

Modellering af benzin- og bilforbruget med benzineffektivitet

Resumé:

I dette papir undersøges eksistensen af en langsigtet sammenhæng mellem det relative benzin/bil-forbrug og de relative priser. Det nye ved dette papir er, at forbrugerne ikke får nytte direkte af benzinforsbruget, men af antal kilometer kørt. Hermed indgår benzineffektiviteten som forklarende variabel. Der opstilles en fejlkorrektionsmodel, hvor ændringer i det relative benzin/bil-forbrug forklares ved hjælp af ændringer i priserne og afvigelser fra den langsigtede sammenhæng. Målet er at kunne fastsætte benzin- og bilforbruget på baggrund af de estimerede elasticiteter. Uheldigvis ser det ud til at indkomstelasticiteten for antal kørte kilometer er mindre end indkomstelasticiteten for bilforbruget.

GRH21205.WPD

Nøgleord: benzin, biler, benzineffektivitet, fejlkorrektionsmodel

Modelgruppepapirer er interne arbejdsrapporter. De konklusioner, der drages i papirerne, er ikke endelige og kan være ændret inden opstillingen af nye modelversioner. Det henstilles derfor, at der kun citeres fra modelgruppepapirerne efter aftale med Danmarks Statistik.

1. Indledning

I dette papir undersøges eksistensen af en langsigtet sammenhæng mellem det relative benzin/bil-forbrug og de relative priser. Dette blev også forsøgt i GRH27105. Det nye ved dette papir er, at forbrugerne ikke får nytte direkte af benzinforbruget, men af antal kilometer kørt. Hermed indgår benzineffektiviteten som forklarende variabel.

I kapitel 2 opstilles den teoretiske model. I kapitel 3 undersøges de kointegrerende relationer, og der opstilles en fejlkorrigeringsmodel, hvor ændringer i det relative benzin/bil-forbrug forklares ved hjælp af ændringer i priserne og afvigelser fra den langsigtede sammenhæng.

2. Model for relativ efterspørgsel af benzin og biler

Forbrugeren har valgt at bruge et bestemt beløb på at dække sine samlede udgifter til bil og benzin. Dette beløb kaldes c . Forbrugers budgetrestriktion er givet ved:

$$p_b b + p_g g = c \quad (1)$$

hvor p_b er bilprisen og p_g er benzinprisen.

Det antages, at forbrugeren er glad for en større og mere komfortabel bil, og dette såvel som hvor langt han/hun kan køre i den giver vedkommende nytte. Forbrugers nyttefunktion er således givet ved $u(b, d)$, hvor d er antal kilometer kørt,

$\frac{\partial u(b, d)}{\partial b} = u_b > 0$, $\frac{\partial u(b, d)}{\partial d} = u_d > 0$. Budgetrestriktionen kan skrives som

$$p_b b + p_g \frac{d}{e} = c, \text{ hvor } e \text{ er benzineffektiviteten dvs. hvor mange kilometer bilen}$$

kører på literen. Forbrugers problem er givet ved:

$$\max_{b, d} u(b, d) \quad (2)$$

s.t.

$$p_b b + p_g \frac{d}{e} = c \quad (3)$$

Opstilles Lagrangefunktionen:

$$L(b, d, \lambda | e) = u(b, d) - \lambda (p_g \frac{d}{e} + p_b b - c) \quad (4)$$

Dette giver første-ordens-betingelserne:

$$\frac{\partial L(b, d, \lambda | e)}{\partial b} = u_b - \lambda p_b = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial L(b, d, \lambda | e)}{\partial d} = u_d - \lambda \frac{p_g}{e} = 0 \quad (6)$$

$$\frac{\partial L(b, d, \lambda | e)}{\partial \lambda} = c - p_g \frac{d}{e} - p_b b = 0 \quad (7)$$

Ligning (5) og (6) giver implicit det ønskede bil- og benzinformbrug som funktion af de relative priser og den samlede biludgift givet benzineffektiviteten:

$$\frac{u_g(b, d)}{u_b(b, d)} = \left(\frac{e \cdot p_b}{p_g} \right) \Rightarrow \log \left(\frac{u_g(b, d)}{u_b(b, d)} \right) = \log \left(\frac{e \cdot p_b}{p_g} \right) \quad (8)$$

Tages en Taylor-approksimation i logaritmer fås:

$$\phi_0 + \phi_1 \log b + \phi_2 \log d = \log \left(\frac{e \cdot p_b}{p_g} \right) \quad (9)$$

Ulempen ved ovenstående approksimation er, at, hvis der er vækst i budgettet den, kan den umuligt holde på langt sigt. Eftersom en af elasticiteterne skal være større end en og hermed går en større og større andel til denne vare og dens indkomstelasticitet må hermed nødvendigvis gå mod en på langt sigt. Undtagelsen er ens indkomstelasticiteter lig en eftersom hele budgettet skal bruges. I dette tilfælde er modellen konsistent, og den reduceres til CES-tilfældet beskrevet i GRH27105, og der fås:

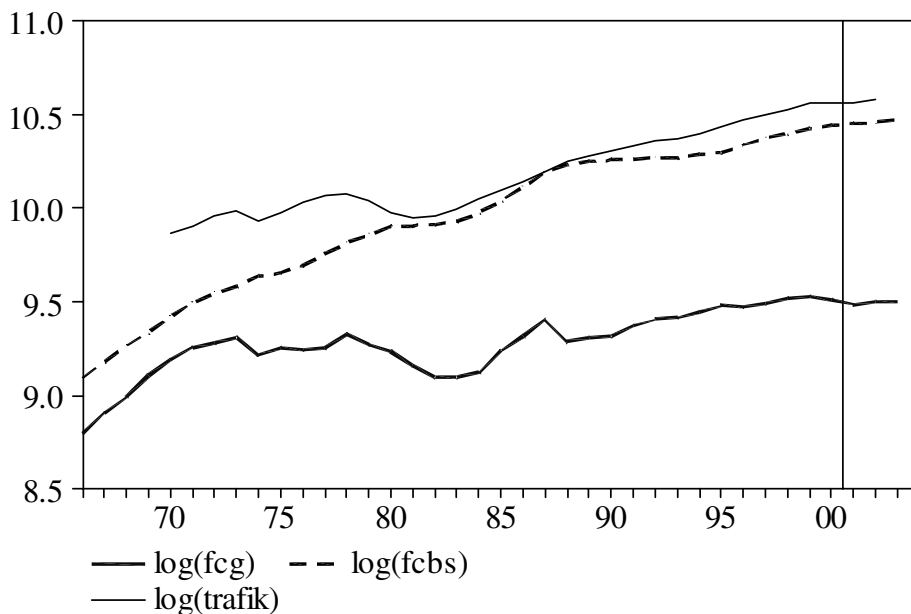
$$\log \left(\frac{d}{b} \right) = \beta_0 + \beta_1 \log \left(\frac{p_g}{e \cdot p_b} \right) = \beta_0 + \beta_1 \log \left(\frac{g \cdot p_g}{d \cdot p_b} \right) \quad (10)$$

hvor $\beta_0 = -\phi_0 / \phi_2$ og $\beta_1 = 1 / \phi_2$.

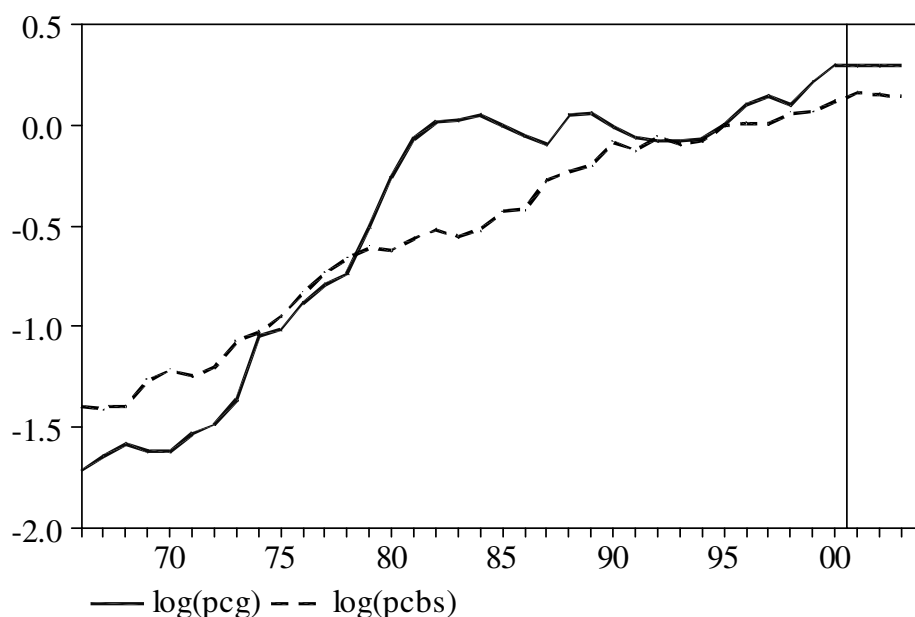
3. Estimation af substitutionselasticiteten mellem biler og antal kørte kilometer

Figur 1 viser logaritmen til trafikarbejdet samt forbruget af benzin og biler, mens figur 2 viser priserne på sidstnævnte. Benzineffektiviteten kan sammen med de relative benzin/bil-priser ses i figur 3. Kun for logaritmen til benzinforbruget kan en enhedsrod afvises i en augmented Dickey-Fuller test. Dette kan også ses med det blotte øje, idet de andre serier har klare trends. Altså kan relationen (10) kun estimeres konsistent med OLS (mindste kvadraters metode), hvis serierne er kointegrerede. Der testes for kointegration ved et Engle-Granger test - dvs. der testes for enhedsrod i residualerne fra OLS på (10). Hypotesen om enhedsrod i residualerne kan med en t-værdi på 1,72 ikke afvises på selv 10% signifikansniveau. I regressio- nen bliver substitutionselasticiteten mellem biler og antal kørte kilometer estimeret til -0,30.

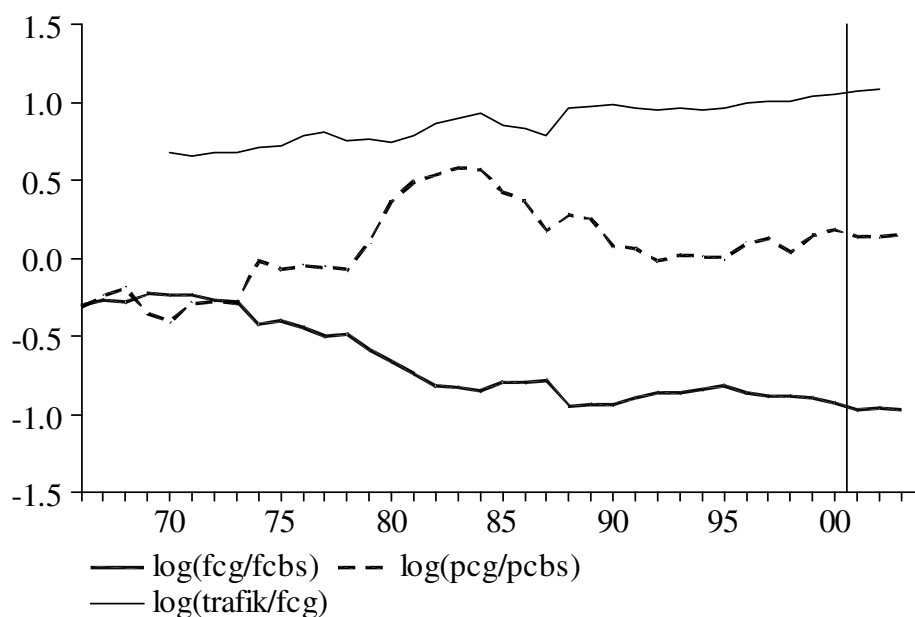
Figur 1. Forbrug af benzin og biler samt antal kørte kilometer



Figur 2. Priser på benzin og biler



Figur 3. Relative benzin- og bilforbrug og priser



Benzineffektiviteten er givet ved $e(d, b, p_g, p_b, t)$. Større kilometrefterspørgsel vil betyde større gevinst ved implementering af energibesparende teknologi for den enkelte forbruger, og hermed større profit for virksomhederne ved at implementere det. Som tidligere argumenteret kan større biler være mindre energieffektive. Højere benzinpriser kan betyde større implementering af energibesparende biler, mens højere bilpriser kan betyde, at benzineffektiviteten har mindre betydning. Endelig kan det tænkes, at bilparken i takt med nye innovationer mere eller mindre automatisk bliver mere benzineffektiv. En simpel økonometrisk model for benzineffektiviteten er givet ved:

$$\log e_t = \delta_0 + \delta_1 t + \delta_2 \log d_t + \delta_3 \log b_t + \delta_4 \log p_{g,t} + \delta_5 \log p_{b,t} + \varepsilon_{e,t} \quad (11)$$

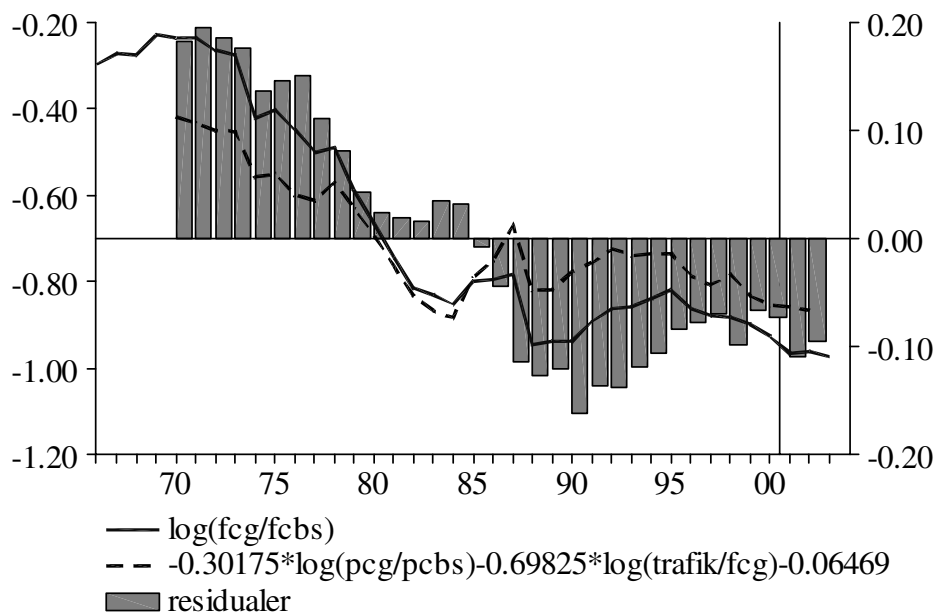
hvor deltaerne er parametre og det sidste led er et fejledd.

Så længe fejleddet fra (11) er ukorreleret med fejleddet fra (10) kan benzineffektiviteten betragtes som eksogen. Dette testes ved at inkludere residualerne fra (11) i en regression af (10). Residualerne fra ligning (11) er insignifikante med en t-værdi på 0,49 og benzineffektiviteten kan altså betragtes som eksogen.

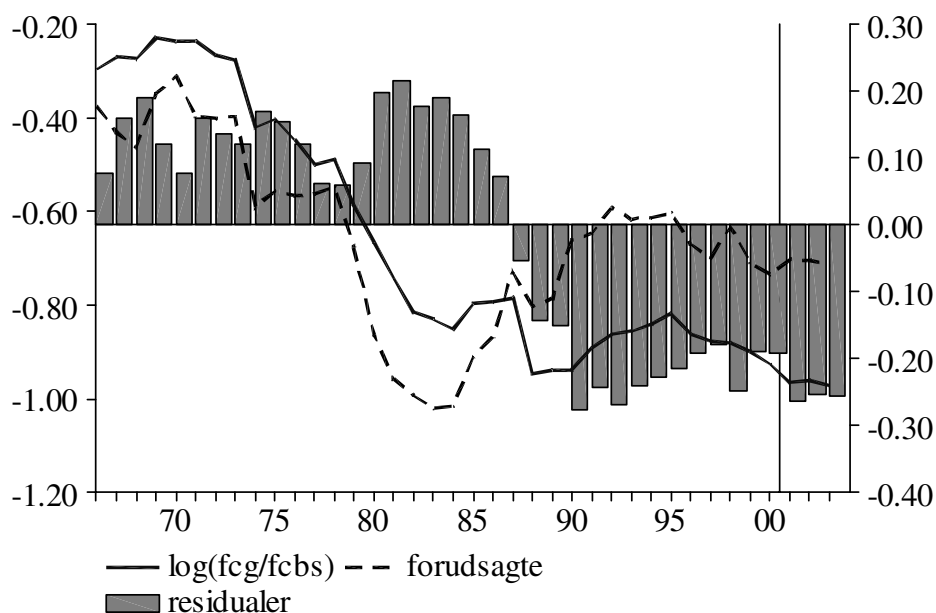
Modellen kan skrives som en model for relativ benzin/bil-forbrug:

$$\log \left(\frac{g_t}{b_t} \right) = \beta_0 + \beta_1 \log \left(\frac{p_{g,t}}{p_{b,t}} \right) - (1 + \beta_1) \log \left(\frac{d_t}{g_t} \right) + \varepsilon_t \quad (12)$$

Figur 4. Relativt forbrug og forudsagt relativt forbrug



Figur 5. Simpel korrelation mellem benzin/bil-forbrug og priser

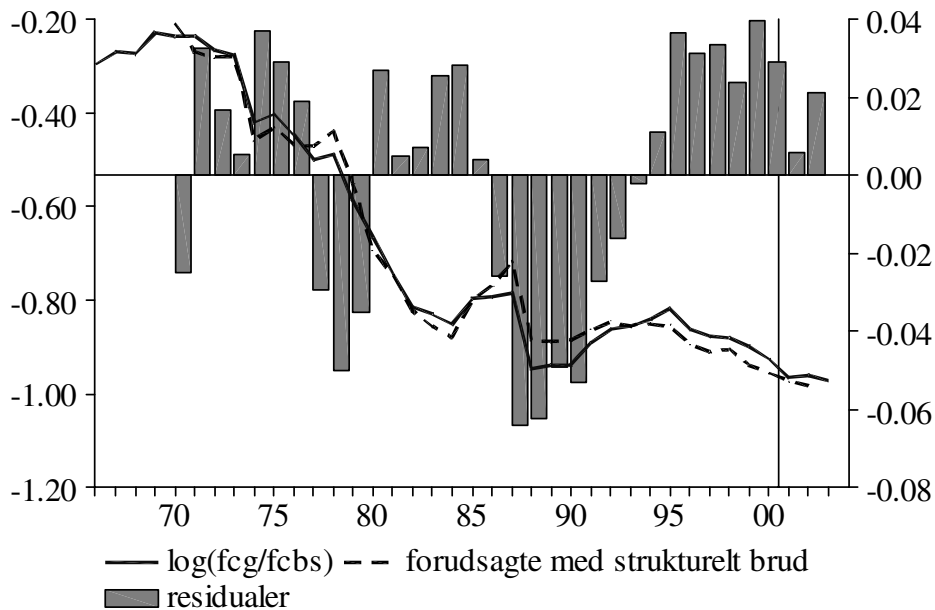


Figur 4 viser den lineære sammenhæng mellem det relative kørsels/benzin-forbrug og deres priser omskrevet til formen givet af ligning (12). Det ses, at der, selv når der tages højde for benzineffektivitet, er et problem med at forklare benzin/bil-forbruget på baggrund af priserne - dog er problemet mindre markant, og residualerne er mærkbart mindre end uden benzineffektivitetsmålet, jf. figur 5.

I papiret GRH27105 bliver strukturen i residualerne forklaret ved, at der reageres forskelligt på prisstigninger og prisfald. Ydermere bliver den forskellige reaktion forklaret ved, at benzineffektiviteten afhænger af priserne, og det er gennem bileffektiviteten, dette reaktionsmønster fremkommer. Figur 4 fortæller dog en anden historie. Det ser ud til, at efterspørgslen på kørte kilometer også er forskellig for både prisstigninger og prisfald. En alternativ forklaring kunne være, at serien brugt for 1970 til 1979 er upålidelig. De senere år i serien svarer i 1980-84 til serien fra Vejdirektoratet, så der skulle ikke umiddelbart være niveauproblemer, men Ole Kveiborg fra DTF mener, at den kendsgerning, at tallene fra før 1980 ikke blev brugt i deres prognosemodel skulle indikere kvaliteten. Med andre ord burde man måske se bort fra 1970-79 data.

I en estimation af (12) hvor der inkluderes både en niveau og en hældningsdummy for perioden 1970-79 fås mærkbart mindre residualer, jf. figur 6. Enhedsrod i residualerne kan med en t-værdi på -2,42 ikke afvises med en Dickey-Fuller test, dog er antallet af observationer lille og residualerne ser stationære ud, jf. figur 6. Substitutionselasticiteten for perioden 1970-79 er -0,61 sammenlignet med -0,10 for perioden fra 1980. En estimation af denne type har den fordel, at fremskrivningerne ikke er afhængige af de mere usikre data fra før 1980. Selv hvis data er korrekte, vil fremskrivninger holde, hvis der er sket et strukturelt brud omkring 1980. Det farlige ved at bruge denne metode er, at hvis den virkelige årsag er asymmetriske priseffekter, så vil modellen undervurdere effekten af en prisstigning.

Figur 6. Relativt forbrug og forudsagt relativt forbrug med strukturelt brud

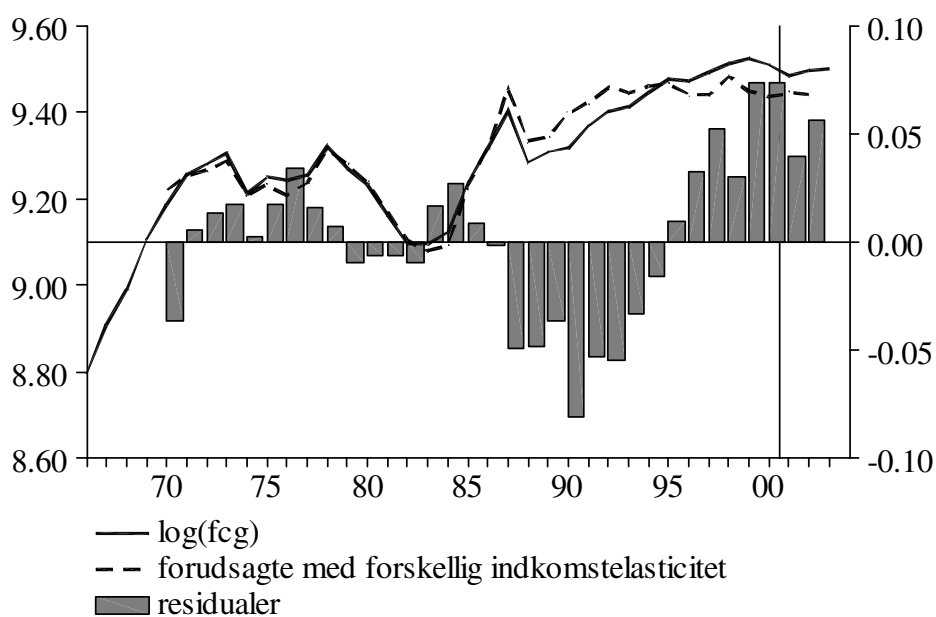


I ovenstående modeller er indkomstelasticiteterne bundet til at være ens. Frigives indkomstelasticiteterne fås følgende model:

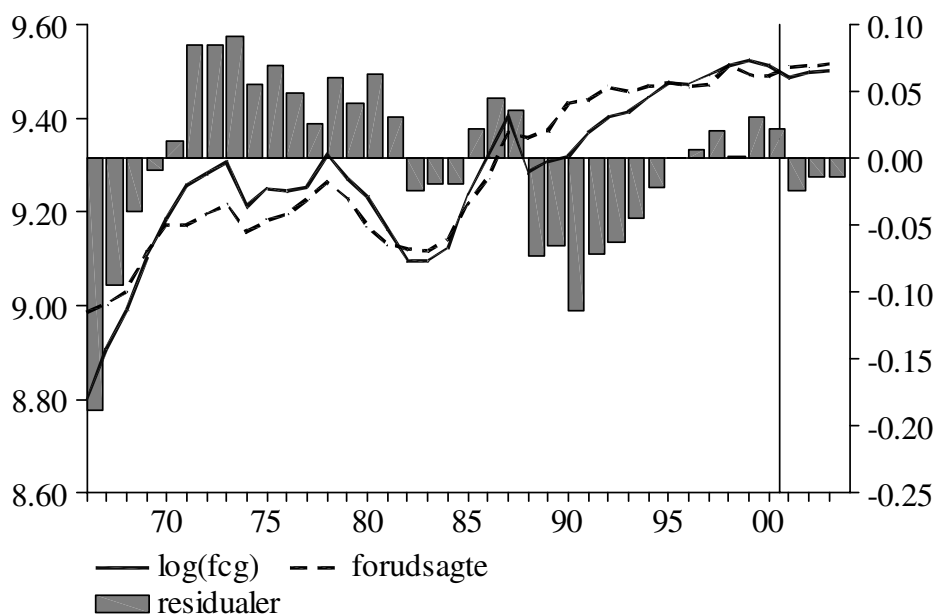
$$\log(g_t) = \beta_0 + \beta_1 \log\left(\frac{p_{g,t}}{p_{b,t}}\right) + \beta_2 \log(b_t) - (1 + \beta_1) \log\left(\frac{d_t}{g_t}\right) + \varepsilon_t \quad (13)$$

Denne model er som nævnt tidligere ikke velspecificeret på lang sigt, hvis der er vækst i budgettet. Dog kan den bruges til at teste om indkomstelasticiteterne er ens. Enhedsrod i residualerne kan med t-værdi på -1,71 stadig ikke afvises, men dette kan igen skyldes det lille antal observationer. Det ser ikke ud til, at hverken strukturelle brud eller asymmetriske prisseffekter er nødvendige, når indkomstelasticiteterne sættes fri, jf. figur 7. Substitutionselasticiteten bliver -0,33 altså meget tæt på den i modellen med den bundne indkomstelasticitet. Sammenlignes med modellen uden benzineffektivitet ses et betydeligt bedre fit og noget pænere residualer, jf. figur 8.

Figur 7. Benzinforbrug og forudsagt forbrug med frie indkomstelasticiteter



Figur 8. Benzinforbrug og forudsagt forbrug med frie indkomstelasticiteter og uden benzineffektivitet

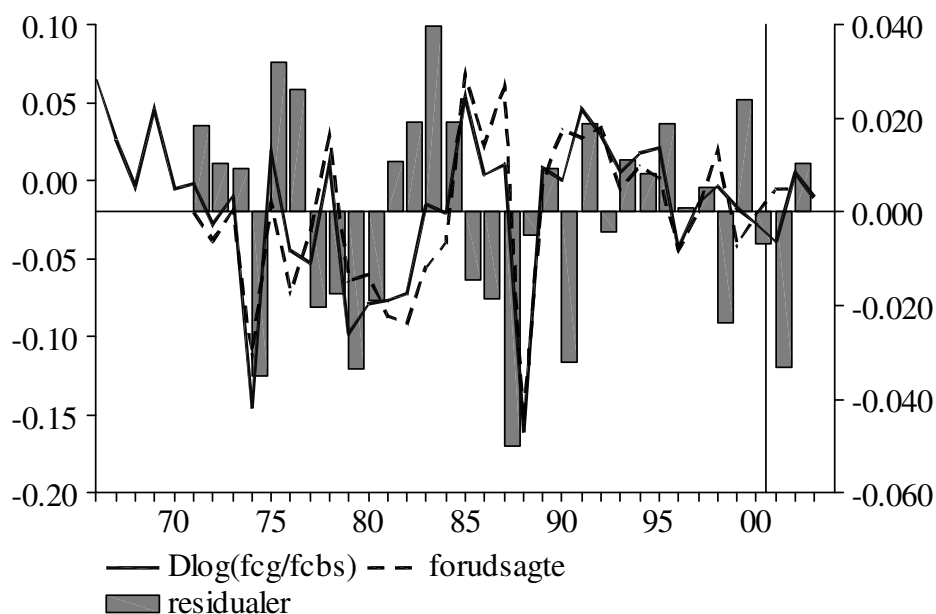


Der estimeres en fejlkorrektionsmodel:

$$D \log \left(\frac{g_t}{b_t} \right) = \alpha_1 D \log \left(\frac{p_{g,t}}{p_{b,t}} \right) - (1 + \alpha_1) D \log \left(\frac{d_t}{g_t} \right) - \gamma \left[\log \left(\frac{g_{t-1}}{b_{t-1}} \right) - \beta_0 - \beta_1 \log \left(\frac{p_{g,t-1}}{p_{b,t-1}} \right) + (1 + \beta_1) \log \left(\frac{d_{t-1}}{g_{t-1}} \right) \right] + \varepsilon_t \quad (14)$$

Det er også forsøgt at inkludere flere lags. De laggede differenser er ikke signifikante, men de to perioder laggede differenser bliver signifikante med en t-værdi på 2,49 - de ændrer dog ikke førsteårseffekten sønderligt og er udeladt her. Figur 9 viser de på baggrund af (14) estimerede relative benzinforgbrug samt residualerne. Modellen estimerer den langsigtede substitutionselasticitet til -0,63 jf. tabel 1. Det bør bemærkes, at fejlkorrigeringsparameteren kun er grænsestignifikant.

Figur 9. Fejlkorrigeringsmodel med bunden indkomstelasticiteter.



Tabel 1. Estimation af fejlkorrigeringsmodel

	Variabel	ADAM-navn	Koefficient	Spredning
	Relativt benzin/bilforbrug	Dlog(fcg/fcbs)		
Kort sigt:	Substitutionselasticitet	Dlog(pcg/pcbs)	-0.2507	0.0477
Lang sigt:	Fejlkorrigeringsparameter		0.0754	0.0399
	Substitutionselasticitet	log(pcg/pcbs)	-0.6264	0.2872
	Konstant		-0.4237	0.1972

Med frigjorte indkomstelasticiteter er fejlkorrigeringsmodellen givet ved:

$$\begin{aligned}
 D \log(g_t) = & \alpha_1 D \log\left(\frac{p_{g,t}}{p_{b,t}}\right) - (1 + \alpha_1) D \log\left(\frac{d_t}{g_t}\right) + \alpha_2 D \log(b_t) - \\
 & \gamma [\log(g_{t-1}) - \beta_0 - \beta_1 \log\left(\frac{p_{g,t-1}}{p_{b,t-1}}\right) + (1 + \beta_1) \log\left(\frac{d_{t-1}}{g_{t-1}}\right) - \beta_2 \log(b_{t-1})] + \varepsilon_t
 \end{aligned} \tag{15}$$

Også her er det forsøgt at inkludere flere lags, men igen er yderligere lags insignifikante. Tabel 2 viser de estimerede parametre. Det bør bemærkes, at bilforbruget ikke

ligger inden for 2 standardafvigelser af 1- altså er de kortsigtede indkomstelasticiteter signifikant forskellige. Endvidere ses, at alle langsigtede parametre er insignifikante - dog kan ens indkomstelasticiteter ikke afvises på langt sigt.

Tabel 2. Estimation af fejlkorrektionsmodel med frie indkomstelasticiteter

	Variabel	ADAM-navn	Koefficient	Spredning
	Benzinforbrug	Dlog(fcg)		
Kort sigt:	Bilforbrug	Dlog(fcbs)	0.3979	0.1989
	Substitutionselasticitet	Dlog(pcg/pcbs)	-0.2567	0.0412
Lang sigt:	Fejlkorrktionsparameter		0.0929	0.1168
	Bilforbrug	log(fcbs)	0.6325	0.8426
	Substitutionselasticitet	log(pcg/pcbs)	-0.5464	0.4451
	Konstant		3.5544	4.4783

Bindes de langsigtede indkomstelasticiteter fås:

$$\begin{aligned}
 D \log(g_t) = & \alpha_1 D \log\left(\frac{p_{g,t}}{p_{b,t}}\right) - (1 + \alpha_1) D \log\left(\frac{d_t}{g_t}\right) + \alpha_2 D \log(b_t) - \\
 & \chi \left[\log\left(\frac{g_{t-1}}{b_{t-1}}\right) - \beta_0 - \beta_1 \log\left(\frac{p_{g,t-1}}{p_{b,t-1}}\right) + (1 + \beta_1) \log\left(\frac{d_{t-1}}{g_{t-1}}\right) \right] + \varepsilon_t
 \end{aligned} \tag{16}$$

De estimerede parametre er givet i tabel 3. Fejlkorrktionsparameteren er højst insignifikant, og substitutionselasticiteten er estimeret, så upræcist at resultatet ikke er brugbart.

Tabel 3. Estimation af fejlkorrektionsmodel med fri kortsigtet indkomstelasticitet

	Variabel	ADAM-navn	Koefficient	Spredning
	Benzinforbrug	Dlog(fcg)		
Kort sigt:	Bilforbrug	Dlog(fcbs)	0.3903	0.1945
	Substitutionselasticitet	Dlog(pcg/pcbs)	-0.2552	0.0409
Lang sigt:	Fejlkorrktionsparameter		0.0052	0.0405
	Substitutionselasticitet	log(pcg/pcbs)	-4.2077	3.8710
	Konstant		0.5885	2.9926

Tabel 4. Estimation af fejlkorrektionsmodel med frie indkomstelasticiteter og observationer fra 1980 og frem

	Variabel	ADAM-navn	Koefficient	Spredning
	Benzinforbrug	Dlog(fcg)		
Kort sigt:	Bilforbrug	Dlog(fcbs)	0.6673	0.1580
	Substitutionselasticitet	Dlog(pcg/pcbs)	-0.0433	0.0554
Lang sigt:	Fejlkorrktionsparameter		0.1502	0.1049
	Bilforbrug	log(fcbs)	0.7017	0.8420
	Substitutionselasticitet	log(pcg/pcbs)	-0.3977	0.2829
	Konstant		2.9068	3.8521

Estimeres (15) udelukkende med observationerne fra 1980 og frem fås estimaterne givet i tabel 4. De kortsigtede, men ikke de langsigtede indkomstelasticiteter er signifikant forskellige. Endvidere er den kortsigtede substitutionselasticitet insignifikant, og hele langsigtsdelen er kun grænsesignifikant. Sættes den kortsigtede substitutionselasticitet til 0 og antages ens langsigtede indkomstelasticiteter fås (16) med en kortsigtet substitutionselasticitet på 0. Estimationsresultaterne er givet i tabel 5. Resultaterne ved ens indkomstelasticiteter er givet i tabel 6.

Tabel 5. Estimation af fejlkorrektionsmodel med fri kortsigtet indkomstelasticitet og observationer fra 1980 og frem

	Variabel	ADAM-navn	Koefficient	Spredning
	Benzinforbrug	Dlog(fcg)		
Kort sigt:	Bilforbrug	Dlog(fcbs)	0.6526	0.1349
	Substitutionselasticitet	Dlog(pcg/pcbs)	0	Bundet
Lang sigt:	Fejlkorrktionsparameter		0.1859	0.0842
	Substitutionselasticitet	log(pcg/pcbs)	-0.1715	0.0790
	Konstant		0.0224	0.0567

Tabel 6. Estimation af fejlkorrektionsmodel med observationer fra 1980 og frem

	Variabel	ADAM-navn	Koefficient	Spredning
	Relativt benzin/bilforbrug	Dlog(fcg/fcbs)		
Kort sigt:	Substitutionselasticitet	Dlog(pcg/pcbs)	0	Bundet
Lang sigt:	Fejlkorrktionsparameter		0.2213	0.0959
	Substitutionselasticitet	log(pcg/pcbs)	-0.2143	0.0698
	Konstant		-0.0597	0.0422

4. Konklusion

Da det relative benzin/bilforbrug blev regresseret på de relative priser i GRH27105 blev residualerne alle positive før 1986 og negative efter. Årsager kunne være strukturelt brud, asymmetriske prisreaktioner eller øget benzineffektivitet. Der blev i GRH27105 argumenteret for, at høje relative priser ville øge benzineffektiviteten, og at der hermed ville komme forskellige reaktioner på prisstigninger og prisfald. Formuleringen af benzineffektiviteten var ikke eksplicit, og der var aldrig nogen serie for benzineffektiviteten inde i billedet. Det er der rodet bod på i dette papir.

I modellen opstillet her er kørsels/bilforbrug regresseret på de relative priser. Igen ses samme uheldige mønster for residualerne. En ting er i denne sammenhæng sikkert, og det er, at det ikke kan forklares af benzineffektiviteten. Modellen er restrikeret ved at binde indkomstelasticiteterne til en. Fjernes denne restriktion kommer residualerne til at se rimelig fornuftige ud. Hermed kan residualernes udseende forklares med, at i takt med en stigende indkomst bruges en relativ større del af forbruget på biler fremfor på kørte kilometer. Altså kan indkomstelasticiteterne ikke uden videre bindes til en. Dette efterlader os i en situation, hvor selve konstruktionen af ovenstående fremgangsmåde bør genovervejes.

