zich gedraagt als een oneindig dalende geometrische reeks²³. Een belangrijk voordeel van een dergelijke aanpak is dat de geschatte relatie zowel de korte- als de lange termijn elasticiteit oplevert. In onderstaande specificatie hebben we aangenomen dat de reële prijzen dan wel kosten en de strookkilometers een verdeelde vertragingstructuur kennen. De inkomensvariabele – vormgegeven door het volume van de particuliere consumptie – komt onvertraagd voor in de vergelijking. Een en ander leidt tot onderstaande specificatie:

$$\ln vtgkmben - \lambda \ln vtgkmben_{-1} = \alpha \ln pbenltr + \beta (\ln vcons - \lambda \ln vcons_{-1}) + \gamma \ln strklngt \quad (1)$$

waarin:

\ln = natuurlijk logaritme

λ = Koyck-coëfficiënt

$vtgkmben$ = voertuigkilometers personenauto's benzine

$pbenltr$ = reële prijs benzine (per liter)

$vcons$ = volume particuliere consumptie

$strklngt$ = strooklengte hoofdwegennet (km)

Iteratie van λ tussen 0,1 en 0,9 leverde als beste schattingsresultaat onderstaande vergelijking op²⁴:

$$\begin{aligned} \ln vtgkmben = & \lambda \ln vtgkmben_{-1} - 0,129 \ln pbenltr + 0,38 (\ln vcons - \lambda \ln vcons_{-1}) \\ & (-) \quad \quad \quad (-4,77) \quad \quad \quad (4,61) \\ & + 0,40 \ln strklngt + 3,19 \quad \quad \quad (2) \\ & (3,60) \quad \quad \quad (4,43) \end{aligned}$$

waarin: $\lambda = 0,3$ $R^2 = 0,971$ D.W. = 1,59 (DL=1,18) periode: 1981 - 2009

Uit deze vergelijking volgt voor de korte termijn een brandstofprijselasticiteit van de afgelegde kilometers van -0,13 en voor de lange termijn een elasticiteit van: $-0,13/(1-\lambda) = -0,19$.

²³ Bijlage C geeft een uitvoerige afleiding van het principe van de gestaffelde Koyck-vertraging.

²⁴ De toegepaste schattingsmethode is OLS. Onder de coëfficiënten staan de t-waarden vermeld. R^2 is de voor vrijheidsgraden gecorrigeerde correlatiecoëfficiënt. D.W. is de Durbin-Watson statistic voor autocorrelatie tussen de residuen, met DL als ondergrens van de *inconclusive region*.

Met dezelfde theoretische specificatie zijn vervolgens de relaties geschat om de kostenelasticiteit te kunnen afleiden. Een en ander heeft geleid tot onderstaande relatie:

$$\ln vtgkmben = \lambda \ln vtgkmben_{-1} - 0,130 \ln kbenkm + 0,39 (\ln vcons - \lambda \ln vcons_{-1})$$

$$\begin{matrix} (-) & (-4,82) & (4,68) \\ + 0,29 \ln strklngt + 3,89 & & (3) \\ (2,67) & (6,55) & \end{matrix}$$

$kbenkm$ = reële kosten benzine (per km)

$kbenkm$ = reële kosten benzine (per km)

waarin: $\lambda = 0,3$ $R^2 = 0,971$ D.W. = 1,49 (DL = 1,18) periode: 1981 - 2009

De brandstofkostenelasticiteit voor de korte termijn is -0,13; de lange termijnwaarde is:
 $- 0,13/(1 - \lambda) = - 0,19$.

Uit de voorgaande relaties kan worden opgemaakt dat de prijselasticiteit van de afgelegde kilometers overeenkomt met die van de kostenelasticiteit van de afgelegde kilometers. Daaruit volgt dat de reële benzineprijs geen significante invloed heeft op de efficiency (km per liter). Zouden mutaties in de reële brandstofprijs een positieve invloed hebben op de efficiency, dan zal de kostenelasticiteit immers – absoluut gezien – hoger uitvallen dan de prijselasticiteit²⁵. Voor de volledigheid hebben we daarom ook een rechtstreekse relatie geschat die de efficiencyontwikkeling probeert te verklaren uit het verloop van de reële benzineprijs. Ook deze relatie bevestigt het hiervoor geschetste beeld.

$$\ln effben = 0,006 \ln pbenltr + 2,356$$

$$\begin{matrix} (0,040) & (3,255) & (4) \end{matrix}$$

$effben$ = kilometers per liter benzine (km/liter)

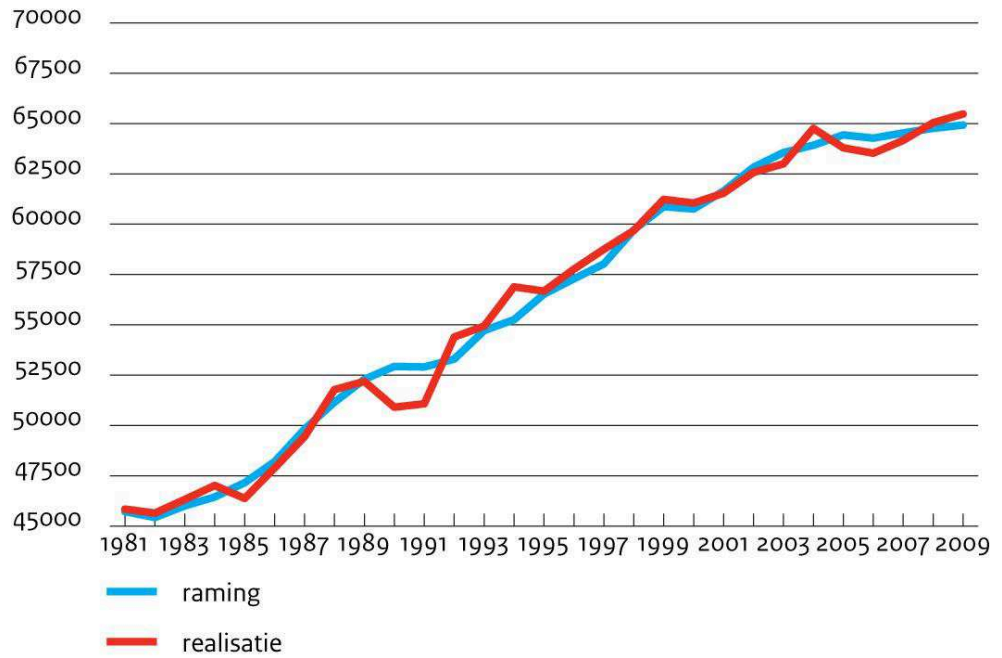
waarin: $R^2 = 0,036$ D.W. = 0,155 (DL = 1,34) periode: 1980 - 2009

Uit de figuren B.1 en B.2 blijkt dat deze relaties de verandering in de afgelegde voertuigkilometers goed kunnen verklaren. Dat geldt overigens niet voor de jaren 1990 en 1991, waarin de verandering in de voertuigkilometers fors wordt overschat. Mogelijke oorzaken hiervoor zijn de schoksgewijze olieprijsstijging vanwege de Golfoorlog (1990) en de accijnsverhoging in juli 1991 ('kwartje van Kok'). Daarnaast is er in 1990 sprake van een trendbreuk in het oorspronkelijke cijfermateriaal van de te verklaren variabele, waarvoor een correctie is doorgevoerd.

²⁵ Zie voor een nadere onderbouwing van deze relaties bijlage A.

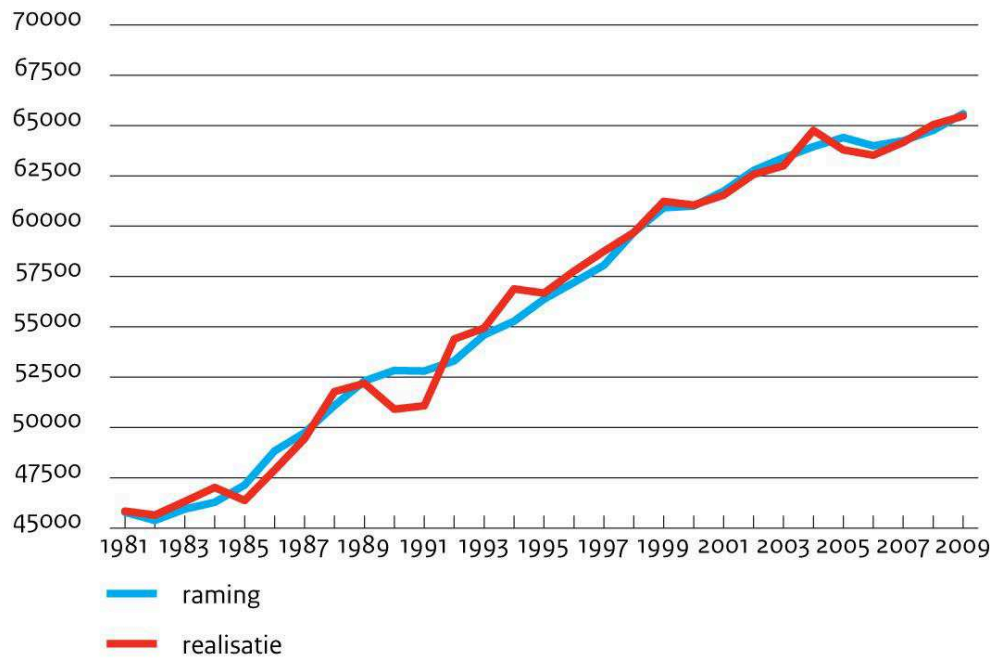
Figuur B.1

Raming en realisatie mln voertuigkilometers 1981-2009 (cf. relatie 2)



Figuur B.2

Raming en realisatie mln voertuigkilometers 1981-2009 (cf. relatie 3)



Bijlage C Afleiding van de gestaffelde Koyck-vertraging

Uitgangspunt voor de gestaffelde Koyck-vertraging is onderstaande vergelijking met in eerste aanleg alleen exogene vertraagde variabelen:

$$y_t = a_0 + b_0 x_t + b_1 x_{t-1} + b_2 x_{t-2} + \dots + u_t \quad (1)$$

Vervolgens brengt de gestaffelde Koyck-vertraging tot uiting dat meer recente waarden van x een sterkere invloed op y hebben dan verder in het verleden liggende waarden. Een en ander is vorm gegeven volgens een afnemende geometrische reeks met als gewichten:

$$b_1 = \lambda b_0$$

$$b_2 = \lambda^2 b_0$$

Dus meer algemeen:

$$b_i = \lambda^i b_0 \quad 0 < \lambda < 1 \quad (2)$$

Als we (2) substitueren in (1) krijgen we:

$$y_t = a_0 + b_0 x_t + (\lambda b_0) x_{t-1} + (\lambda^2 b_0) x_{t-2} + \dots + u_t \quad (3)$$

Vergelijking (3) met één jaar vertragen geeft:

$$y_{t-1} = a_0 + b_0 x_{t-1} + (\lambda b_0) x_{t-2} + (\lambda^2 b_0) x_{t-3} + \dots + u_{t-1} \quad (4)$$

Als we vergelijking (4) doorvermenigvuldigen met λ en vervolgens aftrekken van (3) resulteert:

$$y_t - \lambda y_{t-1} = a_0(1 - \lambda) + b_0 x_t + (u_t - \lambda u_{t-1})$$

ofwel:

$$y_t = a_0(1 - \lambda) + b_0 x_t + \lambda y_{t-1} + v_t \quad (5)$$

waarin: $v_t = u_t - \lambda u_{t-1}$

Vergelijking (5) vormt de basis voor de te schatten relatie. En uit de geschatte relaties zijn de volgende coëfficiënten af te leiden:

1. $b_0 = \frac{\partial y_t}{\partial x_t}$ = kortetermijnelasticiteit van variabele x ten opzichte van y

2. $b_0 / (1 - \lambda) = \sum_{i=0}^{\infty} b_0 \lambda^i$ = langetermijnelasticiteit van variabele x ten opzichte van y

3. $\tau_{md} = -\frac{\log 2}{\log \lambda}$ = de zogeheten *median lag*, ofwel: na hoeveel tijd heeft de helft van het vertraagde effect zich gerealiseerd (bij een λ van 0,3 is τ_{md} 0.58 en is de helft van het totale effect binnen een half jaar bereikt)

4. $\tau_m = \frac{\lambda}{1 - \lambda}$ = de gemiddelde vertraging, ofwel: gemiddeld genomen na hoeveel tijd is het vertraagde effect volledig doorgewerkt (bij een λ van 0,3 is de gemiddelde vertraging 0,4 jaar, ofwel bijna 5 maanden)

Als er meer verklarende variabelen zijn is het niet nodig ze alle een gestaffelde vertraging op te leggen. Neem bijvoorbeeld aan dat x wel een Koyck-vertraging volgt, maar dat z dat niet doet:

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 x_t + \beta_1 x_{t-1} + \beta_2 x_{t-2} + \dots + \epsilon_t \quad (6)$$

$$\Delta y_{t-1} = \alpha_2 \Delta x_{t-1} + \beta_2 \Delta x_{t-2} + \dots + \Delta \epsilon_{t-1} \quad (7)$$

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 x_t + \Delta y_{t-1} + \beta_1 x_{t-1} + \beta_2 x_{t-2} + \dots + \epsilon_t + \Delta \epsilon_{t-1} \quad (8) = (6) - (7)$$

Voor het schatten van deze vorm is een iteratieve procedure vereist. In dit onderzoek is die dan ook toegepast, omdat we aan reële prijzen respectievelijk kosten en strooklengtes een verdeelde vertraging hebben opgelegd en niet aan de inkomensvariabele (volume particuliere consumptie). De te schatten relatie (8) is over-geïdentificeerd met betrekking tot λ , zodat λ wordt geprikt. Daarbij hebben we λ laten oplopen van 0,1 tot 0,9 met sprongen van 0,1.

Bijlage D Gebruikte reeksen (oorspronkelijke waarden)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	vtgkmben	pbenltr	vcons	strklngt	kbenkm
1980	48304	108,35	134,40	8932	11,54
1981	45847	118,91	131,20	9078	12,68
1982	45651	114,25	129,30	9262	12,13
1983	46325	114,12	130,93	9322	11,83
1984	47022	116,50	131,72	9594	11,98
1985	46379	116,60	133,55	9682	11,48
1986	47892	94,71	136,71	10134	9,22
1987	49443	100,25	139,55	10504	9,23
1988	51783	98,65	141,72	10564	8,54
1989	52190	100,64	146,19	10750	8,81
1990	50909	103,17	152,09	10887	9,35
1991	51080	104,94	156,21	11077	9,52
1992	54394	102,88	157,33	11085	9,10
1993	54939	98,58	158,61	11161	9,12
1994	56886	100,69	161,70	11247	9,13
1995	56675	98,85	166,01	11252	9,26
1996	57767	99,88	173,15	11276	9,31
1997	58752	103,99	179,21	11490	9,48
1998	59685	100,99	188,42	11496	9,17
1999	61229	103,48	198,33	11566	9,28
2000	61050	121,27	205,73	11716	10,62
2001	61541	112,75	209,49	11790	10,04
2002	62569	106,89	211,43	11790	9,53
2003	62999	106,71	211,04	11859	9,46
2004	64742	113,01	213,11	12049	9,68
2005	63786	121,66	215,25	12231	10,43
2006	63502	123,56	214,51	12273	10,82
2007	64134	126,39	218,28	12362	11,01
2008	64979	129,24	220,73	12414	11,08
2009	65428	112,09	215,30	12563	9,56

Omschrijving variabelen:

vtgkmben: voertuigkilometers personenauto's benzine (mln)

pbenltr: prijs benzine per liter (euro; constante prijzen 2000)

vcons: volume particuliere consumptie (1970 = 100)

strklngt: strooklengte hoofdwegennet (km)

kbenkm: kosten per kilometer personenauto's benzine (euro; constante prijzen 2000)

Colofon

Dit is een uitgave van het
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Januari 2012
Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM)

ISBN: 978-90-8902-095-6
KiM-12-A01

Auteur:
Wim Groot

Vormgeving en opmaak:
Huisstijl IenM

Opmaak figuren en grafieken:
Studio Guido van der Velden B.V., Rijswijk

Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM)
Postbus 20901
2500 EX Den Haag

Telefoon : 070 351 1965
Fax : 070 351 7576

Website : www.kimnet.nl
E-mail : info@kimnet.nl

Publicaties van het KiM zijn aan te vragen bij het KiM (via kimpublishaties@minienm.nl) of als PDF te downloaden van onze website www.kimnet.nl. U kunt natuurlijk ook altijd contact opnemen met één van onze medewerkers.

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen onder vermelding van het KiM als bron.

Dit is een uitgave van het

Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Postbus 20901 | 2500 EX Den Haag
www.rijksoverheid.nl/ienm

www.kimnet.nl

ISBN: 978-90-8902-095-6
Januari 2012 | KiM-12-A01