



Arbejdsrapport nr.: 20/2008

Titel: Olieprisen på kort og på lang sigt

Forfatter: Niels Kleis Frederiksen

Olieprisen på kort og på lang sigt

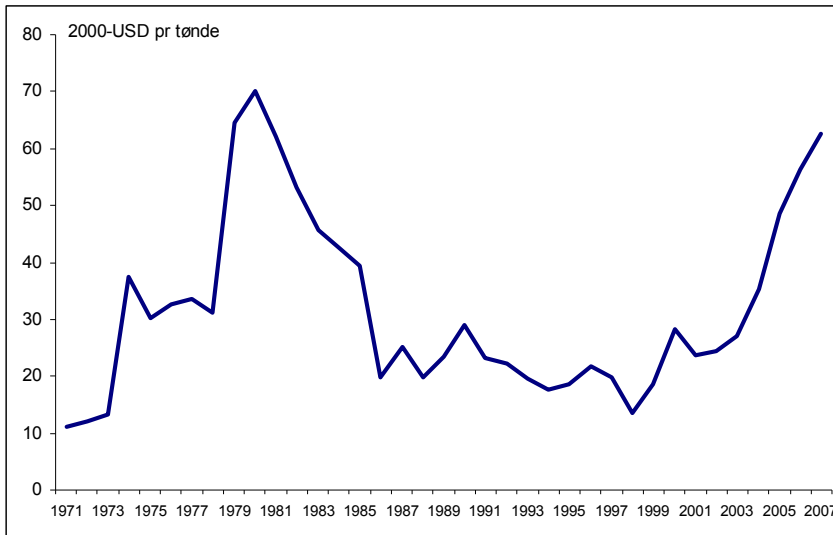
1. Indledning

Priserne på råvarer svinger generelt meget. For landbrugsvarer skyldes dette primært variationer i vækstvilkår og høstudbytte og dermed det kortsigtede udbud. Det rene råvareelement i prisen på f.eks. fødevarer er desuden ret lille, hvorfor der skal store prisforskydninger på færdigforarbejdede varer til for at udløse tilpasning af efterspørgslen.

Olieprisen er ligeledes meget volatil, *jf. figur 1*. I princippet er udbuddet af olie (også på kort sigt) ganske fleksibelt, idet de producerede mængder umiddelbart kan reduceres eller øges, så længe der er ledig kapacitet, hvilket typisk er tilfældet i særligt OPEC-landene, og så længe de marginale produktionsomkostninger er lave i forhold til olieprisen. Desuden er olie let at transportere og opbevare, og det understøtter intertemporal arbitrage. I de senere år er det globale olieforbrug vokset støt med 1-2 pct. årligt, mens OPEC-landenes produktion har udgjort 30-32 mill. tønder om dagen med en svagt stigende trend. Produktionen i andre områder er steget en del mere. Der findes ikke systematiske og hyppige opgørelser af råolieagere på verdensplan, men tal for USA indikerer et ret stabilt lagervolumen svarende til omkring 40-50 mill. tons (dog med en del udsving over året).

Umiddelbart synes disse forhold at afspejle en høj grad af *stabilitet* i både udbud af og efterspørgsel efter råolie, men på trods heraf er der som nævnt betydelige udsving i olieprisen. Siden primo 2007 er råolieprisen desuden godt og vel fordoblet til et aktuelt niveau på cirka 120 USD/tønde.

Figur 1. Real råoliepris 1971-2007.



Kilde: EcoWin. Den reale oliepris er beregnet ved hjælp af BNP-deflatoren for USA

Formålet med analysen nedenfor er primært – ved hjælp af en række partielle ligevægtsberegninger – at illustrere faktorer, der kan medvirke til at forklare store udsving i den globale markedspris på råolie, herunder specielt de senere års stigninger.

2. Model og grundforløb

Udgangspunktet er en partiel ligevægtsmodel med rationelle forventninger. Den grundlæggende idé stammer fra Hotelling (1931) og bygger på, at en ikke-reproducérbar ressource (f.eks. olie) har karakter af et aktiv på linje med obligationer eller aktier. Modellen er velkendt blandt ressource- og miljøøkonomer, men ikke blandt makroøkonomer.¹

Det forhold, at ressourcen er udtømmelig, indebærer, at én enhed, der indvindes i dag, medfører en lige så stor reduktion i de kendte oliereserver og dermed i den fremtidige produktion. Derfor er det rationelt at *øge* indvindingen på kort sigt, så længe den reale markedspris fremover (efter korrektion for

¹ En undtagelse er dog Barsky og Kilian (2000), hvor Hotelling-modellen bruges til at forklare samspillet mellem pengepolitik og råvarepriser i 70'erne og 80'erne.

produktionsomkostninger) stiger *mindre* end svarende til realrenten. Det skyldes, at tabet af fremtidig indkomst, opgjort i nutidsværdi, da vil være mindre end den kortsigtede merindtægt.

Omvendt skal indvindingen *mindskes*, hvis den forventede reale prisstigningstakt er *større* end realrenten, fordi producenten i dette tilfælde med fordel kan ”investere” i større fremtidig produktion ved at give afkald på en merindtægt svarende til ressourcerenten (dvs. forskellen mellem markedspris og marginale produktionsomkostninger) på kort sigt. Producenternes indvindingsbeslutning kan derfor opfattes som en slags porteføljevalg, hvor f.eks. en forventet olieprisstigningstakt, der overstiger renten, tilskynder til at øge oliereservernes andel i den samlede portefølje på bekostning af andre reale eller finansielle aktiver med lavere afkast.

Når oliemarkedet er i ligevægt, vil den marginale ressourcerente derfor vokse over tid med den reale markedsrente. For enkelhedens skyld forudsættes marginalomkostningen ved indvinding at være nul, hvorfor den forventede oliepris p stiger med realrenten r , eller

$$(1) \quad p_t = e^{rt} p_0$$

Efterspørgslen efter olie D afhænger alene af periodens oliepris, dvs.

$$(2) \quad D_t = D(p_t) = \alpha e^{\gamma t} (p_t)^{-\varepsilon}$$

hvor α er en konstant, ε er den numeriske priselasticitet, mens γ angiver den strukturelle vækst i olieefterspørgslen svarende til den løbende stigning heri ved konstant real oliepris. Da de marginale produktionsomkostninger er nul, vil den kumulerede produktion svare til de samlede reserver R , idet T angiver det tidspunkt, hvor reserverne slipper op, dvs.

$$(3) \quad \int_{t=0}^{t=T} D_t dt = R$$

Det forudsættes, at de kommercielt udnyttelige reserver R afhænger af den gennemsnitlige pris fra tidspunkt 0 til T , og at elasticiteten af det kumulerede udbud er μ . Reserverne kan dermed skrives

$$(4) \quad R = \eta \left(\frac{e^{Tr} - 1}{Tr} \right)^\mu p_0^\mu$$

Denne formulering af det samlede, langsigtede udbud af olie kan fortolkes som udtryk for, at nye reserver kan tilvejebringes gennem efterforskning, som indebærer stigende marginale omkostninger. Værdien af nye reserver afhænger selvsagt af markedsprisen på olien, som af enkelhedsgrunde indgår i udbudsfunktionen med gennemsnittet over reservernes levetid. Ved at kombinere ligningerne (1)-(4) kan prisen til tidspunkt 0, dvs. p_0 , herefter beregnes som

$$(5) \quad p_0 = \left[\frac{\eta}{\alpha} \frac{\gamma - \varepsilon r}{e^{(\gamma - \varepsilon r)T} - 1} \left(\frac{e^{Tr} - 1}{Tr} \right)^\mu \right]^{-\frac{1}{\varepsilon + \mu}}$$

Det forudsættes, at olie på lang sigt erstattes af en perfekt substitut i form af en ikke nærmere specificeret (varig eller ikke-varig) ”backstop-teknologi”. Prisen pr. olieækvivalent enhed benævnes \tilde{p} , og den perfekte substitution indebærer, at olie benyttes, så længe $p_t < \tilde{p}_t$, mens hele markedet skifter over til backstoppen, når $p_t > \tilde{p}_t$. I ligevægt må det derfor gælde, at oliereserverne netop udtømmes på det tidspunkt T , hvor $p_T = \tilde{p}_T$. Derfor kan modellens ligevægt udtrykkes ved

$$(6) \quad p_T = e^{rT} \left[\frac{\eta}{\alpha} \frac{\gamma - \varepsilon r}{e^{(\gamma - \varepsilon r)T} - 1} \left(\frac{e^{Tr} - 1}{Tr} \right)^\mu \right]^{-\frac{1}{\varepsilon + \mu}} = \tilde{p}_T = \delta e^{-\beta T}$$

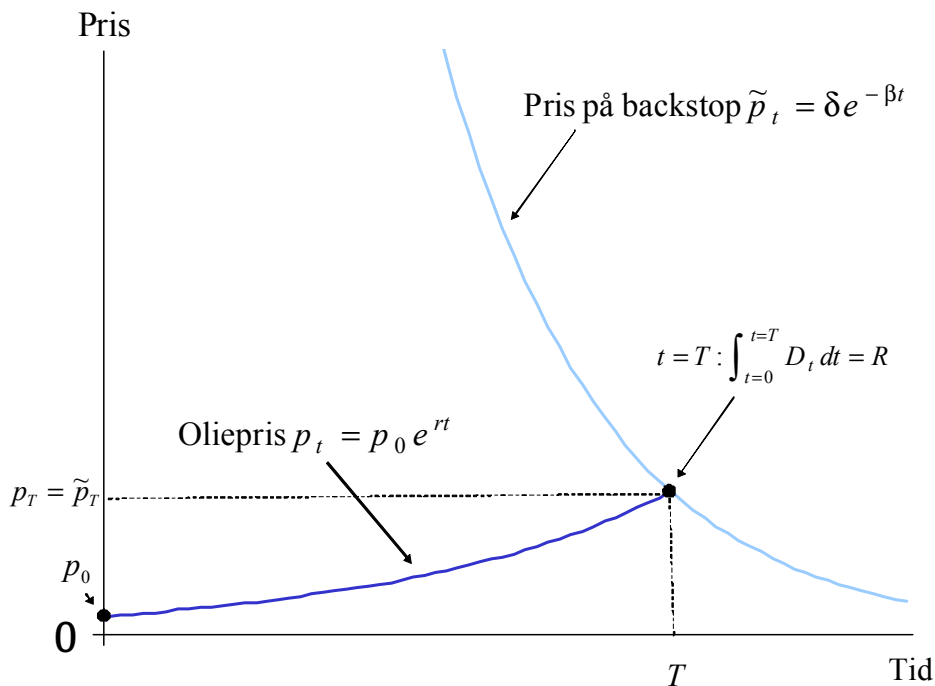
hvor δ er en positiv konstant, og β angiver den løbende reduktion (teknologiske fremskridt) i prisen på den alternative energikilde. Ligning (6) fastlægger udtømmingstidspunktet T som implicit funktion af modellens strukturelle parametre. Ved hjælp heraf kan T derfor bestemmes numerisk, hvorefter p_0 kan beregnes ved at sætte ind i ligning (5). Modellens løsning er illustreret i *figur 2*.

Modellen indebærer, at markedsprisen via arbitragebetingelsen i ligning (1) ”forankres” dels af forventningerne til de samlede reserver og den fremtidige efterspørgsel efter olie, dels af forventningerne til den teknologi, der på lang sigt erstatter olie som energikilde, og derigennem tidspunktet for udtømming af oliereserverne.

Ved beregningerne forudsættes det, at den numeriske efterspørgselselasticitet udgør 0,4. Det skal ses i lyset af, at det rene råolieelement udgør en mindre del af den samlede pris på olieprodukter.

Benzinprisen i Danmark er cirka 10,50 kr. eller 8,40 kr. eksklusive moms. Heraf er benzinafgiften 4 kr., hvorfor nettoprisen kan skønnes til 4,40 kr. I gennemsnit kostede en tønde råolie på 159 liter 72,40 USD eller 394 kr. i 2007. Det svarer til $394/159 = 2,48$ kr. pr. liter, hvorfor råoliedelen af benzinprisen ekskl. moms kan beregnes til $2,48/8,40 = \text{knap } 30 \text{ pct.}$ og $2,48/4,40 = \text{godt } 55 \text{ pct.}$ af nettoprisen.

Figur 2. Modellens bestemmelse af ligevægtsolieprisen.



Den valgte elasticitet på 0,4 svarer således til en følsomhed overfor prisen inkl. raffinering, distribution og afgifter på 0,8-1,2, hvilket vurderes at være realistisk set over en længere periode. På kort sigt må det forventes, at effekterne er langt mindre, hvorfor beregningerne ved hjælp af modellen i ligning (1)-(6) suppleres med regneeksempler, hvor efterspørgselselasticiteten forudsættes at vokse over tid.

Udbudsfølsomheden er sat til 0,21 eller svarende til, at en stigning på 1 pct. i den gennemsnitlige, fremtidige råoliepris øger de kommercielt udnyttelige reserver med 0,21 pct. Kalibreringen heraf kan (så vidt vides) ikke støttes på konkret empiri. I stedet er der taget udgangspunkt i stigningen i oliereserverne fra 1980 til 1990 sat i forhold til forøgelsen af den reale oliepris fra begyndelsen af 70erne til 1980. Dette forløb, som er vist i figur 3 og 4 nedenfor, er nogenlunde konsistent med den nævnte elasticitet.

Det forudsættes, at teknologiske forbedringer indebærer en halvering af prisen på backstop-teknologien hvert tiår. Det svarer til et løbende prisfald på knap 7 pct. årligt. Modellens konstanter vælges herefter, således at oliereserverne i grundforløbet netop er udtømt efter 50 år samtidig med, at alle følsomhedsberegningerne bygger på samme udgangsforløb, hvorfor resultaterne af følsomhedsanalysen alene afspejler ændrede marginalegenskaber.

3. Resultater

I *tabel 1* er vist virkningerne på oliepris, samlede kommercielle reserver (og dermed den kumulerede produktion) samt reservernes "levetid" frem til udtømming ved en række forskellige ændringer på efterspørgsels- og udbudssiden.

Tabel 1. Virkninger på oliepris, produktion og udtømningsperiode.

	Grundforløb	<i>Efterspørgselsfaktorer:</i> Struktur og konjunktur		<i>Udbudsfaktorer:</i> Realrente og reserver		"Aktuelle faktorer"		Afgift fordobler oliepris
		Efterspørgselsvækst øges fra 1½ til 2½ p.a.	Efterspørgsel øges 5 pct. i 5 år	Realrente falder fra 4 til 2 pct.	Eksisterende reserver falder 10 pct.	Øget efterspørgsel og lavere rente og mindre reserver	Øget efterspørgsel og mindre reserver	
Pris tidspkt. 0	100,0	138,5	100,7	195,9	115,3	306,8	159,1	60,8
Pris tidspkt. T	738,9	908,7	742,2	572,9	808,5	811,8	992,3	418,5
Gns.pris 0-T	319,5	409,5	321,1	351,4	355,9	519,0	455,2	185,5
Reserver i alt	100,0	105,4	99,6	102,0	92,1	99,1	96,4	89,2
T (år)	50,0	47,0	49,9	53,7	48,7	48,6	45,8	48,2

Anm.: Priser og reserver angiver indeks i forhold til tidspunkt 0 i udgangsforløbet. Højere midlertidig efterspørgsel (dvs. tredje kolonne) er simuleret ved en modsvarende reduktion af reserverne i udgangsforløbet.

En permanent stigning i den forventede vækst i efterspørgslen fra 1½ til 2½ pct. medfører en umiddelbar stigning i olieprisen på knap 40 pct., også selvom den øgede efterspørgsel først slår gradvist igennem. Årsagen hertil er, at olieprisen drives af den langsigtede (dvs. frem til forventet udtømming) balance mellem efterspørgsel og reserver, hvorfor prisen øges straks. Højere oliepris skærper dog også incitamentet til at udvikle kommercielle reserver, som med den forudsatte elasticitet på 0,21 øges cirka 5½ pct. Samtidig udtømmes reserverne 3 år tidligere – dvs. efter 47 år – end i grundforløbet, fordi den højere oliepris gør backstop-teknologien mere konkurrencedygtig.

Den kraftige umiddelbare prisstigning kombineret med den gradvise forøgelse af den strukturelle efterspørgsel medfører lavere produktion på kort sigt, som modsvares af øget olieforbrug sidst i forløbet. Olieprisens tidsprofil ændres imidlertid ikke, idet denne er bundet af den intertemporale

arbitragebetingelse i ligning (1). Der er således ikke nødvendigvis en entydig sammenhæng mellem ændringerne i oliepris og –produktion i modellen i hver enkelt periode.

En midlertidig forøgelse af olieefterspørgslen – f.eks. i forbindelse med et kraftigt globalt opsving – medfører kun en beskedent forøgelse af olieprisen. Ved en 5-årig stigning i efterspørgslen på 5 pct. i forhold til grundforløbet stiger ligevægtsprisen således kun 0,7 pct. Modstykket hertil er, at produktionen forøges stort set svarende til den øgede efterspørgsel, eller lige knap 5 pct.

Udsving i olieefterspørgslen over konjunkturforløbet vil således helt overvejende blive akkomoderet af produktionen. Hvis produktionskapaciteten er nogenlunde tilstrækkelig på kort sigt, er der derfor ikke nødvendigvis grund til at forvente, at rent konjunkturbetingende udsving i efterspørgslen vil have mærkbar betydning for olieprisen.

Det skyldes, for det *første*, at den samlede efterspørgsels- og udbudsbalance er stort set upåvirket dels fordi den ekstra efterspørgsel er kortvarig sammenlignet med udtømningsperioden, dels fordi marginalomkostningerne er konstante (nul), hvorfor der ingen kortsigtsbegrænsninger er på udbudssiden. For det *andet* er producenterne indifferente mellem indvinding nu og indvinding senere, så længe prisen stiger med realrenten.

Resultaterne illustrerer, at der er stor forskel på virkningerne af permanente og midlertidige forskydninger i efterspørgslen. I modellen er det kortsigtede udbud fuldt fleksibelt, men alligevel øges ligevægtsprisen kraftigt, hvis der er tale om en varig ændring i efterspørgslen. Det er også værd at bemærke, at denne prisstigning kan synes at have karakter af ”spekulation” i den forstand, at prisen stiger netop så meget, at det fremtidige mer-afkast, set i forhold til markedsrenten, ved at eje oliereserver elimineres.

Selvom der ikke er teknologiske begrænsninger i form af kapacitetsbarrierer på kort sigt, vil udbuddet reelt falde, hvis efterspørgslen fremover forventes at vokse kraftigere. Koblingen mellem prisudviklingen og realrenten sikrer imidlertid, at udtømningen sker efficient, idet den højere fremtidige efterspørgsel indebærer større marginal betalingsvilje (dvs. marginalproduktivitet af olie) ved uændret forbrug, hvorfor et samfundsøkonomisk efficient indvindingsforløb netop tilsiger lavere forbrug nu og højere forbrug senere.

Et fald i renten fra grundforløbets 4 pct. til 2 pct. medfører umiddelbart næsten en fordobling af olieprisen. På langt sigt *falder* ligevægtsprisen imidlertid, idet arbitragebetingelsen (1) indebærer en langsommere løbende prisstigning.²

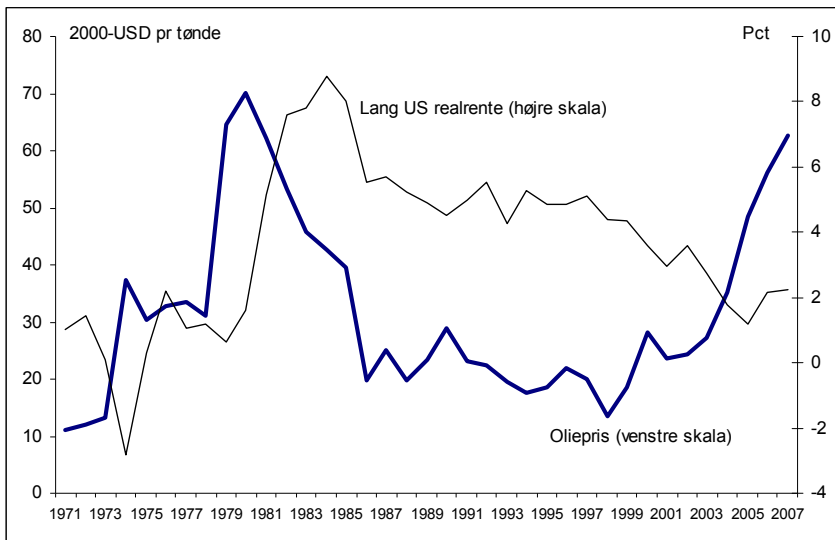
Dermed flyttes olieproduktion fra det korte sigt, hvor prisen er højere, til sidste del af reservernes levetid, hvor prisen er lavere. Eller sagt med andre ord, lavere rente tilskynder til større ”investeringer”, ikke blot i reproducerbare aktiver som bygninger, maskiner og boliger, men også i udskudt indvinding af udtømmelige naturressourcer. Det forudsætter lavere efterspørgsel på kort sigt, hvorfor prisen forøges, når rentefaldet indtræffer, og modelresultaterne tyder på, at disse rentedrevne prisudsving kan være betydelige.

Samvariationen i real oliepris og lang realrente synes *jf. figur 3* i nogen grad at bekræfte modellens egenskaber i forbindelse med renteændringer. De kraftige olieprisstigninger i 73-74, omkring 1980 og – særligt – siden 2001 er således konsistente med renteutviklingen (lavere rente), og det samme er prisfaldet i midten af 80erne, hvor realrenten steg kraftigt, og olieprisen faldt med 2/3.

Modellen peger i retning af, at pengepolitikken kan have har stor og direkte betydning for prisdannelsen på olie (og andre udtømmelige råstoffer). Sammenhængen går blot **ikke** via den kortsigtede økonomiske aktivitet, hvis konsekvenser for oliemarkedet i høj grad slår ud i de producerede mængder, men via udbuddet, som falder, når renten falder og omvendt øges, når renten stiger.

² Hvis prisen på kort sigt er uændret, og prisudviklingen over tid følger ligning (1), da er olieprisen i samtlige perioder lavere end i udgangsforløbet. Derved øges efterspørgslen, mens de kommercielle reserver reduceres i forhold til ligevægten i udgangsforløbet. Et sådan forløb kan derfor ikke være en ligevægt. Hvis omvendt prisen til tidspunkt T svarer til prisen i udgangsforløbet, er prisen forud for dette tidspunkt altid højere end i udgangsforløbet. Derved genereres et kumuleret overudbud af olie, hvilket heller ikke er foreneligt med ligevægt. På sigt må ligevægtsolieprisen derfor entydigt falde i forhold til grundforløbet, og modstykket hertil er, at reservernes levetid øges, når renten reduceres.

Figur 3. Real oliepris og lang realrente i USA 1971-2007.



Kilde: EcoWin. Den lange realrente er beregnet som renten på 30-årige amerikanske statsobligationer fratrukket væksten i BNP-deflatoren for USA.

Ved et fald i reserverne (f.eks. på grund af ny geologisk viden, der trækker i retning af en nedjustering af den potentielle produktion på eksisterende felter) på 10 pct. stiger prisen med cirka 15 pct. umiddelbart, også selvom grundforløbets produktion i princippet kunne opretholdes uændret i en lang årrække, idet forudsætningen om konstant marginalomkostning indebærer, at modellens udbud er fuldt fleksibelt ikke blot som nævnt på kort sigt, men i princippet helt frem til udtømming.

Uændret løbende produktionsvolumen ville imidlertid indebære udtømming efter 45 i stedet for 50 år, hvor prisen på den alternative teknologi i grundforløbet er godt 70 pct. over olieprisen. I modellens ligevægt stiger prisen derfor allerede til tidspunkt 0 med netop så meget, at olieprisen svarer til prisen på backstoppen, når den sidste olie indvindes.

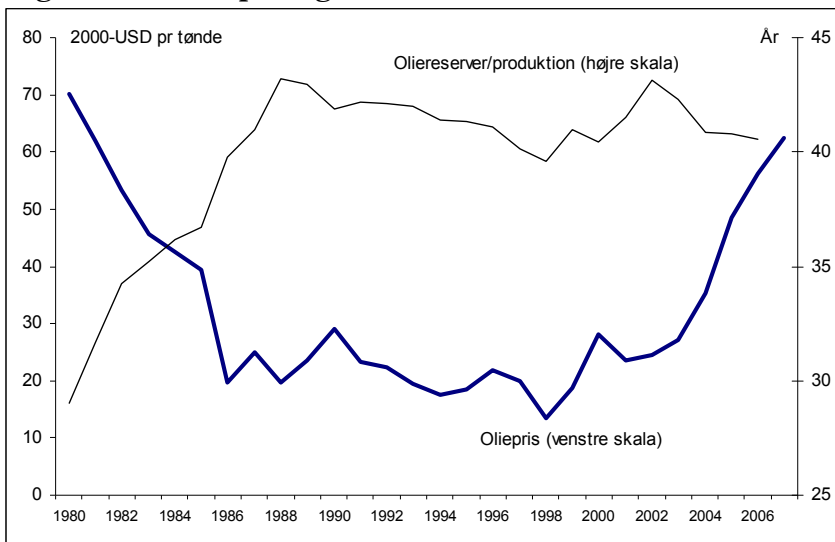
Virkningerne på såvel udtømningsperiodens længde som prisen modereres dog af, at den øgede oliepris dels dæmper forbruget allerede fra starten, selvom de lavere reserver ved en umiddelbar betragtning som nævnt først ”binder” mange år ude i fremtiden, dels fordi faldet i reserverne delvis imødegås af nye fund. Sidstnævnte effekt medfører med den forudsatte elasticitet på 0,21, at cirka 1/5 af den umiddelbare reduktion af reserverne modsvares af produktion fra nye felter m.v.

Som vist i *figur 4* har de samlede, kendte oliereserver (opgjort i antal år ved konstant produktion) været nogenlunde uændrede siden slutningen af 80'erne, dog med en tendens til et svagt fald, som synes at

være tiltaget efter cirka 2000. Omvendt steg de kendte reserver fra knap 30 til cirka 43 år i 80erne, hvilket blandt andet kan tilskrives stor efterforskningsaktivitet.

Da olieprisen i sig selv må forventes at påvirke de kommercielle reserver (gennem såvel efterforskning efter nye som bedre udnyttelse af kendte felter), skal den historiske samvariation mellem oliepris og reserver fortolkes med varsomhed. Men umiddelbart synes figuren at indikere, at faldet i olieprisen i midt-80erne kan være påvirket af øgede reserver, ligesom en faktor bag de senere års prisstigning kan være mere pessimistiske vurderinger af de samlede oliereserver og dermed den kumulerede produktion på lang sigt.

Figur 4. Real oliepris og kendte reserver 1980-2007.



Kilde: EcoWin og BP Statistical Review of World Energy June 2007.

Siden 2003 har den globale vækst udgjort 3½-4 pct. årligt, hvilket er en del over gennemsnittet siden 1980 på knap 3 pct. Denne udvikling har været sammenfaldende med stærkt voksende international handel og transport, ikke mindst drevet af outsourcing. Og de mere langsigtede vækstudsigter for EME-landene, hvor potentialet for øget energiefterspørgsel er meget stort, er formentlig i dag betydeligt gunstigere end tidligere. Parallelt hermed er realrenten reduceret som følge af en lempelig global pengepolitik, mens de resterende oliereserver – af bl.a. flere store internationale oliereselskaber – i de senere år er revurderet i nedadgående retning.

Det kan tale for, at olieprisdannelsen i de seneste 4-5 år har været drevet af en kombination af de fire efterspørgsels- og udbudsfaktorer, som er vist i *tabel 1*. Beregningen af virkningerne af disse ”aktuelle

faktorer” kan selvsagt ikke foretages med udgangspunkt i en præcis identifikation af de enkelte bidrag, men den samlede virkning kan være meget betydelig. På kort sigt stiger ligevægtsprisen på råolie således med lidt over 200 pct., når virkningerne af samtlige fire chok beregnes samtidig. Den lavere rente dæmper prisstigningen på lang sigt, mens den gennemsnitlige pris over hele reservernes levetid øges med cirka 2/3. Derved skærpes incitamentet til at udvikle nye reserver, hvorfor den kumulerede produktion kun falder ganske svagt, eller svarende til, at den umiddelbare nedjustering af den skønnede produktion på eksisterende felter stort set imødegås gennem ny efterforskning m.v.

Lavere rente spiller en betydelig rolle for de samlede virkninger. Udelades rentefaldet bliver den umiddelbare prisstigning således ”kun” 60 pct. Hovedårsagen til, at renten har så stor betydning, er, at lavere rente isoleret set sænker olieprisen på lang sigt, hvor efterspørgslen i et scenarie med permanent højere vækst i forvejen er steget markant.

Indførelse af en (global) afgift på olie medfører såvel et varigt prisfald som en hurtigere overgang til backstopteknologien. Hvis afgiften indrettes, så olieprisen fordobles³, reduceres markedsprisen ekskl. afgift med godt 39 pct., mens de kommercielle reserver udtømmes efter cirka 48 år mod 50 år i grundforløbet.

Faldet i markedsprisen betyder, at en stor del af afgiften reelt bæres af producenterne; med grundforløbets forudsætninger stiger prisen inklusive afgift med knap 22 pct. eller svarende til, at næsten 4/5 af afgiften bæres af producenterne i form af lavere ressourcerente.

Modstykket til nedvæltningen i prisen er, at olieforbruget dæmpes relativt lidt. En fordobling af olieprisen i forhold til grundforløbet vil således sænke efterspørgslen med $1-2^{(-0,4)}=1-0,7579=24,2$ pct., mens det faktiske, umiddelbare fald i efterspørgslen udgør $1-1,216^{(-0,4)}=7,5$ pct. eller mindre end en tredjedel af virkningen ved uændret marginal ressourcerente.

Samtidig fremrykkes dog som nævnt overgangen til alternativ teknologi med lidt mindre end 2 år, hvorfor det kumulerede udbud mindskes med i alt knap 11 pct. Den begrænsede virkning på reservernes levetid skyldes, at afgiften for en given oliepris trækker i retning af hurtigere udfasning i olie, mens det lavere løbende olieforbrug isoleret set indebærer, at reserverne udtømmes senere.

³ Det forudsættes, at afgiften er værdibaseret med en sats på 100 pct.

I alle de viste eksperimenter bestemmes olieprisen af de *langsigtede* forventninger til balancen mellem (kumuleret) efterspørgsel og kommercielle reserver samt konkurrerende teknologier. Markedsprisen er derimod afkoblet fra de løbende, marginale produktionsomkostninger, også selvom det forudsættes, at markedet er kompetitivt, og at den enkelte producent derfor ikke kan påvirke prisdannelsen. Det skyldes netop ressourceelementet i prisen, dvs. den knaphedspræmie, der knytter sig til, at olie er udtømmelig.

Fraværet af kortsigtede kapacitetsbegrænsninger i produktionen indebærer selvsagt en forenkling (men ikke nødvendigvis en dårlig approksimation), men analysen illustrerer, at begrænsninger af denne art ikke er nødvendige for at forklare store kortsigtede udsving i verdensmarkedsprisen. Prisdannelsen på olie – og andre udtømmelige naturressourcer – minder derfor også meget om prisdannelsen på finansielle og andre aktiver, hvor forventninger til fremtidige markedsforhold, herunder afkastet af alternative investeringer, influerer potentielt kraftigt på det kortsigtede prisniveau.

Følsomhedsanalyse

Modellens marginalegenskaber bestemmes af tre centrale følsomheder, nemlig priselasticiteterne i olieefterspørgsel og kommercielle reserver samt de teknologiske forbedringer af alternative energikilder, der er afgørende for, hvornår olie udfases som energikilde. Kalibreringen af specielt de to sidstnævnte faktorer kan så vidt vides ikke støttes på solid empirisk information.

I *tabel 2* er vist de kortsigtede virkninger på ligevægtsprisen dels med de centrale parameterforudsætninger, dels idet de samlede reserver forudsættes givne, og idet reservernes forventede levetid er konstant svarende til grundforløbets 50 år.

Tabel 2. Virkning af ”feedback” i form af udbud af reserver (R) samt udtømningsperiodens længde (T) på den kortsigtede ændring i oliepris.

	Grundforløb	<i>Efterspørgselsfaktorer:</i> Struktur og konjunktur		<i>Udbudsfaktorer:</i> Realrente og reserver		”Aktuelle faktorer”		Afgift fordobler oliepris
		Efterspørgsels-vækst øges fra 1½ til 2½ p.a.	Efterspørgsel øges 5 pct. i 5 år	Realrente falder fra 4 til 2 pct.	Eksisterende reserver falder 10 pct.	Øget efterspørgsel <i>og</i> lavere rente <i>og</i> mindre reserver	Øget efterspørgsel <i>og</i> mindre reserver	
Centrale forudsætninger	100,0	138,5	100,7	195,9	115,3	306,8	159,1	60,8
Ekskl. virkning på R	100,0	150,3	100,9	202,1	119,9	352,0	178,6	50,0
Ekskl. virkning på R og T	100,0	190,8	101,3	167,0	130,2	438,2	251,9	50,0

Konstante reserver øger generelt prisvirkningerne en del, men ikke meget markant. Virkningen af ”aktuelle faktorer” bliver således en samlet stigning i olieprisen på 250 mod 200 pct. Effekten af lavere rente svarer dog stort set til de centrale forudsætninger, og det skyldes, at de kommercielle reserver påvirkes af den *gennemsnitlige* fremtidige oliepris. Ved lavere rente øges prisen på kort sigt, mens den forventede pris på lang sigt falder, fordi den vokser med realrenten.

Hvis reserverne ikke reagerer på ændret oliepris, vil en global afgift nedvæltet fuldt ud i ressourcerenten, hvorfor prisen inklusive afgift er helt upåvirket. Afgiften virker dermed som en ren indkomstoverførsel fra (netto)olieproducerende til -forbrugende lande, mens de producerede mængder – og dermed også emissionerne fra olieforbruget – er uændrede.

Det er næppe et realistisk resultat, men regneeksemplet illustrerer det grundlæggende forhold, at lavere emissioner set over reservernes levetid **kun** kan opnås, hvis udbuddet mindskes, og der derfor efterlades uudnyttede reserver på det tidspunkt, hvor alternative energikilder erstatter olien. Det hænger snævert sammen med, at olie er en udtømmelig ressource, fordi denne egenskab styrer prisdannelsen og dermed også den lavere pris, når der f.eks. indføres en global afgift.⁴ Det er således ikke tilstrækkeligt, at der ved en given stigning i olieprisen kan opnås en stor reduktion i efterspørgslen ved f.eks. afgifter eller tilskud til ren teknologi.

⁴ Dette er en central pointe i Sinn (2007), der som et af meget få bidrag i litteraturen om global opvarmning tager hensyn til, at CO₂-udledning giver anledning til et ”double stock”-problem, nemlig samspillet mellem udtømming af kulstofreserver i undergrunden og koncentrationen af CO₂ i atmosfæren. Koblingen mellem de to – dvs. de globale markeder for fossil energi og prisdannelsen herpå – har stor betydning for, hvorledes forskellige instrumenter påvirker klimaet.

Modellen forudsætter, at olie erstattes af andre teknologier på det tidspunkt, hvor disse bliver prismæssigt konkurrencedygtige. Derigennem forankrer prisen på backstop-teknologien den forventede oliepris på det lange sigt og via arbitragebetingelsen i ligning (1) også den helt kortsigtede ligevægtspris.

Hvis det i stedet (arbitrært) forudsættes, at reserverne er konstante, og at deres forventede levetid ligeledes er konstant svarende til grundforløbets 50 år, øges prisvirkningerne af større efterspørgsel, mens effekten af et rentefald mindskes. Særligt vil prisstigningen ved et strukturelt skift i den forventede efterspørgselsvækst knap fordobles. Forklaringen herpå er, at reserverne dermed forventes at skulle dække yderligere 3 års forbrug (svarende til en levetid på 50 i stedet for 47 år jf. tabel 1), hvor efterspørgslen endvidere vil være relativt høj på grund af den større vækstrate.

Ved lavere rente stiger olieprisen som nævnt på kort sigt, mens den reduceres på lang sigt. Det langsigtede fald i prisen medfører, som vist i tabel 1, at olie er konkurrencedygtig i forhold til alternativerne i en lidt længere periode, hvorfor overgangen til backstop-teknologien udskydes med knap 4 år. Den længere, forventede levetid af reserverne øger umiddelbart den kumulerede efterspørgsel, og det forstærker den kortsigtede stigning i prisen ved lavere rente. Hvis reservernes levetid derimod (arbitrært) forventes at være konstant, dæmpes kortsigtsvirkningen af lavere rente.

Virkningerne af modellens endogene bestemmelse af kommercielle reserver og disses levetid trækker således i retning af at *moderere* virkningerne af øget efterspørgsel og lavere reserver på eksisterende felter, mens effekterne af ændret rente bliver noget *kraftigere*. Og selvom de anvendte forudsætninger om backstop-teknologien må anses for at være endog meget usikre, ligesom denne i grundforløbet først er økonomisk relevant på 50 års sigt, spiller de via forventningsdannelsen en central rolle for olieprisen – herunder også på det helt korte sigt.

I *tabel 3* er resultaterne genberegnet under forudsætning af, at efterspørgselselasticiteten er 0,8 i stedet for 0,4 i det centrale grundforløb. Ikke overraskende dæmpes virkningerne på olieprisen af øget efterspørgsel, lavere rente og mindre forventede reserver. Det skyldes, at der ved højere efterspørgselsfølsomhed skal mindre prisstigninger til for at bringe oliemarkedet i balance igen.

Tabel 3. Virkninger på oliepris, produktion og udtømningsperiode ved efterspørgselselasticitet på 0,8 i stedet for 0,4.

	Grundforløb	<i>Efterspørgselsfaktorer:</i> Struktur og konjunktur		<i>Udbudsfaktorer:</i> Realrente og reserver		”Aktuelle faktorer”		Afgift fordobler oliepris
		Efterspørgsels-vækst øges fra 1½ til 2½ p.a.	Efterspørgsel øges 5 pct. i 5 år	Realrente falder fra 4 til 2 pct.	Eksisterende reserver falder 10 pct.	Øget efterspørgsel <i>og</i> lavere rente <i>og</i> mindre reserver	Øget efterspørgsel <i>og</i> mindre reserver	
Pris tidspkt. 0	100,0	122,4	100,5	177,2	110,3	243,1	135,1	57,2
Pris tidspkt. T	738,9	839,9	741,2	529,9	786,2	677,6	894,5	402,5
Gns.pris 0-T	319,5	372,5	320,6	322,0	344,1	423,9	401,7	177,0
Reserver i alt	100,0	103,3	99,6	100,2	91,4	95,0	93,9	88,3
T (år)	50,0	48,2	50,0	54,8	49,1	51,2	47,3	48,8

Anm.: Priser og reserver angiver indeks i forhold til tidspunkt 0 i udgangsførløbet. Højere midlertidig efterspørgsel (dvs. tredje kolonne) er simuleret ved en modsvarende reduktion af reserverne i udgangsførløbet.

En elasticitet på 0,8 er formentlig et klart overkantsskøn, og de relativt beskedne ændringer i resultaterne indikerer, at den forudsatte efterspørgselsfølsomhed ikke er afgørende for modellens egenskaber – kombinationen af ”aktuelle faktorer” medfører således, at olieprisen stiger med knap 150 pct. mod godt 200 pct. under de centrale forudsætninger.

Virkningerne af en global afgift øges lidt, når efterspørgselselasticiteten er højere, idet den kumulerede produktion falder knap 12 pct. mod 11 ved en elasticitet på 0,4. Olieprisen falder lidt kraftigere, nemlig med 43 i stedet for 40 pct. På grund af den stærkere reaktion i det løbende forbrug, dækker reserverne samtidig en længere periode, hvilket trækker i retning af at moderere virkningerne på den kumulerede produktion.

Prisfølsomheden på udbudssiden er som nævnt meget groft kalibreret ud fra den historiske samvariation mellem reserver og oliepris i perioden omkring 1980. *Tabel 4* viser de modelberegnete virkninger af efterspørgsels- og udbudschokkene, idet udbuddets elasticitet med hensyn til den gennemsnitlige oliepris antages at være dobbelt så stor – dvs. 0,42 i stedet for 0,21.

Også i dette tilfælde dæmpes prisvirkningerne en del, men modellen kan fortsat forklare ganske store ændringer i olieprisen. De ”aktuelle faktorer” medfører således en prisstigning på kort sigt svarende til cirka 180 pct., mens modellen med den større udbudsfølsomhed forudsiger, at de samlede reserver faktisk stiger, eller svarende til, at den umiddelbare nedjustering af de forventede reserver mere end opvejes af ny efterforskning m.v. som følge af højere markedspris.

Tabel 4. Virkninger på oliepris, produktion og udtømningsperiode ved udbudselasticitet på 0,42 i stedet for 0,21.

	Grundforløb	<i>Efterspørgselsfaktorer:</i> Struktur og konjunktur		<i>Udbudsfaktorer:</i> Realrente og reserver		”Aktuelle faktorer”		Afgift fordobler oliepris
		Efterspørgsels-vækst øges fra 1½ til 2½ p.a.	Efterspørgsel øges 5 pct. i 5 år	Realrente falder fra 4 til 2 pct.	Eksisterende reserver falder 10 pct.	Øget efterspørgsel <i>og</i> lavere rente <i>og</i> mindre reserver	Øget efterspørgsel <i>og</i> mindre reserver	
Pris tidspkt. 0	100,0	131,2	100,6	192,1	112,4	279,7	147,3	69,9
Pris tidspkt. T	738,9	877,9	741,5	564,4	795,9	755,4	944,9	481,0
Gns.pris 0-T	319,5	392,8	320,8	345,5	349,2	478,8	429,1	213,2
Reserver i alt	100,0	109,1	99,7	103,3	93,4	106,1	101,3	84,4
T (år)	50,0	47,5	49,9	53,9	48,9	49,7	46,5	48,2

Anm.: Priser og reserver angiver indeks i forhold til tidspunkt 0 i udgangsførløbet. Højere midlertidig efterspørgsel (dvs. tredje kolonne) er simuleret ved en modsvarende reduktion af reserverne i udgangsførløbet.

I afgiftsscenariet dæmpes effekten på olieprisen ekskl. afgift, mens de samlede kommercielle reserver falder 15,6 mod 10,8 pct. i det centrale grundforløb. Det illustrerer, at lavere olieforbrug, og dermed bidraget til lavere emissioner af CO₂ på globalt plan, først og fremmest er et spørgsmål om at tilskynde til at mindske udnyttelsesgraden af de geologiske olieforekomster (dvs. afgiftsinstrumentet påvirker emissionerne ved så at sige at konvertere kommercielle reserver til ikke-kommercielle).

Det kan på baggrund heraf konkluderes, at modellens ret lave (men realistiske) prisfølsomheder bidrager til, men ikke er afgørende for, dens evne til at forklare ganske store udsving i olieprisen på kort sigt som resultat af ændrede forventninger til efterspørgsel, kommercielle reserver, alternative teknologier og det generelle markedsafkast.

Modellen forudsætter, at olie anvendes indtil det tidspunkt, hvor backstop-teknologien bliver billigere end olie. Der er ingen gode holdepunkter for kalibreringen af prisen på alternative teknologier og heller ikke grundlag for at skønne over, hvor hurtigt de teknologiske fremskridt sker. I *tabel 5* er derfor vist, hvorledes resultaterne modificeres, idet halveringstiden for prisen på alternativ energi svarer til 25 år i stedet for grundforløbets 10 år.

Tabel 5. Virkninger på oliepris, produktion og udtømningsperiode ved halveringstid af backstoppris på 25 i stedet for 10 år.

	Grundforløb	<i>Efterspørgselsfaktorer:</i> Struktur og konjunktur		<i>Udbudsfaktorer:</i> Realrente og reserver		”Aktuelle faktorer”		Afgift fordobler oliepris
		Efterspørgselsvækst øges fra 1½ til 2½ p.a.	Efterspørgsel øges 5 pct. i 5 år	Realrente falder fra 4 til 2 pct.	Eksisterende reserver falder 10 pct.	Øget efterspørgsel og lavere rente og mindre reserver	Øget efterspørgsel og mindre reserver	
Pris tidspkt. 0	100,0	132,9	100,6	208,4	113,7	298,5	149,7	59,7
Pris tidspkt. T	738,9	830,2	740,8	633,1	778,8	780,2	871,9	397,2
Gns.pris 0-T	319,5	380,6	320,7	382,2	345,6	501,3	409,9	178,1
Reserver i alt	100,0	103,7	99,6	103,8	91,5	98,4	94,3	88,4
T (år)	50,0	45,8	49,9	55,6	48,1	48,0	44,0	47,4

Anm.: Priser og reserver angiver indeks i forhold til tidspunkt 0 i udgangsforløbet. Højere midlertidig efterspørgsel (dvs. tredje kolonne) er simuleret ved en modsvarende reduktion af reserverne i udgangsforløbet.

En reduktion af halveringstiden indebærer, at den faldende kurve i figur 2 gøres fladere. For en given vertikal forskydning af olieprisens tidsprofil – dvs. ved øget efterspørgsel eller mindre reserver – stiger ligevægtsprisen ved overgangen til backstopteknologien dermed mindre. Årsagen hertil er, at omkostningsfordelen ved at anvende olie i stedet for alternativet bliver mindre følsom overfor tidspunktet for teknologiskiftet.

Derfor mindskes prisvirkningerne af højere olieefterspørgsel og mindre -reserver, mens et rentefald – som i sig selv trækker i retning af, at reserverne varer længere – giver større kortsigtet priseffekt. Sidstnævnte skyldes, at et givet fald i backstopprisen først indtræffer efter et lidt længere tidsrum. Simulationen af ”aktuelle faktorer” svarer til en kombination af disse udbud- og efterspørgselsfaktorer, og virkningen på olieprisen er kun lidt følsom overfor længere halveringstid, fordi de underliggende chok ikke trækker i samme retning.

Tilskud til forskning og udvikling af alternative energikilder kan – ligesom afgiftsinstrumentet – tilskynde til en hurtigere udfasning af olie. *Tabel 6* viser en sammenligning af virkningerne af olieafgiften og et tilskud, der halverer af prisen på backstopteknologien. De to instrumenter medfører derfor på det tidspunkt, hvor olieindvinding ophører, den samme relative begunstiggelse af alternativ energi.

Tabel 6. Sammenligning af afgift på olie og tilskud til backstoppteknologi.

	Grundforløb	Centrale forudsætninger		Høj efterspørgselselasticitet		Høj udbudselasticitet		Længere halveringstid for backstoppris	
		Afgift	Tilskud	Afgift	Tilskud	Afgift	Tilskud	Afgift	Tilskud
Pris tidspkt. 0	100,0	60,8	87,9	57,2	95,2	69,0	93,4	59,7	82,6
Pris tidspkt. T	738,9	418,3	528,5	402,5	556,0	453,3	549,2	397,4	454,0
Gns.pris 0-T	319,5	185,4	245,7	177,0	261,1	204,1	257,3	178,1	218,0
Reserver i alt	100,0	89,2	94,6	88,3	95,9	82,9	91,3	88,5	92,3
T (år)	50,0	48,2	44,8	48,8	44,1	47,1	44,3	47,4	42,6

Anm.: Priser og reserver angiver indeks i forhold til tidspunkt 0 i udgangsforløbet.

Afgiften medfører generelt en større reduktion af det kumulerede olieforbrug, men samtidig en mindre fremrykning af overgangen til backstoppen. Årsagen hertil er, at afgiften reducerer den løbende efterspørgsel direkte, fordi prisen for slutbrugerne øges. Et tilskud til alternativ energi sænker derimod olieprisen for slutbrugerne, hvorved olieforbruget øges, og udtømningen af reserverne fremskyndes. Virkningerne på markedsprisen er mere end tre gange så kraftig ved en afgift som ved et tilskud i det centrale grundforløb, og modstykket hertil er, at de kommercielle reserver falder dobbelt så meget – nemlig med knap 11 pct. mod 5,4. Afgiftsinstrumentet er således langt mere effektivt end tilskud til andre teknologier med hensyn til at sænke den samlede olieefterspørgsel.

Virkingen af tilskudsinstrumentet er i modellen økonomisk ækvivalent med en afgift, der træder i kraft med netop så stor forsinkelse, at den kun påvirker overgangen til ny teknologi, men ikke direkte hæver slutbrugerprisen på olie før udtømningen af reserverne. Derfor illustrerer eksperimentet også, at en på forhånd annonceret strategi, der indebærer fremtidige stramninger af afgifterne (f.eks. med henblik på at realisere gradvist mere ambitiøse klima- og energimål), kan øge forbruget af olie (og anden fossil energi) på kort og mellemlangt sigt via lavere markedspriser og derigennem indebære en betydelig svækkelse af bidraget til målopfyldelsen. Følsomhedsberegningerne peger således på, at afgiftsinstrumentet er mellem 1½ og knap 3 gange så effektivt som tilskud med hensyn til at reducere de kommercielle oliereserver.

Den grundlæggende mekanisme er, at en sådan politik, der opfattes som troværdig, øger incitamentet til indvinding allerede fra det tidspunkt, hvor strategien bliver kendt. Det skyldes dog ikke, at prisen på lang sigt – når stramningen af instrumenterne rent faktisk implementeres – forventes at falde, for ligevægtsprisens udvikling over tid er bundet til realrenten. Derimod forskydes den langsigtede balance mellem efterspørgsel og reserver til ugunst for olieproducenterne, hvorfor markedsprisen på kort sigt falder netop så meget, at det fremtidige fald i efterspørgslen er konsistent med arbitragebetingelsen i

ligning (1). Modstykket hertil er dermed også, at efterspørgslen stiger på kort sigt, mens producenterne – igen – vil være indifferente mellem produktion i forskellige perioder, idet det intertemporale afkast af ikke-indvundne reserver netop svarer til alternativomkostningen (dvs. realrenten).

Ved højere prisfølsomhed i olieefterspørgslen falder ligevægtsprisen kraftigere ved indførelse af en afgift, mens virkningen af et tilskud mindskes. Årsagen er, at større efterspørgselsreaktion forstærker virkningen af faldet i markedsprisen via tilskuddet (dvs. olieefterspørgslen på kort og mellemlangt sigt stiger mere), mens den direkte reduktion af efterspørgslen som følge af afgiften styrkes.

I scenariet med højere udbudselasticitet bliver prisvirkningerne mere – men stadig langt fra – ens, mens reduktionen af de kommercielle reserver forstærkes.

Sidstnævnte effekt illustrerer igen den centrale rolle, som udbudssiden spiller i forhold til virkninger af tiltag, der sigter mod at mindske den samlede olieefterspørgsel. De mere ensartede priseffekter kan henføres til, at en given reduktion af markedsprisen ved højere udbudsfølsomhed udløser en kraftigere reduktion af de kommercielle reserver, hvilket via efterspørgselsiden igen dæmper prisen. Og denne ændring er ikke overraskende størst i scenarier med i forvejen kraftige fald i olieprisen.

Forskellen mellem de to instrumenter er noget mindre, hvis det forudsættes, at de teknologiske fremskridt indenfor alternative teknologier sker i et langsommere tempo. Forklaringen på dette er, at tilskuddet til backstoppen *alene* virker via tidligere udfasning af olie som energikilde, hvorimod afgiften også løbende virker via efterspørgselsiden. Den relative styrkelse af virkningen på de kommercielle reserver er derfor større ved et tilskud, men samlet set er reduktionen i den kumulerede produktion fortsat 1½ gang så stor, hvis der i stedet anvendes en afgift.

Resultaterne indikerer, at modellen under en ret bred vifte af forudsætninger om de centrale følsomheder kan generere ”realistiske” kortsigtede udsving i olieprisen. Den forudsatte efterspørgselselasticitet på 0,4 er formentlig et rimeligt skøn set som et gennemsnit over en længere årrække.

I det centrale grundforløb, hvor prisen i scenariet med ”aktuelle faktorer” stiger godt 200 pct., indebærer dette imidlertid et (i princippet øjeblikkeligt) fald i efterspørgslen på $1 - 3,068^{(-0,4)} = 36,1$ pct. ekskl. virkningen af det midlertidige efterspørgselschok, hvilket er klart uforeneligt med de senere års støt stigende olieproduktion.

På lang sigt er en relativt høj priselastisitet – herunder også højere end de 0,4 – formentlig realistisk i takt med, at substitution bort fra olie kan ske gennem udskiftning af transportmidler og industrielle processer, ændret geografisk arbejdsdeling samt forbrugs- og bosætningsmønstre mv. Det kan tale for, at elasticiteten på kort sigt er væsentligt mindre end 0,4 og på langt sigt højere.

For at belyse virkningerne heraf, er scenarierne med ”aktuelle faktorer” genberegnet under forudsætning af, at priselastisiteten er 0,05 på helt kort sigt og derefter stiger lineært til 0,75 efter 50 år (og dermed i gennemsnit udgør 0,4). Resultaterne er vist i *tabel 7*. Generelt afviger prisvirkningerne ved konstant elasticitet lidt fra resultaterne i *tabel 1*, hvilket skyldes, at beregningerne er foretaget i diskret i stedet for kontinuert tid.⁵

Ved konstant elasticitet forudsiger modellen som nævnt et betydeligt fald i produktion og forbrug. Antages elasticiteten i efterspørgslen at forøges over tid, er produktionen i de første år kun svagt faldende eller – i fravær af lavere rente – svagt stigende, fordi den forudsatte, cyklisk betingede stigning i efterspørgslen mere end opvejer virkningerne af højere ligevægtspris.

Uden rentefald er der kun beskednen forskel på ændringen i olieprisen, men lavere rente giver anledning til en noget større prisstigning, når elasticiteten øges over tid. Årsagen hertil er, at rentefaldet bidrager til at øge efterspørgslen på sigt, fordi tidsprofilen for prisen bliver fladere. Derved stimuleres efterspørgslen netop på det tidspunkt, hvor prisfølsomheden er størst. Retablering af ligevægt kræver derfor en højere initial prisstigning.

Det modelberegnete forløb indikerer, at olieefterspørgslen i de kommende kan falde med 7-8 pct. i et forløb med fortsat lav rente. Men den lavere efterspørgsel – som skyldes den tidsmæssigt forsinkede reaktion på højere oliepris – vil *ikke* slå igennem i lavere oliepris, fordi denne allerede i udgangspunktet fuldt ud afspejler den langsigtede balance mellem efterspørgsel og reserver. Såfremt renten stiger igen, kan en potentielt betydelig del af prisstigningen dog blive redresseret samtidig med, at olieproduktion og -forbrug stiger til et niveau på eller noget over udgangsforløbet.⁶

⁵ Det er nødvendigt, idet forudsætningen om, at elasticiteten afhænger lineært af tiden, medfører, at integralet i ligning (3) ikke kan løses, fordi kvadratet af tidsindekset indgår som argument i eksponentialfunktionen. Hertil kommer, at modellens løsning i den periode, hvor reserverne udtømmes endeligt, ikke kan beregnes på en simpel og entydig måde i diskret tid.

⁶ Disse scenarier kan dog være meget anderledes, hvis de aktuelt høje oliepriser helt eller delvist skyldes kapacitetsbegrænsninger hos olieproducenterne.

Tabel 7. Virkning af ”aktuelle faktorer” ved konstant og ved stigende efterspørgsel elasticitet.

	Øget efterspørgsel og lavere rente og mindre reserver				Øget efterspørgsel og mindre reserver			
	Konstant elasticitet		Stigende elasticitet		Konstant elasticitet		Stigende elasticitet	
	Pris	Produktion	Pris	Produktion	Pris	Produktion	Pris	Produktion
1	290,35	68,55	311,39	99,20	152,27	88,75	152,39	102,81
2	284,60	69,80	305,23	98,71	152,27	89,64	152,39	103,22
3	278,97	71,06	299,18	98,28	152,27	90,54	152,39	103,63
4	273,44	72,36	293,26	97,91	152,26	91,45	152,38	104,05
5	268,03	73,67	287,45	97,60	152,26	92,37	152,38	104,46
6	262,72	71,44	281,76	92,70	152,26	88,85	152,38	99,89
7	257,52	72,73	276,18	92,51	152,26	89,75	152,38	100,28
8	252,42	74,05	270,71	92,37	152,26	90,65	152,38	100,68
9	247,42	75,40	265,35	92,28	152,26	91,56	152,38	101,09
10	242,52	76,77	260,10	92,25	152,26	92,48	152,38	101,49
11	237,72	78,16	254,95	92,27	152,25	93,41	152,37	101,90
12	233,01	79,58	249,90	92,34	152,25	94,35	152,37	102,30
13	228,40	81,03	244,95	92,46	152,25	95,30	152,37	102,71
14	223,88	82,50	240,10	92,64	152,25	96,26	152,37	103,12
15	219,44	84,00	235,34	92,87	152,25	97,23	152,37	103,53
16	215,10	85,52	230,68	93,15	152,25	98,20	152,37	103,95
17	210,84	87,08	226,12	93,49	152,24	99,19	152,36	104,36
18	206,66	88,66	221,64	93,89	152,24	100,19	152,36	104,78
19	202,57	90,27	217,25	94,34	152,24	101,20	152,36	105,20
20	198,56	91,91	212,95	94,84	152,24	102,21	152,36	105,62
21	194,63	93,58	208,73	95,40	152,24	103,24	152,36	106,04
22	190,77	95,28	204,60	96,03	152,24	104,28	152,36	106,46
23	187,00	97,01	200,55	96,71	152,23	105,33	152,35	106,89
24	183,29	98,77	196,58	97,45	152,23	106,39	152,35	107,32
25	179,66	100,56	192,68	98,25	152,23	107,46	152,35	107,75
26	176,11	102,39	188,87	99,11	152,23	108,54	152,35	108,18
27	172,62	104,25	185,13	100,05	152,23	109,63	152,35	108,61
28	169,20	106,14	181,46	101,04	152,23	110,73	152,35	109,04
29	165,85	108,07	177,87	102,11	152,23	111,84	152,35	109,48
30	162,57	110,04	174,35	103,24	152,22	112,97	152,34	109,92
31	159,35	112,03	170,90	104,45	152,22	114,10	152,34	110,36
32	156,19	114,07	167,51	105,73	152,22	115,25	152,34	110,80
33	153,10	116,14	164,19	107,09	152,22	116,41	152,34	111,24
34	150,07	118,25	160,94	108,53	152,22	117,58	152,34	111,69
35	147,10	120,40	157,76	110,05	152,22	118,76	152,34	112,13
36	144,18	122,58	154,63	111,66	152,21	119,96	152,33	112,58
37	141,33	124,81	151,57	113,35	152,21	121,16	152,33	113,03
38	138,53	127,08	148,57	115,14	152,21	122,38	152,33	113,48
39	135,79	129,39	145,63	117,02	152,21	123,61	152,33	113,94
40	133,10	131,74	142,74	119,00	152,21	124,85	152,33	114,39
41	130,46	134,13	139,92	121,08	152,21	126,11	152,33	114,85
42	127,88	136,57	137,15	123,27	152,20	127,38	152,32	115,31
43	125,35	139,05	134,43	125,57	152,20	128,66	152,32	115,77
44	122,87	141,57	131,77	127,98	152,20	129,95	152,32	116,24
45	120,43	144,14	129,16	130,52	152,20	131,26	152,32	116,70
46	118,05	146,76	126,60	133,18	-	-	-	-
47	115,71	149,43	124,10	135,98	-	-	-	-
48	113,42	152,14	121,64	138,91	-	-	-	-
49	-	-	-	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-	-	-	-

Anm.: Oliepris og -produktion er angivet som indeks i forhold til udgangsforløbet.

Andre forhold

Den anvendte model bygger på en række forenklinger, som bl.a. sikrer, at løsningen kan beskrives ved hjælp af én ligning i én ubekendt (nemlig ligning (6), der bruges til at fastlægge T). Blandt forenklingerne er fraværet af marginalomkostninger vedrørende indvinding. Dette indebærer imidlertid som udgangspunkt blot, at arbitragebetingelsen i ligning (1) knyttes til markedsprisen i stedet for markedsprisen korrigeret for marginalomkostninger.

Samtidig elimineres dog en kilde til udsving i prisen på kort sigt, nemlig forventede fremtidige ændringer i marginalomkostningen. Såfremt den forventede marginalomkostning forøges – f.eks. fordi markedsdeltagernes vurdering af de teknologiske muligheder for at indvinde olie fra eksisterende felter bliver mere pessimistiske – vil olieprisen på kort sigt falde, fordi indvinding nu bliver mere attraktivt end indvinding senere. Omvendt til prisen stige, hvis marginalomkostningerne fremover ventes at være lavere.

Resultaterne ovenfor bygger endvidere på, at oliemarkedet forudsættes at være kompetitivt. I hvert fald på kort sigt – og særligt hvis efterspørgselsens prisfølsomhed her er lav – kan det være fordelagtigt for producenterne at søge produktionen begrænset med henblik på at drive olieprisen op.

Mulighederne for en sådan effektiv karteldannelse skal imidlertid også ses i lyset af, at den enkelte producent herved ikke blot opnår en fordel i form af højere pris pr. produceret tønde. Samtidig *mindskes* værdien af reserverne, og dermed den fremtidige ressourcerente, fordi lavere produktion af en udtømmelig ressource øger den potentielle fremtidige produktion tilsvarende, hvilket indebærer risiko for en lavere pris senere.

Det forhold, at olien er udtømmelig, kan derfor medføre en ekstra stærk tilskyndelse for kartellets medlemmer til at forsøge at sælge mere end f.eks. en aftalt produktionsbegrænsning indebærer. En sådan karteldannelse minder en del om de problemer, som eksempelvis producenter af investeringsgoder står over for.

Et eksempel herpå er konkurrencen mellem Airbus og Boeing, som i dag reelt er de to eneste producenter af store, kommercielle fly. I princippet burde to dominerende aktører have ret let ved at etablere gensidig forståelse for at begrænse produktionen og derigennem hæve priserne til begges fordel. Men kunderne – dvs. flyselskaberne – har stor fleksibilitet med hensyn til *hvornår* ordrer placeres,

hvilket kan styrke mulighederne for at opnå gunstige vilkår. På en lignende måde kan et kartel af olieproducenter blive undermineret af medlemmer, som forsøger at undgå værdiforringelsen af endnu ikke indvundne reserver ved at fremrykke produktion.

Ved kalibreringen er der taget udgangspunkt i, at de nuværende kommercielle reserver svarer til 50 års produktion. Det er lidt mere end de cirka 40 år for *kendte* reserver jf. figur 4, men mindre end skøn over de *faktiske* (dvs. inklusive endnu ikke identificerede felter) produktionsmuligheder.

Såfremt der i stedet anvendes en længere forventet udtømningsperiode, forøges priseffekterne af såvel højere forventet vækstrate som lavere rente. Hvis udgangsforløbet reserver rækker til 75 år, medfører rentefaldet fra 4 til 2 pct. en umiddelbar prisstigning på 170 i stedet for 95 pct., mens en permanent forøgelse af den strukturelle efterspørgselsvækst fra 1½ til 2½ pct. øger prisen med 70 pct. mod knap 40 i det centrale grundforløb. I scenariet med ”aktuelle faktorer” femdobles olieprisen på kort sigt mod en tredobling i tabel 1.

Årsagen til de større effekter er, at en lang horisont indebærer, at chok, som ændrer tidsprofilen for efterspørgsel eller udbud, kumulerer over en længere periode. Virkningerne af ensartede forskydninger i reserver eller efterspørgsel er derimod nogenlunde uændrede, når reservernes forventede levetid varieres.

I modellen forudsættes det, at de teknologiske forbedringer af alternative energikilder er givne og dermed også uafhængige af olieprisen. I princippet er det urealistisk, fordi højere oliepris alt andet lige må forventes at øge tilskyndelsen til at udvikle konkurrerende teknologier.

Heroverfor står imidlertid, at længden af udtømningsperioden – dvs. T – kun varierer lidt i modelberegningerne. Ikke mindst fordi nye teknologier må forventes at have en lang økonomisk levetid, er det langt fra sikkert, at f.eks. en forøgelse af det intramarginale afkast af innovation i alternative energikilder som følge af hurtigere overgang til disse vil indebære et markant større samlet afkast af forskning og udvikling.

Endelig er det værd at påpege, at analysen ovenfor er baseret på én, samlet model for det globale oliemarked. Resultaterne er derfor ikke umiddelbart relevante for et enkelt land eller en region, men indebærer f.eks., at rent *nationale* initiativer rettet mod at nedbringe fossilt energiforbrug og CO₂-

emissioner kun vil medføre en meget beskedent reduktion af de kumulerede *globale* emissioner (og dermed den globale opvarmning). Ikke kun fordi det enkelte land typisk tegner sig for en lille del af det globale energiforbrug, men også fordi de relativt kraftige virkninger på de globale energipriser vil indebære, at en reduktion af energiforbruget i f.eks. EU i høj grad modsvarer af en prisinduceret stigning i energiforbruget i andre dele af verden.

De globale, kumulerede emissioner påvirkes således kun i det omfang, verdensmarkedsprisen på energi reduceres, og en del af de eksisterende kommercielle reserver derved bliver urentable. I en vis forstand minder dette om effekten af nationale tiltag, der sigter mod mindre CO₂-udledning fra kvotesektoren, idet den umiddelbare reduktion af emissionerne via lavere kvotepris konverteres til en tilsvarende stigning i emissionerne i andre lande omfattet af kvotesystemet.

4. Afsluttende bemærkninger

Oliemarkedet er – i hvert fra ud fra en umiddelbar betragtning – karakteriseret ved relativt stabil produktion og forbrug, mens prisen svinger kraftigt. Set i et lidt længere tidsperspektiv synes der ikke at være meget klare tegn på, at olieprisen primært er drevet af udsving i produktionskapaciteten (eller den politisk bestemte udnyttelsesgrad heraf) i de olieproducerende lande.

Den høje volatilitet i olieprisen kan imidlertid i vid udstrækning forklares af forskydninger i den langsigtede balance mellem strukturel efterspørgselsvækst, udbuddet i form af kendte reserver, realrenten og de langsigtede perspektiver for de teknologier, som vil skulle afløse olien.

Mere kortsigtede – og specielt rent cykliske – udsving i efterspørgslen har derimod ikke nødvendigvis nævneværdig betydning for prisdannelsen, fordi producenterne i ligevægt vil være indifferente mellem produktion i forskellige perioder.

Der kan være grund til at tro, at oliemarkedet siden 2000 har været påvirket af højere strukturel efterspørgselsvækst, et kraftigt globalt opsving, lavere realrente samt mere forsigtige skøn over eksisterende reserver. Tilsammen kan disse faktorer potentielt forklare overraskende store stigninger i olieprisen – måske op mod en tredobling eller mere, også selvom det forudsættes, at marginalomkostningerne ved indvinding er meget lave. En del af den stedfundne prisstigning kan være forbigående, hvis renten stiger mærkbart igen, men andre af de underliggende faktorer kan være af permanent karakter.

Afgifter er betydeligt mere effektive end tilskud til alternative teknologier med hensyn til at nedbringe det samlede forbrug af fossil energi. Det skyldes grundlæggende, at afgifter både dæmper forbruget direkte og samtidig fremskynder udfasning af fossil teknologi, mens tilskud til forskning og udvikling sænker ligevægtsprisen på fossile brændsler og derigennem øger efterspørgslen på kort og mellemlangt sigt.

Set over en længere periode kan energiforbruget kun nedbringes via udbudssiden i form af reserver, som gøres "ikke-kommercielle" og derfor ikke indvindes. Det taler for, at virkningerne på emissionerne af f.eks. en global CO₂-aftale kan vise sig at være ret små, men modstykket hertil er store bytteforholdsgevinster for de energiimporterende lande. Det må forventes at være særligt udtalt for olie (og i mindre grad for kul), hvor ressourcerentelementet i prisen er relativt stort, hvorfor der er et stort rum for prisfald ved lavere efterspørgsel.

Referencer

- Barsky, Robert B. og Lutz Kilian, "A Monetary Explanation of the Great Stagflation of the 1970s", NBER Working Paper 7547, Februar 2000.
- Hotelling, Harold, "The Economics of Exhaustible Resources", *Journal of Political Economy* 39, 1931.
- Sinn, Hans-Werner, "Public Policies Against Global Warming", NBER Working Paper 13454, September 2007.