Wirtschaftswissenschaftliches Zentrum (WWZ) der Universität Basel

Dezember 2011

„Peak Oil“ und „Cheap Oil“ - Ökonomie der mittel- und langfristigen Ölpreisbildung

WWZ Forschungsbericht 08/11
(B-120)

Frank C. Krysiak, Markus Ludwig

Die Autoren:

Prof. Dr. Frank C. Krysiak

WWZ, Universität Basel

Umweltökonomie

Peter Merian-Weg 6

CH - 4002 Basel

frank.krysiak@unibas.ch

Markus Ludwig, Assistent

WWZ, Universität Basel

Umweltökonomie

Peter Merian-Weg 6

CH - 4002 Basel

markus.ludwig@unibas.ch

Eine Publikation des Wirtschaftswissenschaftlichen Zentrums (WWZ) der Universität Basel.

Diese Publikation und das in ihr dargestellte Forschungsprojekt wurden durch den Förderverein des WWZ finanziell unterstützt.

© WWZ Forum 2011 und des Autors / der Autoren. Eine Reproduktion über die persönliche Nutzung des Papiers in Forschung und Lehre hinaus bedarf der Zustimmung des Autors / der Autoren.

Kontakt:
WWZ Forum | Peter Merian-Weg 6 | CH-4002 Basel | forum-wwz@unibas.ch | www.wwz.unibas.ch

Danksagung

Wir möchten dem WWZ Forum für die Finanzierung danken, die es uns ermöglicht hat, dieses Forschungsprojekt zu realisieren.

Zusammenfassung

Ziel dieses Projekts ist die Analyse eines möglichen Zusammenhangs des jüngsten Ölpreisanstiegs mit dem Peak-Oil Effekt, welcher sich über die Verknappung des Erdölangebots realisieren würde. Ein direkter Test einer solchen Interrelation ist jedoch erst ex-post möglich. Dieses Paper liefert einen plausiblen alternativen Erklärungsansatz, wie die derzeit beobachtbaren Effekte auf den Erdölmärkten nicht durch einen Peak-Oil Effekt induziert werden, sondern durch die strukturellen Eigenschaften der Angebotsseite. Die Dekomposition der Erdölindustrie in vollkommen staatliche (Staats-) und nicht vollkommen staatliche (Privat-) Firmen enthüllt ein signifikant heterogenes Verhalten dieser beiden Gruppen hinsichtlich der Dynamik in der Erdölförderung. Empirische Ergebnisse für den Zeitraum von 1998 bis 2009 offenbaren, dass Staatsfirmen eine Politik der Angebotsverknappung betrieben, wohingegen für private Firmen kein solches Verhalten festgestellt werden kann. Diese Politik der Angebotsverknappung durch Staatsfirmen zeigt sich durch eine Reduktion der jährlichen Erdölproduktion von ca. 4% bei gegebenen Kontrolvariablen. Begleitet wurde diese Verknappung von einem drastischen Nachfrageanstieg und der Tatsache, dass der Hauptteil der weltweiten Erdölproduktion aus staatlicher Hand stammt und sich rund 80% der weltweiten Erdölreserven in Staatsbesitz befinden. Dies resultierte in einem Ölpreissprung von fast 500% während des Untersuchungszeitraumes. Weiter war es den Staatsfirmen möglich, während des untersuchten Zeitraumes ihre Ölreserven zu erhöhen, wobei sich dies nicht für private Firmen feststellen lässt. Eine Ölangebotsreduktion bei steigenden Ölreserven widerspricht allerdings der Idee eines Peak-Oil Effektes. Vor allem Angesichts der Tatsache, dass Privatfirmen ihren Output drastisch erhöhten, obwohl die Ölreserven dieser Firmen gefallen sind. Als Rückschluss auf die mittelfristige Ölpreisbildung lassen diese Ergebnisse keine von Seiten des Erdölangebots eingeleiteten Entspannung im Erdölmarkt erwarten.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung **5**

2 Staatliche Ölfirmen und der Ölpreis **9**

3 Stilisierte Fakten **10**

4 Von Theorie zur Empirie **13**

4.1 Zusammenfassung des Modells 13

4.2 Empirische Präliminarien 13

5 Daten **15**

6 Empirische Evidenz **17**

6.1 Firmenspezifische und länderspezifische Kontrollvariablen: Ergebnisse 18

6.2 Die OPEC-Staaten 21

7 Schlussfolgerungen **23**

A Das Modell **27**

A.1 Die Firma 28

A.2 Der Staat 30

Tabellenverzeichnis

1 Staatsfirmen und Privatfirmen Charakteristika 16

2 Firmen- und länderspezifische Kontrolvariablen (Fixed Effects) 36

3 Die OPEC Staaten (Fixed Effects) 37

Abbildungsverzeichnis

1 Durchschnittliche jährliche Ausgaben für Rohöl anteilig am BIP in US $ 6

2 Ölproduktion (Ölreserven) Verhältnis zwischen Staatsfirmen und Privatfirmen 10

1 Einleitung

Der mittlerweile ein Jahrzehnt lang anhaltende Preisanstieg für Rohöl schürt die Furcht, dass es in naher Zukunft keine Rückkehr zu billigem Öl geben wird.[1] Zudem stellt sich die Frage, ob der hohe Ölpreis die wirtschaftliche Erholung nach der jüngsten Rezession behindern könnte. Wobei der hohe Ölpreis in 2008 bereits eine gewisse Rolle für die Rezession gespielt haben dürfte (Hamilton, 2009a).

Da Rohöl das Rückgrat für weite Bereiche wirtschaftlicher Aktivität darstellt, beeinflusst der Ölpreis die Wirtschaft auf verschiedene Art und Weise (Lee and Ni, 2002; Kilian and Park, 2009). Um die Bedeutung von Öl zu beurteilen, stellt Abb. 1 die jährlichen Ausgaben für Rohöl anteilig am BIP für mehrere Staaten dar. Im Jahr 2000 betrugen die weltweiten Ausgaben für Rohöl 2,6% des Einkommens. Dieser Anteil stieg kontinuierlich mit dem Ölpreis und gipfelte bei ca. 5% kurz vor der Finanzkrise. Diese zentrale Bedeutung von Öl basiert auf einer geringen Preiselastizität und einer hohen Einkommenselastizität. Im Falle von Entwicklungsländern ist die Einkommenselastizität nahe 1 (Hamilton, 2009b). Die Einkommenselastizität sinkt mit zunehmender wirtschaftlicher Entwicklung und ist für OECD-Länder bei etwa 0,5. Somit unterscheidet sich der Anteil der Ausgaben für Rohöl in OECD-Ländern von dem in Entwicklungsländern. Angesichts des dramatischen Nachfrageanstiegs der letzten Jahrzehnte, verursacht nicht zuletzt von neuen schwergewichtigen Schwellenländern mit hoher Einkommenselastizität wie China und Indien, stellt sich die Frage, zu welchem Preis die Angebotsseite willens und in der Lage sein wird, das benötigte Öl bereitzustellen.

In der Literatur findet sich hier vor allem die Sorge, dass das Ölangebot in den letzten Jahren nicht wie erhofft und erwartet auf den steigenden Ölpreis reagiert hat (Adelman, 2002; Roberts, ed, 2010). In diesem Zusammenhang wurde vor allem von der Presse die Möglichkeit eines 'Peak-Oil' Effekts lanciert. Dieser Effekt ergibt sich aus einem natürlichen maximalen Förderlimit für gegebene Rohölreserven. Nachdem das Limit erreicht ist, wird die Fördermenge sinken. Somit besteht ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen dem Anstieg des Ölpreises und dem Phänomen des Peak-Oil. Dieser Zusammenhang ist durch eine Verknappung des Ölangebots charakterisiert, welcher bei gegebener Nachfrage in einem PReisanstieg resultiert. Es stellt sich nun die Frage, ob diese Ölangebotsverknappung zwangsläufig durch

[1] Die jüngste Rezession hatte nur kurzzeitige Auswirkung auf den Ölpreis. Mittlerweile strebt der Rohölpreis wieder Richtung dem Niveau vor der Krise. Das Wall Street Journal berichtete kürzlich, dass der Anteil des Benzinabsatzes am Einzelhandelsabsatz in den USA wieder über 10% liegt (Whitehouse, n.d.).

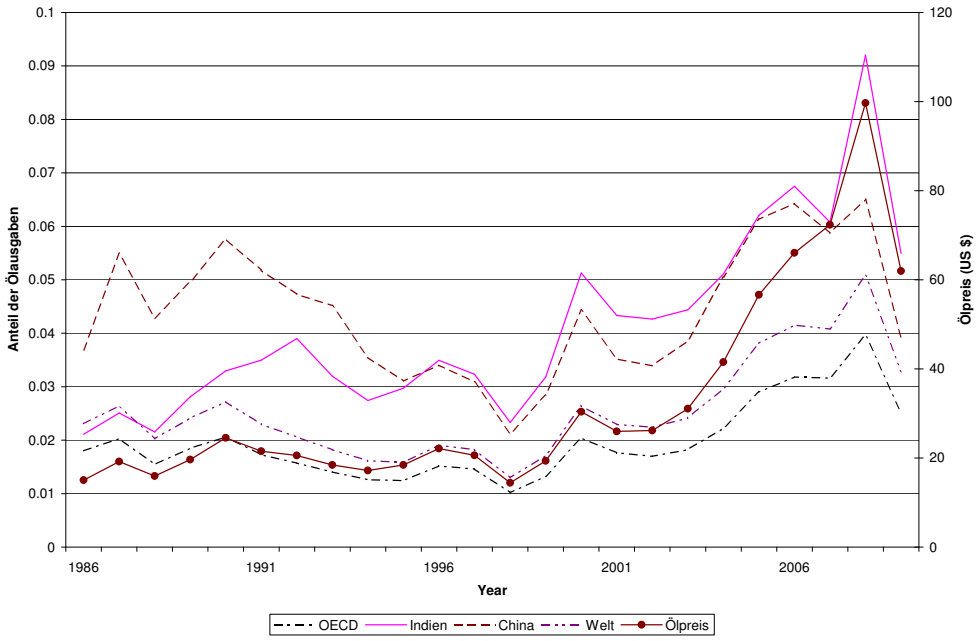

Abbildung 1: Durchschnittliche jährliche Ausgaben für Rohöl anteilig am BIP in US $

den Peak-oil Effekt verursacht wird. Ich zeige in dieser Arbeit, dass vornehmlich ein alternativer angebotsseitiger Erklärungsansatz für die Ölpreisentwicklung der vergangenen Jahre und die mittelfristige Ölpreisentwicklung verantwortlich ist und wohl weiterhin verantwortlich sein wird. Ich komme zu dem Schluss, dass der Peak-Oil Effekt als physisches Phänomen bisher eher nicht in Erscheinung getreten ist und dass vor allem strukturelle Eigenschaften der Angebotsseite des Erdölsektors verantwortlich für den Ölpreisanstieg sind.

In dieser Arbeit zeige ich auf, dass die Antwort auf die Frage, zu welchem Preis Rohöl in Zukunft angeboten wird, stark von der vorherrschenden Marktstruktur innerhalb der Ölindustrie abhängt, da die Präsenz von Firmen in vollständigem Staatsbesitz, von hier an Staatsfirmen genannt, zu einer besonderen Dynamik des Ölangebots auf Firmenebene führt. Ich untersuche für Privatfirmen[2] wie für Staatsfirmen, ob es einen heterogenen Effekt einer Knappheitsrente auf die Ölproduktion gibt. Einen solchen Effekt stelle ich bei Staatsfirmen fest, nicht jedoch bei Privatfirmen. Diese Knappheitsrente induziert einen im Zeitverlauf ansteigenden Ölpreis. Die Schlussfolgerung aus meiner Untersuchung impliziert für den Konsumenten, dass privat gefördertes Öl billiger als staatlich gefördertes Öl ist. Der hier vorgestellte Ansatz erweitert die bisherigen angebotsseitigen Argumentationsansätze, wie z.B. dem Peak-Oil Effekt. Die im

[2]Das sind alle nicht vollständig staatlichen Firmen.

Folgenden präsentierten Ergebnisse lassen vermuten, dass der Peak-Oil Effekt nicht die alleinige treibende Kraft für den Anstieg des Ölpreises ist. Dasselbe gilt für das Argument, dass Staatsfirmen weniger effizient als Privatfirmen sind, und dass diese Ineffizienz das Ölangebot beeinflusst. Das hier im Papier entwickelte Argument legt vielmehr nahe, dass vielmehr Staatsfirmen, anders als Privatfirmen, eine Knappheitsrente internalisieren.

Die empirische Untersuchung des Rohölangebots auf Firmenebene wird mithilfe eines Datensatzes über die 50 grössten Ölfirmen, welche während des betrachteten Zeitraums durchschnittlich 75% des weltweiten Ölangebots bereitstellten, durchgeführt. Mit diesem Datensatz ist eine Aufteilung des Samples in Unternehmen, die vollständig in Staatsbesitz sind, und in Privatunternehmen möglich. Durch die Hereinnahme eines jeweils eigenen Zeit-Trends für Staatsfirmen und Privatfirmen in das Regressionsmodell zeige ich, dass Staatsunternehmen im untersuchten Zeitraums ihre Fördermenge jährlich um 4% drosseln. Bei Privatunternehmen lässt sich dieses Verhalten nicht feststellen, woraus folgt, dass Privatunternehmen, ceteris paribus, ihre Fördermenge konstant halten.

Meine empirische Analyse wird durch ein einfaches, stilisiertes Modell gestützt, das auf der Arbeit zur dynamischen Optimierung von Hotelling (1931) aufbaut. Ich stelle im Anhang eine Erweiterung des Modells von Hotelling vor, die eine Aufteilung des Ölmarktes in Privat- und Staatsunternehmen zulässt. Die Erweiterung beschreibt einen Produktionsprozess für Öl in zwei Schritten. In der ersten Stufe geht der Staat, welcher die Erdölreserven besitzt, einen zeitlich begrenzten Vertrag mit einem Privatunternehmen über die Förderung des Erdöls ein. Ich zeige auf, dass unter gegebenen Annahmen die Optimalitätsbedingung es verlangt, dass die Unternehmen an der Kapazitätsobergrenze fördern.

Mit Ablauf des Vertrages wird das Unternehmen enteignet und der Staat beginnt, auf eigene Kosten mithilfe eines staatlichen Unternehmens Erdöl zu fördern. Dies ist die zweite Stufe. Da sich das staatliche Unternehmen keiner Enteignung gegenüber sieht, wird es letztendlich einem Hotelling-Abbaupfad folgen. Dieser Abbaupfad verlangt eine Reduzierung der Fördermenge um eine konstante Rate. Die Regressionsanalysen zeigen, dass Privatunternehmen ihre Fördermenge konstant halten. Im zugrundeliegenden theoretischen Modell liegt dies an der Enteignung, die den Zeithorizont des Unternehmens beschränkt. Die Daten offenbaren zudem, dass sich Staatsunternehmen auf einem sinkenden Förderpfad befinden. Dies folgt gemäss der Theorie aus der Hotelling-Regel, wonach der Schattenpreis mit dem Zinssatz an-

steigen muss. Aus meinen Ergebnissen ergeben sich unmittelbar Schlussfolgerungen bezüglich der Angebotsseite und damit bezüglich des Ölpreises. Zumal angesichts der Tatsache, dass staatliche Unternehmen zum heutigen Zeitpunkt mehr als 50% des Erdöls fördern und 80% aller nachgewiesenen Reserven besitzen (EIA, 2009).

Dass sich Privat- und Staatsunternehmen bezüglich der Förderung unterscheiden, wurde von Johany (1979) und Mead (1979) dargelegt. Insbesondere wenn es offenkundig zur Enteignung kommen wird, neigen Privatunternehmen zur Erhöhung der Fördermenge. Auch wurde schon von Long (1975) anhand eines dynamischen Optimierungsproblems gezeigt, dass Unternehmen mit begrenztem Zeithorizont ihre Fördermenge konstant halten. Im Unterschied zu der theoretischen Arbeit von Long (1975) wird in meinem Modell die Enteignungsentscheidung des Staates endogenisiert, wodurch das Zusammenspiel von Staat und Unternehmen und der daraus resultierende Effekt auf das Ölangebot komplett abgebildet werden.

Die für diese Arbeit durchgeführte empirische Analyse ist der Studie von Wolf (2009) ähnlich, der denselben Datensatz verwendet und die Auswirkungen von Staatsbesitz auf die Effizienz untersucht. Er stellt fest, dass der Übergang in Staatsbesitz eine Reduzierung der Fördermenge zur Folge hat. Die Analyse zeigt zudem, dass spezifische Unternehmensvariablen wie die Ölreserven des Unternehmens, der Ertrag, die Beteiligungen an nachgeschalteten Produktionsschritten sowie das Pro-Kopf-BIP des Staates positiv mit der Fördermenge korrelieren. Im Gegensatz zu Wolf (2009) konzentriert sich meine Analyse auf den Effekt, den die Unterteilung des Marktes in Staats- und Privatunternehmen auf die dynamische Entwicklung des Ölförderpfades der jeweiligen Unternehmen hat. Ferner identifiziere ich zusätzliche spezifische Eigenschaften von OPEC-Unternehmen, die für das Ölangebot von Bedeutung sind. Meine Arbeit bezieht sich zudem auf allgemeiner gehaltene Debatten über nationale Ölfirmen (Adelman, 2002; Stevens, 2008). Auch wenn eine mögliche Reprivatisierung hier nicht betrachtet wird, würde dies das Argument dieser Arbeit nicht widerlegen, da sich das private Unternehmen auch dann einem begrenzten Zeithorizont ausgesetzt sähe.

Obwohl mein Modell die Bedeutung einer Unterteilung des Marktes in Staats- und Privatunternehmen herausstellt, ist es zu limitiert, um weitere empirische Ergebnisse zu erklären, die sich aus der Regressionsanalyse ergeben. Insbesondere die Rolle der OPEC-Staaten ist auffällig. Es ergibt sich, dass

sich das Verhalten der OPEC-Unternehmen bezüglich Preisänderungen signifikant vom Verhalten anderer Unternehmen unterscheidet. Dies impliziert, dass die OPEC wenigstens versucht, den Ölpreis mittels Mengenanpassung zu beeinflussen. Weder für Privat- noch für Staatsunternehmen lässt sich eine Abhängigkeit der Fördermenge von politischen Veränderungen feststellen. Diese Arbeit ist wie folgt aufgebaut: Im nächsten Abschnitt 2 werde ich die Auswirkungen der heterogenen Marktstruktur auf die Ölpreisbildung aufzeigen und dann im dritten Abschnitt 3 einige historische Beispiele nennen, die unterstreichen, dass die Annahmen des theoretischen Modells auf stilisierten Fakten aus der Realität beruhen. Die Abschnitte 5 bis 6 beschreiben den Datensatz und präsentieren die empirischen Ergebnisse. Im Abschnitt 7 werden die Schlussfolgerungen gezogen. Im Anhang wird das theoretische Modell erläutert.

2 Staatliche Ölfirmen und der Ölpreis

In diesem Abschnitt werde ich kurz auf die heterogene Marktstruktur in der Erdölindustrie eingehen und ihre Auswirkung auf den Ölpreis beschreiben. Diese heterogene Marktstruktur bildet das Hauptargument in dieser Arbeit und wird im Folgenden kurz umrissen. Eine detaillierte theoretische Beschreibung wird im Anhang zu diesem Papier dargestellt. Die empirische Analyse zeigt, dass sich Firmen in vollständigem Staatsbesitz signifikant von Privatfirmen unterscheiden. Staatsfirmen berücksichtigen bei der Förderung von Öl eine Knappheitsrente. Das bedeutet, dass durch Reduzierung der Erdölförderung ein Preisanstieg Induziert wird, der für die entgangene Kapitalrendite entschädigt. Diese Reduzierung findet kontinuierlich im Zeitablauf statt. Auf der anderen Seite lässt sich dieses Verhalten für Privatfirmen nicht feststellen. Eine theoretische Erklärung für dieses Verhalten wird im Modell, welches im Anhang dargestellt wird, beschrieben. Der Effekt einer Ölverknappung durch Staatsfirmen auf den Ölpreis hängt vom Marktanteil eben dieser Firmen ab. Bei einem höheren Marktanteil ist die Auswirkung auf das Gesamtangebot stärker. Dies ist im Kontext der Tatsache, dass mehr als die Hälfte des heutigen Öls durch staatliche Ölfirmen gefördert wird und das über 80 Prozent aller nachgewiesenen Ölreserven in staatlicher Hand sind (EIA, 2009), von grossem Interesse.

Grafik 2 zeigt die Entwicklung der relativen Ölreserven (Ölproduktion) von Staats- zu Privatfirmen, den Ölpreis und die Gesamtnachfrage im Zeitverlauf des in dieser Arbeit verwendeten Datensatzes. Die Grafik zeigt, dass sich der Rohölpreis ab 1998, von einem niedrigen Niveau startend, kontinuierlich mit

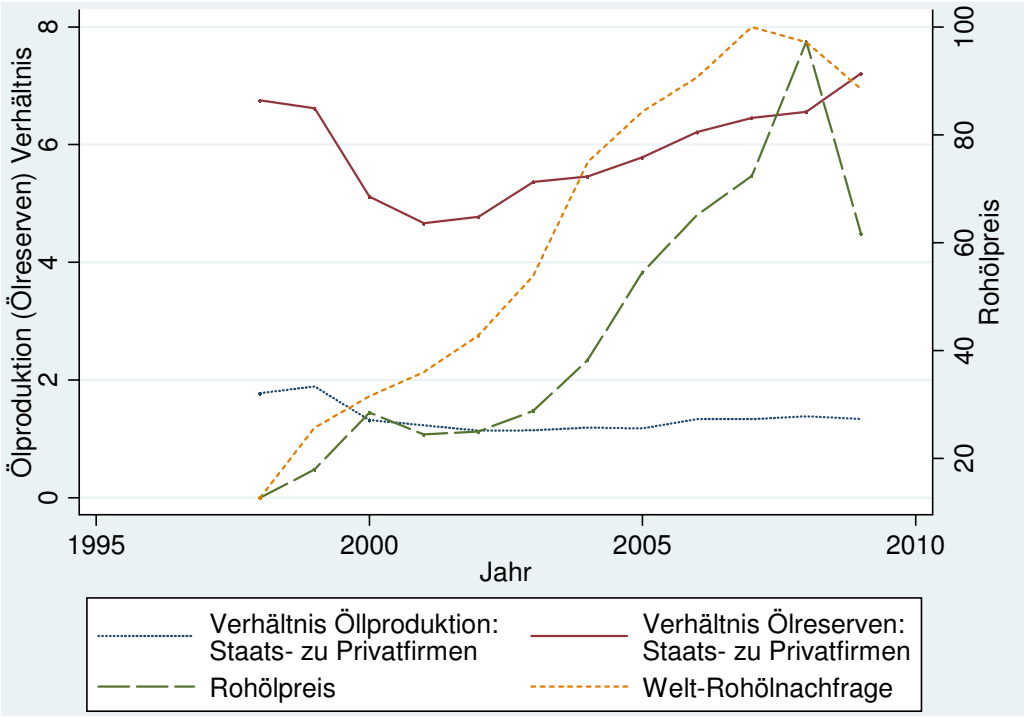

Abbildung 2: Ölproduktion (Ölreserven) Verhältnis zwischen Staatsfirmen und Privatfirmen

der steigenden Weltnachfrage entwickelt hat. Allerdings ist auch zu erkennen, dass sich die Ölpreiskurve erstaunlich synchron mit dem Verhältnis von staatlichen Ölreserven zu privaten Ölreserven entwickelt hat. Dies legt die Vermutung nahe, dass die oben beschriebene Marktstruktur der Ölindustrie Einfluss auf den Ölpreis nimmt. Aus der Grafik ist weiter zu sehen, dass Staatsfirmen trotz ihrer steigenden Reserven ihre Produktion nicht im gleichen Verhältnis angepasst haben. Dies legt eine Angebotsreduktion von Seiten der Staatsfirmen nahe. Der Effekt der kontinuierlichen Angebotsreduktion, bei gegebener Nachfrage, auf den Ölpreis hängt wiederum von dem Marktanteil der Staatsfirmen ab.

3 Stilisierte Fakten

Der Zweck dieses Abschnitts ist es, den im Modell verwendeten Zwei-Stufen-Prozess in die tatsächlich herrschenden Gegebenheiten in der Ölindustrie einzuordnen. Zu diesem Zweck folgt eine kurze historische Abhandlung über die Ölindustrie unter der Berücksichtigung der Entwicklung von Staats- und Privatunternehmen. Verglichen mit der Marktsituation heute wurde in der Ära der 'seven sisters' der grösste Teil des Rohöls von Privatunternehmen gefördert (ca. 1950-1970). Als Folge einer ersten Welle

von Ressourcen-Nationalismus, die im Mittleren Osten in den 1970er-Jahren startete, übernahmen Regierungen zunehmend die Kontrolle über die Ölförderung ihres Landes. Oftmals wurde dies in Form von Staatsunternehmen bewerkstelligt. Nach der Wiedererstarkung der Marktmacht privater Ölfirmen, zurückzuführen auf die Privatisierung der Ressourcen in der ehemaligen Sowjetunion sowie auf einen durch grosse Fusionen hervorgerufenen Konzentrationsvorgang, wurde die Erdölindustrie in der jüngeren Vergangenheit von einer zweiten Enteignungswelle getroffen. Beispielsweise erhöhten Venezuela, Ecuador, Bolivien und Russland ihre staatliche Kontrolle durch die Enteignung von Privatinvestoren und Privatbesitz (Engel and Fischer, 2008).

Demgemäss lässt sich die Erdölindustrie in zwei Sektoren aufteilen. Zum einen Privatunternehmen, die in einem Staat bis zur Enteignung unter einem endlichen Zeithorizont operieren.[3] Zum anderen staatliche Unternehmen, die nach erfolgter Enteignung im eigenen Land unter einem weitaus längeren Zeithorizont operieren können. Dieses Schema findet sich in der Geschichte der Erdölindustrie häufig. In Mexiko wechselte die Erdölförderung mittels Enteignung zu dem damals in Staatsbesitz befindlichen Unternehmen Petromex. Ähnlich in Saudi-Arabien, wo die Arabian American Oil Company (Aramco) in den 1930er-Jahren die Erdölförderung übernahm. Aramco war zunächst im Besitz der Standard Oil of California (Socal), wurde in der Folge von der saudiarabischen Regierung übernommen und befindet sich heute komplett im Besitz und unter der Kontrolle von Saudi-Arabien. In der jüngeren Vergangenheit übernahm die russische Regierung das vormalig private Unternehmen Yukos und formte daraus das Staatsunternehmen Rosneft.

Diesen vereinfachten zweistufigen Ablauf beobachtet man in der Entwicklung der Erdölproduktion in der Tat sehr häufig. Mit der Erdölförderung von Grund auf zu beginnen ist auf zwei Weisen schwierig und teuer. Zunächst sind beträchtliche Investitionen für Erkundungs- und Extraktionsausrüstungen erforderlich, weiterhin muss das für die Förderung nötige Know-how akquiriert werden. Aus diesem Grund ist es am zweckmässigsten, spezialisierte Privatunternehmen mit der Erkundung von Ölfeldern und der Errichtung von Fördereinrichtungen zu beauftragen. Diese Periode, in der ein Staat Konzessionen an ein

[3] In dieser Studie wird der Begriff der Enteignung im Sinne von Stevens (2008) Konzept des Ressourcen-Nationalismus (steigende nationale Kontrolle über natürliche Ressourcen) verwendet: Enteignung als ein Transfer von Entscheidungsmacht im Ölförderprozess weg vom Privat- hin zum Staatsunternehmen. Diese Verschiebung kann sich vollziehen durch vollständige Enteignung des Unternehmenskapitals und/oder der Bohrrechte; durch finanzielle Akquise des Unternehmenskapitals und/oder der Bohrrechte; oder durch eine erzwungene staatliche Beteiligung im Ölförderprozess. Da die genaue Differenzierung hier keine Rolle spielt, wichtig ist allein die Verschiebung der Entscheidungsmacht bzw. die gesteigerte Kontrolle durch den Staat, werde ich das Konzept der Enteignung in eben diesem Sinne verwenden.

Privatunternehmen vergibt, welches dann Investitionen tätigt und mit der Förderung beginnt, benenne ich als die erste Stufe im Ölförderprozess eines Landes. Ab einem bestimmten Zeitpunkt bemüht sich der Staat um zunehmende Beteiligung im Förderprozess. Letztlich übernimmt der Staat dann komplett oder wenigstens zum grössten Teil die Kontrolle. Damit ist dann die zweite Stufe des Zwei-Stufen-Prozesses erreicht. Für gewöhnlich vergeht zwischen dem Beginn der Ölförderung und der Übernahme der Kontrolle durch den Staat in Form eines Staatsunternehmens ein nicht zu vernachlässigender Zeitraum. Zwei weitere geeignete Beispiele für diesen Prozess sind Norwegen und Venezuela: In Norwegen wurden zunächst Bohrlizenzen für den norwegischen Kontinentalschelf an Privatunternehmen vergeben. In dieser ersten Periode waren sie allein verantwortlich für die Erschliessung und die Förderung. Beginnend 1972 erzwang Norwegen über die neu gegründete NOC Statoil eine Beteiligung am Förderprozess von mindestens 50 Prozent ((Øystein Noreng, 1980).[4] In Venezuela durften ab dem frühen 20. Jahrhundert zunächst Privatunternehmen Erdöl fördern, dann wurde Petroleos de Venezuela gegründet und die Erdölindustrie in Folge verstaatlicht (Wilpert, 2003).

Bei der Bewertung der Wechselbeziehungen innerhalb des Erdölmarktes und des Zwei-Stufen-Prozesses ist es wichtig zu anzumerken, dass die Enteignung des Ressourcen-Sektors nicht in Phasen von politischer Instabilität vollzogen wird. So zum Beispiel in Russland. Die russische Regierung, die nach dem Fall der Sowjetunion die Privatisierung der Erdölindustrie einleitete, war bedeutend 'instabiler' als die Regierung, welche kürzlich Yukos verstaatlichte (Urban et al., 1997; Lo, 2009). Dies gilt auch für Saudi-Arabien. Als das Privatunternehmen Socal die Konzessionen erwarb, war der Staat ein zerbrechliches Konstrukt. Die Erlöse aus der Erdölförderung erlaubten der saudischen Dynastie die Etablierung von politischer Kontrolle und wirtschaftlicher Entwicklung (Wynbrandt, 2010). Als Saudi-Arabien in den 1980ern vollständige Kontrolle über Aramco erlangte, war es bereits ein vollständig entwickeltes Land. Auch scheint in diesem Zusammenhang das Pro-Kopf Einkommen nicht von Bedeutung zu sein. Zum Beispiel sind weder Venezuela noch Russland als Entwicklungsland eingestuft. Daher scheint der Prozess der Enteignung unabhängig von politischen und ökonomischen Vorraussetzungen zu sein.

[4] Auch nach einer erfolgten Teilprivatisierung befinden sich heute noch 67% von Statoil in staatlichem Besitz.

4 Von Theorie zur Empirie

4.1 Zusammenfassung des Modells

Das Modell, welches im Anhang beschrieben ist, integriert stilisierte Fakten aus der Literatur in ein Hotelling-Modell. In der Modell Analyse zeige ich, unter der Annahme von nicht rückgewinnbaren Investitionen (sunk Investitionen), einem endlichen Enteignungszeitpunkt und einer Lern-Funktion des Staates, wie sich die Ölangebotsseite auf natürliche Weise in zwei Stufen unterteilen lässt. In der ersten Stufe produziert eine private Firma Öl und in der zweiten Stufe, nach der Enteignung, der Staat.

Prop. 1 zeigt, dass die Firma Öl mit einer konstanten Rate produziert, solange der Enteignungszeitpunkt in endlicher Zeit stattfindet. Dies impliziert, dass Output und Preis in diesem Zeitraum konstant sind. Der Umfang der privaten Investitionen und damit die Förderrate sind abhängig vom Enteignungszeitpunkt und dem geltenden Steuersatz. Der Enteignungszeitpunkt ist wiederum durch den Staat in Prop. 2 bestimmt. Die staatlichen Investitionen werden im Modell in Form einer Lernfunktion dargestellt. So entscheidet der Staat über den Umfang seines Know-how und bestimmt damit seine Kapazitätsfördergrenze. Die Modell-Analyse zeigt weiterhin, dass das optimale Extraktionsprogramm des Staates nach der Enteignung durch einen schlussendlichen Rückgang der Förderrate gegeben ist. Die Förderrate des Staates folgt einem Hotelling-Pfad, die zu einer konstanten relativen Preiserhöhung führt. Dieses Ergebnis zeigt, wie die Marktzusammensetzung in Staats- und Privatfirmen den Preisprozess bestimmt.

4.2 Empirische Präliminarien

Die Verfügbarkeit von Unternehmensdaten im Zeitablauf macht die Anwendung der Paneldatenanalyse möglich. Mehr noch, mit Hilfe der Datenvariation innerhalb einzelner Firmen über die Zeit ist es möglich konstante firmenspezifische Effekte zu eliminieren. Damit wird eine Verzerrung durch die Korrelation von konstanten firmenspezifischen Effekten und Kontrollvariablen vermieden. Dieses *Fixed-Effects* Verfahren eliminiert also die zeitkonstante firmenspezifische Variation in den Daten. Zeitkonstante Effekte sind z.B. Technologielevel, Öl-Reserven, die Produktionseffizienz und natürlich die Informationen über staatliches Eigentum, solange es zu keiner Veränderung im Zeitablauf kommt. Dies ist praktisch, da anzunehmen ist, dass sich Firmen in diesen Belangen deutlich unterscheiden. Der Fixed-Effects Schätzer erhält alle Informationen, die mit der Zeit variieren. Wenn also ein Unternehmen während des Beobachtungszeit-

raums seine Ölreserven erhöht, wird das Schätzverfahren diesen Effekt auf die Öl-Produktion erfassen. Auch geht die Information verloren, in welchem Land die Firma ansässig ist. Es ist jedoch möglich, die Auswirkungen von länderspezifischen Effekten, die sich über die Zeit ändern, auf die Ölförderung zu untersuchen. Dies ist vor allem für staatliche Unternehmen zu erwarten.

5 Daten

Die Zeitschrift Petroleum Intelligence Weekly (PIW) veröffentlicht einmal jährlich eine Zusammenstellung der 50 grössten erdölfördernden Unternehmen. Mit einem Markanteil von etwa 75% während des Beobachtungszeitraums stellen diese 50 Firmen das Gros des weltweiten Ölangebotes dar. Das Ranking beruht auf sechs betrieblichen Kennzahlen, darunter Erdöl-/Erdgasreserven sowie deren Fördermenge, Raffineriekapazität und Endproduktabsatzvolumen. Zudem werden für jede dieser Firmen Anzahl der Beschäftigten, Erträge, Nettogewinne und Gesamtvermögen aufgeführt. Die Zahlen zu Raffineriekapazität, Endproduktabsatz, Erträgen und Beschäftigten lassen Rückschlüsse auf ein Downstream-Engagement im weiteren Produktionsprozess bzw. auf die Effizienz zu. Weiterhin enthält der Datensatz Informationen zum Grad des Besitzanteils des Staates und dem Ursprungsland. Dadurch lassen sich jedem Unternehmen länderspezifische Kontrollvariablen zuweisen, somit kann für länderspezifische Veränderungen, welche die Unternehmen im jeweiligen Land beeinflussen können, kontrolliert werden. Dies könnte insbesondere für Staatsunternehmen von Bedeutung sein.

Zu den spezifischen Kontrollvariablen zählen BIP in US$, sowie der reale Wechselkurs PPP, beides von World Development Indicators; dem Political Rights Index (PRI) vom Freedom House Datensatz; dem Revised Combined Polity Score (RCPS) vom Polity IV Datensatz; und OPEC Mitgliedschaft. Die Daten zum Brutto-Ölpreis (Cushing, OK WTI Spot Price FOB (Dollars per Barrel)) stammen von der EIA. Da die Royal Dutch Shell in Grossbritannien und in den Niederlanden ansässig ist, verwende ich für die länderspezifischen Variablen den Durchschnitt beider Länder. Für die Analyse stehen die Daten der Jahre 1998-2009 zur Verfügung. Ein Unternehmen ist als Staatsunternehmen definiert, wenn es zu 100% in Staatsbesitz ist. Dies ist durch eine Indikatorvariable bestimmt, die den Wert 1 für Staatsunternehmen annimmt, ansonsten den Wert Null. Der Datensatz enthält mit Firmen aus Brasilien, Kolumbien, China, Indien, Norwegen und Russland auch ausreichend Variation für Unternehmen, deren Besitzverhältnisse sich im Beobachtungszeitraum verändern.

Eine Analyse auf Basis der Firmenebene unterscheidet sich von einer Analyse auf Staatsebene, da die Aufsplittung in Staats- und Privatunternehmen möglich wird. Da Erdöl aber nicht von Staaten, sondern immer von Unternehmen gefördert wird, ergibt sich, wie im Folgenden gezeigt wird, somit ein tieferer Einblick in das dynamische Verhalten der Erdöl-Angebotsseite. Da es sich um eine Auflistung der Top 50

Tabelle 1: Staatsfirmen und Privatfirmen Charakteristika

Charakteristika	Nr. Beob.	Ölreserven in Mill bbls	Ölproduktion in 1000 b/T	Raffinerie-Kapazität in 1000 b/T	Korr Zeit Ölproduktion	Korr Zeit Ölreserven
Staats-firmen	231	44739	1825	902	0.06	0.06
Privat-firmen	359	4898	875	1479	0.03	-0.07

Anmerkungen: Die Tabelle zeigt die Durchschnittswerte für Staats- bzw. Privatfirmen. Das Sample reicht von 1998 bis 2009. Im Falle der Raffinerie-Kapazität wird das Sample auf 284 bzw. 229 Beobachtungen für Staats- bzw. Privatfirmen begrenzt. Die Variable in die letzte Spalte ist die Korrelation zwischen einem Zeit-Trend und der Ölförderung (Ölreserven).

handelt, ist die Zusammensetzung der jährlichen Datensätze nicht immer gleich, somit ist der Datensatz nicht ausbalanciert. Fusionsbedingt wurden die Daten von einigen Unternehmen für den gesamten Beobachtungszeitraum zusammengefasst (BP, ChevronTexaco, ConocoPhillips).[5] Zum Beispiel fusionierten im Jahr 2001 Chevron und Texaco zu ChevronTexaco, ich behandle aber ChevronTexaco von 1998-2009 als ein einziges Unternehmen. Das Sample enthält insgesamt 60 Unternehmen, die sich auf 40 Staaten verteilen.

Ein Unternehmen verbleibt durchschnittlich 5,6 Jahre im Sample. Tabelle 1 listet eine gemittelte Aufteilung in Staats- und Privatunternehmen und offenbart beträchtliche Unterschiede innerhalb des Samples. Die Erdölreserven der Staatsunternehmen sind 10-mal so gross, die Fördermengen aber nur 2-mal so hoch wie die der privaten Unternehmen. Die Raffineriekapazitäten verdeutlichen hingegen das deutlich höhere vertikale Engagement. Die letzte Spalte in Tabelle 1 beinhaltet die Korrelation zwischen einem Zeit-Trend und den Fördermengen/Reserven. Obwohl der negative Korrelationskoeffizient einen Rückgang der privaten Erdölreserven nahe legt, haben die Privatunternehmen die Fördermenge mit der Zeit erhöht. Es stehen leider keine Daten zu den Produktionskosten je Einheit Öl auf Firmenebene zur Verfügung. Daher könnte es sein, dass die Analyse den Effekt von höheren Produktionskosten je Einheit Öl für Staatsunternehmen erfasst. Da Staatsunternehmen im Mittleren Osten vorwiegend preisgünstig fördern können, viele Privatunternehmen jedoch kostenintensiv in Off-Shore-Anlagen oder aus Schiefersanden fördern müssen, ist dies jedoch unwahrscheinlich.

[5] Die folgenden Ergebnisse ändern sich nicht, wenn man diese Privatunternehmen einzeln betrachten würde.

6 Empirische Evidenz

Das theoretische Modell stellt einige qualitative Eigenschaften der Öl-Industrie, die in private- und Staatsfirmen aufgeteilt ist, heraus. Eine private Firma produziert, bei gegebener Nachfragefunktion, an ihrer Kapazitätsgrenze, d.h. eine konstante Menge pro Jahr. Dieses Verhalten wird durch die Enteignung in endlicher Zeit induziert. Aufgrund der Modellaussagen ist es zu erwarten, dass eine Änderung der Nachfragefunktion durch den Rohölpreis aufgefangen wird. Da die Rohölmarktpreise kointegriert sind, gilt für alle Unternehmen derselbe Preis-Prozess. Daher impliziert das Modell eine konstanten Ölförderung von privaten Unternehmen, wenn für den Preis-Effekt kontrolliert wird.

Im Modell wird die Staatsfirma entweder zuerst mit einer konstanten Rate Öl fördern und dann nach Überschreitung eines *Switching* Zeitpunktes einer sinkenden Extraktions- Trajektorie (Hotelling-Pfad) folgen oder sofort einem Hotelling-Pfad folgen. Eine Betrachtung der Daten zeigt, dass es nicht möglich ist, die Frage zu beantworten, ob die staatlichen Firmen kurzfristig nach der Enteignung einem konstanten Pfad folgen, da nicht genügend Beobachtungen zur Verfügung stehen. Genauer genommen stammt die meiste Variation der Indikatorvariablen über staatlichen Besitz vom Wechsel aus staatlichem Besitz in nicht staatlichen Besitz.

So ist es nur möglich zu testen, ob staatliche Unternehmen im Durchschnitt einem Hotelling-Pfad folgen. Das Modell besagt weiter, dass die Ölproduktion der staatlichen Firma um einen Prozentsatz ähnlich dem Diskontsatz sinkt. Der Grund dafür ist die Knappheitsrente. Dies gilt nicht, wenn der Preis exogen gegeben ist. Allerdings kann ein ähnliches Argument im Falle einer konvexen Kostenfunktion und einem exogenen Preis aufgezeigt werden (Seierstad and Sydsaeter, 1986). Dann kommt es zur Reduktion der Grenzkosten durch eine abnehmende Erdölförderung.

Mit dem folgenden Regressionsmodell, mit i dem Firmenindex und t dem Zeitindex, versuche ich zu testen, ob die qualitativen Effekte des Modells in den Daten wiederzufinden sind.

$$O_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 D_{i,t} + \beta_2 D_{i,t} Y_t + \beta_3 (1 - D_{i,t}) Y_t + \beta' \mathbf{X}_{i,t} + v_{i,t}, \tag{1}$$

mit $v_{i,t} = \mu_i + u_t + \epsilon_{i,t}$ dem Fehlerterm, μ_i einem länderspezifischen Effekt, u_t einem Zeit-Effekt und $\epsilon_{i,t}$ einem idiosynkratischen Fehlerterm. $O_{i,t}$ ist der Logarithmus der durchschnittlichen täglichen Ölförderung in einem Jahr; $D_{i,t}$ ist die Dummy-Variable für Staatsbesitz, die 1 ist bei vollkommenem Staats-

besitz und null wenn nicht; Y_t ist ein Zeit-Trend; und $\mathbf{X}_{i,t}$ ist eine Reihe von Kontrollvariablen. Die Kontrollvariablen beinhalten unternehmensspezifische sowie länderspezifische Variablen. Die firmenspezifischen Variablen, alle als Logarithmus (Log), beinhalten Ölreserven, Raffineriekapazität, Endproduktabsatz, Mitarbeiterzahl, Umsatz und Jahresüberschuss. Die länderspezifischen Variablen umfassen BIP als Log, OPEC-Mitgliedschaft, die Demokratie-Indizes PRI und RCPS und Zeit-Dummies.

Die Zeit-Dummies kontrollieren für den Rohölpreis in Gl. (1). Diese Dummies erfassen alle Bewegungen des Ölpreises, der für alle Unternehmen aufgrund kointegrierter Ölmärkte (Chen et al., 2009) derselbe ist. Durch die Aufnahme des Rohölpreises in das Schätzmodel verliert die Schätzung einen Zeitdummy durch Multikoliniarität. Die Koeffizienten β_2 und β_3 haben die Funktion, einen separaten Zeit-Trend in der Ölförderung für staatliche und Privatfirmen zu erfassen, ceteris paribus. So werden die Modellaussagen durch diese beiden Koeffizienten erfasst. Das Modell erfordert, dass $\beta_2 < 0$ ist und in der Grössenordnung der geltenden Zinsrate. β_3 sollte nicht signifikant sein. Ein negativer β_2 würde einen Rückgang der Ölproduktion über die Zeit bedeuten. Die Grösse des Koeffizienten kann als jährliche prozentuale Veränderung der Ölproduktion interpretiert werden. Gl. (1) beinhaltet den Dummy für vollkommenen Staatsbesitz als separate Variable. Dies ist notwendig, weil einige Firmen in Bezug auf diesen Dummy über die Zeit variieren. Ferner gibt es in allen Regressionsspezifikationen keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Kontrollvariablen zwischen Staats- und privaten Unternehmen, wenn dies nicht ausgewiesen ist.

6.1 Firmenspezifische und länderspezifische Kontrollvariablen: Ergebnisse

Tabelle 2 zeigt in Spalte 1-4 die Ergebnisse des Regressionsmodells, das nur firmenspezifische Kontrollvariablen enthält. In Spalte 5-7 werden dann länderspezifische Kontrollvariablen hinzugefügt. Die logarithmisierte durchschnittliche tägliche Ölfördermenge ist die abhängige Variable. Die Tabelle weist Koeffizienten für die Fixed-Effects-Schätzung, mit Zeit-Dummies und robusten Standardfehlern *clustered* auf Firmenebene in allen Spalten, aus. Spalte 1 beinhaltet die Basis-Regression mit den Erdölreserven, dem Dummy für Staatsunternehmen und separate Zeit-Trends für Staats- und Privatunternehmen. Nicht aufgeführt sind die Ergebnisse für den Staatsunternehmen-Dummy, der mehrheitlich statistisch signifikant ist und einen Wert um die -0.30 aufweist, was zu der Vermutung führt, dass Unternehmen, die in

Privatbesitz übergehen, ihre Fördermengen erhöhen.

Für den Koeffizienten des Zeit-Trends ergibt sich ein Wert von -0,047. Dies bedeutet, dass ein staatliches Unternehmen bei konstantem Preis und konstanten Reserven seine Fördermenge im jährlichen Durchschnitt um 4,7% reduziert. Dieser Wert korrespondiert innerhalb des Modells mit dem Diskontsatz. Diese erste Schätzung scheint zu hoch auszufallen, wirkt der Wert doch recht beeindruckend. Sie ist aber durchaus noch innerhalb der möglichen Bandbreite, bedenkt man die durch die Ölpreiskopplung an den US-Dollar importierte Inflation (Mazraati, 2005) und einen durchschnittlichen Zinssatz von 4% in Saudi-Arabien und 6% in Russland. Der Wert von -0,047 befindet sich nahe an der oberen Grenze von allen hier ausgewiesenen Regressionsergebnissen für den staatlichen Zeit-Trend, wie die weiteren Resultate zeigen werden. Für den Zeit-Trend der Privatunternehmen ergibt sich ein insignifikanter und ökonomisch vernachlässigbarer Wert. Diese Befunde erweisen sich als robust, wenn weitere Kontrollvariablen eingeführt werden. Die Schätzergebnisse zeigen weiter, dass die Zeit-Trends für Staats- und Privatfirmen am 5 Prozent Signifikanzlevel nicht gleich gross sind. Diesen Ergebnissen folgend produzieren private Unternehmen im Falle gegebener konstanter Kontrollvariablen auf einem konstanten Niveau. Auf der anderen Seite reduzieren staatliche Unternehmen ihre Produktion um eine jährliche Rate von rund 5 Prozent und unterscheiden sich signifikant von ihren privaten Pendants. Folglich verfolgen staatliche Unternehmen eine Politik der Ölverknappung. Dies unterstreicht, dass die wichtigsten qualitativen Merkmale des Modells sich auf die Daten übertragen lassen.

Die Daten zeigen auch eine positive und signifikante Relation zwischen dem Log der Ölreserven und der Log-Ölförderung. Der Punktschätzung in Tabelle 2 folgend, führt eine Erhöhung der Ölreserven um ein Prozent zu einer Erhöhung der Ölförderung im Bereich von 0,5 Prozent. Dieser erste Benchmark ist robust gegenüber unterschiedlichen Spezifikationen und der Effekt verharrt um die 0,5 Prozent. Da die Regressionen die Variation im Zeitablauf innerhalb der Firmen nutzen, bezieht sich dieser Effekt direkt auf eine erfolgreiche Ölreserve-Exploration/Übernahme durch ein Unternehmen und den daraus resultierenden Auswirkungen auf die Ölförderung. Unter diesen Bedingungen würde ein Rückgang der Entdeckungsrate von Ölreserven zu einem Rückgang der Produktion führen. Der negative Zeit-Trend für Staatsunternehmen bei gegebenen Ölreserven ist vor allem im Zusammenhang mit der Peak-Oil Debatte interessant. Erstens gibt es keine wirkliche Knappheit der Ölreserven für Staatsunternehmen in absoluten

Zahlen, wie Tabelle 1 zeigt. Zweitens gibt es in den Daten eine positive Korrelation zwischen den Ölreserven der staatlichen Unternehmen und des Zeit-Trends. Jedoch zeigen Staatsunternehmen eine rückläufige Ölförderung über die Zeit.

In Spalte 2 und 3 sind Variablen für die Downstream-Beteiligung der einzelnen Firmen enthalten. Die Koeffizienten für Raffineriekapazität, Endproduktabsatz und Ertrag pro Mitarbeiter sind signifikant und positiv. Die Aufnahme von firmenspezifischen Kontrollvariablen erlaubt, für unternehmensspezifische Produktivitätsveränderungen zu kontrollieren. Den Ergebnissen in Spalte 2 folgend reduzieren Staatsunternehmen ihr Output um rund 3 Prozent pro Jahr und die Privatunternehmen produzieren auf einem konstanten Niveau.

Das Regressionsmodell in Spalte 4 enthält separate Effekte für Staats- und Privatfirmen in Bezug auf Ölreserven, jedoch kann ich die Hypothese, dass diese beiden Koeffizienten gleich gross sind, anhand des 10 Prozent Signifikanzniveau nicht ablehnen. Beginnend mit Spalte 5 enthält das Modell nun auch länderspezifische Variablen. Hier zeigt sich eine positive und signifikante Relation zwischen Log BIP in US$ und der Log Ölförderung. Es muss betont werden, dass die Richtung der Kausalität hier nicht sicher bestimmt werden kann, da eine höhere Fördermenge voraussichtlich zu einem höheren BIP führen wird. Dennoch lässt sich mit Hilfe des BIP ein wesentlicher Teil der Fördermengenschwankungen innerhalb der Unternehmen erklären. Ein Grund könnte sein, dass das BIP mit dem technologischen Fortschritt im jeweiligen Land korreliert. Politische Veränderungen scheinen das Förderverhalten der Unternehmen nicht zu beeinflussen. Zwar ist der Koeffizient des PRI-Indezes signifikant, aber Schätzungen zeigen, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen Staats- und Privatfirmen in Bezug auf die Politikvariable gibt. Es besteht auch kein Unterschied zwischen vollständig privatisierten und teilprivatisierten Unternehmen. Angesichts der internationalen Tätigkeit dieser Unternehmen ist es fraglich, ob und wie sich politische Veränderungen in den Heimatländern auf die Privatunternehmen auswirken. Die Gegenprobe mit dem RCPS-Index liefert auch einen insignifikanten Koeffizienten. Es ist eher wahrscheinlich, dass die politischen Kontrollvariablen einen gewissen Anteil des Zeit-Trends erfassen; so wurden einige der Staaten mit staatlicher Ölförderung im Laufe des Beobachtungszeitraums weniger demokratisch. Für Staaten mit privater Ölförderung ergibt sich aus den Daten kein solcher Trend. Aufgrund dieser Erkenntnis werden die politischen Kontrollvariablen in den folgenden Regressionen nicht verwendet.

Das hier vorgestellte Modell wird durch den verwendeten Datensatz auf breiter Basis gestützt. Staatsunternehmen folgen, anders als Privatunternehmen, konditioniert auf die eingefügten Kontrollvariablen, einem mit der Zeit fallenden Fördermengenpfad. Die jährliche Reduzierung ihrer Fördermengen bewegt sich im Bereich von 3-5%. Nach der Hotelling-Regel ist diese fallende Fördermenge auf eine Knappheitsrente zurückzuführen. Da diese Knappheitsrente für das Optimierungsproblem der Privatunternehmen keine Rolle spielt, bleiben deren Fördermengen konstant. Der Abbaupfad der Privatunternehmen folgt folglich keinem Hotelling-Pfad. Aus Verbrauchersicht bedeutet dies, dass von Privatunternehmen gefördertes Erdöl billiger ist. Es ergeben sich aber noch weitere Aspekte, wenn man das Verhalten der OPEC-Unternehmen genauer betrachtet.

6.2 Die OPEC-Staaten

Sämtliche in dem Sample vorkommenden Unternehmen aus OPEC-Staaten befinden sich in Staatsbesitz und bilden somit eine gesonderte Untergruppe innerhalb der Staatsunternehmen[6]. Die Zusammensetzung der OPEC-Staaten verändert sich im Beobachtungszeitraum nicht. In Tabelle 3 wird die Dummy-Variable OPEC eingeführt; ist ein Unternehmen aus einem OPEC-Staat nimmt sie den Wert 1 an, ansonsten den Wert Null. Mit ihrer Hilfe können Unterschiede in den Koeffizienten der Unternehmen innerhalb und außerhalb der OPEC entdeckt werden. Bezüglich des Zeit-Trends bilden die OPEC-Unternehmen nun eine gesonderte Untergruppe. Damit befinden sich in der 'Staatsfirmen'-Gruppe nur noch die Staatsunternehmen aus Nicht-OPEC-Ländern. Maximal beinhaltet das Sample 111 Beobachtungen für die OPEC-Gruppe, 120 für die Gruppe der Staatsunternehmen und 359 für die Gruppe der Privatunternehmen.

Sämtliche Regressionen in Tabelle 3 beinhalten (jeweils logarithmisiert) die Raffineriekapazität, das Endproduktabsatz, das Bruttoinlandsprodukt; sowie Dummy-Variablen für die Firmen und Jahre, die hier aus Platzgründen nicht aufgelistet werden. Die Koeffizienten für diese Variablen sind ähnlich wie für Tabelle 2. Es ergaben sich bei den Tests für diese Variablen keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen OPEC- und Nicht-OPEC-Unternehmen. Spalte 1 enthält die Ergebnisse der Fixed-Effects-Regression mit einem gesonderten Zeit-Trend für die OPEC. Der Zeit-Trend der Gruppe der Staatsunternehmen beträgt nun -0,052, was eine durchschnittliche jährliche Reduzierung der Fördermenge der

[6]Nach der Hereinnahme zusätzlicher Beobachtungen für die Jahre 1988-1998 ist dieser OPEC-Effekt nicht mehr festzustellen. OPEC-Staaten verhalten demnach wie vollkommen staatliche Firmen.

Staatsunternehmen außerhalb der OPEC von etwa 5% bedeutet. Demgegenüber reduziert das durchschnittliche OPEC-Unternehmen seine Fördermenge um jährlich 2%. Der p-Wert des Wald-Test in Tabelle 3 dokumentiert, dass die geschätzten Koeffizienten der OPEC-Unternehmen und der übrigen Staatsunternehmen identisch sind. Die Hypothese, dass die Zeit-Trends für die Gruppen OPEC und Staatsfirmen in Spalte 1 identisch sind, kann bei einem Signifikanzniveau von 1% zurückgewiesen werden. Wenn jedoch in Spalte 2 für die OPEC-Gruppe ein gesonderter Effekt der logarithmierten Ölreserven berücksichtigt wird, werden sowohl die Koeffizienten für den OPEC-Zeit-Trend als auch für die OPEC-Reserven insignifikant. Wie ist das zu erklären?

Die Gruppe der OPEC-Unternehmen unterscheidet sich also offensichtlich von den anderen. Angesichts der Tatsache, dass die OPEC die einzige Gruppe darstellt, deren Erdölreserven im Beobachtungszeitraum angewachsen sind, ist es auffällig, dass sie ihre Fördermenge nicht erhöht hat. Das theoretische Modell liefert aber leider keinen Hinweis darauf, worin genau sich die Unternehmen der OPEC vom Rest unterscheiden.

In der Literatur zum Thema fallen zwei Aspekte besonders auf. Zum einen versucht die OPEC mithilfe ihrer Marktmacht, den Ölpreis zu beeinflussen (Adelman, 2002), zum anderen litten die OPEC-Staaten erheblich darunter, dass sich die reale Kaufkraft ihrer Erdölerträge verringerte (Mazraati, 2005). Um dies zu berücksichtigen, habe ich zusätzlich zu den Dummy-Variablen für die Zeit einen separaten Preiseffekt für die OPEC eingeführt. Dieser Preiseffekt wird mit zwei separaten Variablen erfasst, eine für den Bruttoölpreis in US-Dollar und eine für die reale Kaufkraft (PPP). Der reale Wechselkurs wird im Falle der OPEC-Staaten stark vom abgewerteten US-Dollar beeinflusst, da der Ölpreis - und oft auch die entsprechende Währung - an den US-Dollar gekoppelt ist und die Erdölförderung die Haupteinnahmequelle der OPEC-Staaten ist. Der Bruttoölpreis erfasst alle nicht-normalen Preiseffekte für die OPEC-Staaten. Sollte die OPEC versuchen, den Ölpreis zu beeinflussen, ist eine ausgeprägte Reaktion auf Ölpreisänderungen zu erwarten, wohingegen die Zeit-Dummies den gesamten Preiseffekt abbilden.

Aufgrund der Marktmacht der OPEC lässt sich die zugrundeliegende Kausalität nicht eindeutig erkennen. Spalte 4 in Tabelle 3 legt nahe, dass die Staaten der OPEC tatsächlich versuchen, Einfluss auf ihren realen Ölpreis auszuüben. Eine Abwertung der realen Wechselkurse steht in enger Verbindung zu einer reduzierten Fördermenge. Dies steht im Einklang mit der Literatur. Die Punktschätzungen ergeben

eine Elastizität der realen Wechselkurse von -0,3. Die OPEC-Unternehmen reagieren zudem ausgeprägter auf Bruttoölpreisänderungen, welche die Abwertung des Dollars nicht berücksichtigen.

Die Preiselastizität beträgt 0,3. Dass beide Elastizitäten ungefähr gleich gross sind, ist schlüssig, da der reale Ölpreis von den Wechselkursen und den Bruttopreisen gleichermassen beeinflusst wird. Die Kontrolle auf diese Kontrollvariablen hin ergibt für die OPEC-Gruppe einen negativen Zeit-Trend, somit kann der Wald-Test, dass sich dieser Trend von dem der übrigen Staatsunternehmen unterscheidet, bei einem Signifikanzniveau von 10% nicht zurückgewiesen werden. Bedenkt man den begrenzten Umfang der Daten für die OPEC-Gruppe, könnte man das Modell mit der Erwartung von allzu präzisen Schätzungen leicht überstrapazieren. Daher ist eine wohlbegründete Vermutung die, dass die Rate der OPEC-Gruppe geringer ausfällt als die der Staatsunternehmen von 5,2%. In Spalte 4 wurde der Zeit-Trend der OPEC-Gruppe wieder aus dem Modell genommen, die Unternehmen der OPEC-Gruppe werden wieder zu der Gruppe der Staatsunternehmen hinzugefügt. Die Punktschätzungen ergeben einen Koeffizienten von 0,051 für die Gruppe der staatlichen Unternehmen. Auch hier ist der Zeit-Trend der Privatunternehmen so gering, dass er als ökonomisch unbedeutend angesehen werden kann.

7 Schlussfolgerungen

Erdöl ist eine wesentliche Voraussetzung für weite Bereiche der Weltwirtschaft. Wenn die Nachfrage aus bevölkerungsreichen Schwellenländern wie China und Indien zunimmt und der Ölpreis steigt, stellt sich auch die Frage nach der Angebotsseite. Dieses Papier benennt die Unterscheidung der Erdölindustrie in Staats- und Privatunternehmen als einen entscheidenden Faktor, der das dynamische Verhalten des Erdölangebots bestimmt. Geleitet von einer natürlichen Erweiterung des Hotelling-Modells, welche sowohl private wie auch staatliche Unternehmen berücksichtigt, liefere ich die empirische Evidenz, dass staatliche Unternehmen ihre Fördermenge um jährlich 4% reduzieren. Für private Unternehmen lässt der Datensatz ein solches Verhalten nicht erkennen, was eine gleichbleibende Fördermenge impliziert. In dem verwendeten Modell wird das Verhalten der staatlichen Unternehmen durch die Knappheitsrente erklärt. Für private Unternehmen spielt dies keine Rolle, da sie sich einer potentiellen Enteignung gegenübersehen. Die Kontrolle auf firmen- bzw. länderspezifische Variablen ergibt, dass die Ergebnisse robust sind. Das unterschiedliche Verhalten von staatlichen und privaten Unternehmen führt dazu,

dass mit zunehmender Verstaatlichung der Ölpreis steigt. Die Datenanalyse enthüllt an einigen Stellen, dass der theoretische Rahmen noch erweitert werden muss. Insbesondere reagieren die Unternehmen der OPEC auf eine Ölpreisänderung mit einem von den restlichen Unternehmen gänzlich unterschiedlichen Mengenanpassungs-Verhalten. Dies legt ein monopolistisches Verhalten nahe. Diese im Paper aufgezeigte Dekomposition der Erdölindustrie ist ein plausibler alternativer Erklärungsansatz zu dem in der Presse lancierten Peak-Oil Effekt. In beiden Fällen kommt es zu einer Angebotsverknappung. Allerdings zeigen die Daten, dass vor allem staatliche Firmen ihr Angebot verknappen, obwohl diese ihre Erdölreserven erhöhen konnten. Dies widerspricht den Konsequenzen eines Peak-Oil Effekts.

Literatur

Adelman, M. A. (2002) 'World oil production & prices 1947-2000.' *The Quarterly Review of Economics and Finance* 42(2), 169–191

Chen, K.C., Shaoling Chen, and Lifan Wu (2009) 'Price causal relations between china and the world oil markets.' *Global Finance Journal* 20(2), 107–118

EIA (2009) 'Energy in brief: Who are the major players supplying the world oil market?' Online

Engel, Eduardo, and Ronald Fischer (2008) 'Optimal resource extraction contracts under threat of expropriation.' *NBER Working Paper No. 13742*

Hamilton, James D. (2009a) 'Causes and consequences of the oil shock of 2007-08.' *NBER Working Paper No. 15002*

_ (2009b) 'Understanding crude oil prices.' *The Energy Journal* 30(2), 179–206

Hotelling, Harold (1931) 'The economics of exhaustible resources.' *The Journal of Political Economy* 39(2), 137–175

Johany, Ali D. (1979) 'Opec and the price of oil: cartelization or alteration of property rights.' *Journal of Energy and Development* 5, 72–80

Kilian, Lutz, and Cheolbeom Park (2009) 'The impact of oil price shocks on the u.s. stock market.' *International Economic Review* 50(4), 1267–1287

Kobrin, Stephen J. (1980) 'Foreign enterprise and forced divestment in ldcs.' *International Organization* 34(1), 65–88

Lee, Kiseok, and Shawn Ni (2002) 'On the dynamic effects of oil price shocks: a study using industry level data.' *Journal of Monetary Economics* 49(4), 823–852

Levy, Brian (1982) 'World oil marketing in transition.' *International Organization* 36(1), 113–133

Lo, Bobo (2009) 'Russia's crisis - what it means for regime stability and moscow's relations with the world.' *Centre for European Reform Policy Briefs*

Long, Ngo Van (1975) 'Resource extraction under the uncertainty about possible nationalization.' *Journal of Economic Theory* 10(1), 42–53

Mazraati, Mohammad (2005) 'Real purchasing power of oil revenues for opec member countries: a broad currency basket and dynamic trade pattern approach.' *OPEC Review* 29(3), 153–175

Mead, Walter J. (1979) 'An economic analysis of crude oil: price behavior in the 1970s.' *Journal of Energy and Development* 4, 212–28

Roberts, Simon, ed. (2010) *The Oil Crunch: A wake-up call for the UK economy* (Industry Taskforce on Peak Oil & Energy Security)

Seierstad, Atle, and Knut Sydsaeter (1986) *Optimal Control Theory with Economic Applications (Advanced Textbooks in Economics)* (North Holland)

Stevens, Paul (2008) 'National oil companies and international oil companies in the middle east: Under the shadow of government and the resource nationalism cycle.' *Journal of World Energy Law & Business* 1(1), 5–30

Urban, Michael, Vyacheslav Igrunov, and Sergei Mitrokhin (1997) *The Rebirth of Politics in Russia* (Cambridge University Press)

Weitzman, Martin L. (2003) *Income, Wealth, and the Maximum Principle* (Harvard University Press)

Whitehouse, Mark 'Number of the week: Gasoline prices bite.' Online

Wilpert, Gregory (2003) 'The economics, culture, and politics of oil in venezuela.' Online

Wolf, Christian (2009) 'Does ownership matter? the performance and efficiency of state oil vs. private oil (1987-2006).' *Energy Policy* 37(7), 2642–2652

Wynbrandt, James (2010) *A Brief History of Saudi Arabia,* 2 ed. (Facts on File)

ystein Noreng

Øystein Noreng (1980) *The oil industry and government strategy in the North Sea* (International Research Center for Energy and Economic Development)

A Das Modell

In diesem Abschnitt wird ein einfaches Modell vorgestellt, das die Dekomposition des Erdölmarktes in Staats- und Privatfirmen abbildet. Es basiert auf dem klassischen Hotelling-Modell aus Weitzman (2003). Das Hauptaugenmerk im theoretischen Teil liegt auf qualitativen Aussagen, die in der Datenanalyse verwendet werden können.

Das Modell besteht aus einer Angebots- und Nachfrageseite. Die weltweite Nachfrage wird durch eine isoelastische Nachfragefunktion dargestellt. Aufgrund der stark kointegrierten weltweiten Ölpreise ist diese Annahme realistisch (Chen et al., 2009). Um zusätzliche Vereinfachung zu erreichen, nehme ich an, dass sämtliche Ölreserven im Besitz eines Landes sind (Ölmonopol).

Zum Zeitpunkt Null, unter gegebenen ökonomischen und politischen Vorbedingungen, bietet das Land einer privaten Firma einen formalen Vertrag an. Dieser Vertrag beinhaltet uneingeschränkte Nutzungsrechte an den Ölreserven des Landes, einen Enteignungszeitpunkt und eine Ölsteuer.

Die formelle Enteignung beinhaltet die Übertragung des firmeneigenen Sachkapitals vor Ort auf den Staat. Das heisst, es kommt zu keiner informellen Enteignung, wie z.B. durch sukzessive Steuererhöhungen.

Im Modell ist es dem Land möglich, während der Zeit, in der die private Firma Öl fördert, eigenes Know-how über die Ölförderung aufzubauen. [7]

Dieser Spillover-Effekt wird durch eine Lernfunktion abgebildet, die positiv von der Zeit abhängig ist, die bis zur Enteignung vergeht. (Kobrin, 1980) argumentiert, dass die Fähigkeit zur Verstaatlichung und somit eigener Ölförderung mit der Zeit steigt. Dieses kumulierte Know-how definiert im Gegenzug die maximale Fördergrenze des Landes. Ich nehme weiterhin an, dass die Fähigkeit zur landeseigenen Erdölförderung von den im Land vorherrschenden Institutionen abhängig ist. Im Grunde also bietet das Land einen Vertrag, unter vollkommener Information, über einen Enteignungszeitpunkt und eine Steuerrate an.

Auf der anderen Seite nimmt eine einzelne Firma diesen Vertrag an und investiert in das Sachkapital, welche zur Förderung von Öl notwendig ist, und beginnt mit der Ölförderung. Dabei handelt es sich um eine einmalige Investition und legt daher die Kapazitätsobergrenze der privaten Firma fest. Diese einmalige Investition wird im Folgenden sunk Investition genannt. Dieser Begriff macht deutlich, dass

[7] Für weitere Literatur mit Bezug zu Lernfunktionen in der Ölförderung siehe (Kobrin, 1980; Stevens, 2008; Levy, 1982)

die Investition in das Sachkapital für die Firma verloren und nicht rückgewinnbar ist. Dadurch wird auch vermieden, dass die Firma sämtliche Ölreserven auf einmal abbaut. Diese realistische Annahme wird von der Literatur gestützt, welche zeigt, dass Investitionen in dieser Industrie grosse Vorlaufzeiten benötigen (Hamilton, 2009b). Die Firma ist auch über die Enteignung und die Steuerrate informiert. Nach der Enteignung produziert das Land auf eigene Rechnung Öl.

A.1 Die Firma

Die Weltnachfrage nach Öl ist durch folgende Funktion gegeben

$$P(t) = B\, u(t)^{-1/h},$$

mit $P(t)$ dem Preis zum Zeitpunkt t, B einer positiven Konstanten, $u(t)$ der Ölnachfrage und $h > 1$ der Nachfrageelastizität. Der Subskript L indiziert das Land, welches sämtliche Reserven besitzt. Vor dem Zeitpunkt null findet keine Förderung statt und daher existiert auch keine Ölindustrie im Land. Mit dem Zeitpunkt null beginnt die private Firma (F), einfachheitshalber nur *Firma* genannt, die Ölförderung. Das Ölangebot ist gegeben durch $u(t) = D\, u_L + (1 - D)\, u_F$, wobei D gleich null für den ersten Zeitraum (Firma produziert) ist und eins nach der Enteignung. Weiterhin bezeichnet $X(t)$ die verbleibenden Ölreserven zum Zeitpunkt t:

$$X(t) = X_0 - \int_0^t u(s)\, ds$$

Die Firma hat dann das folgende dynamische Programmierungsproblem zu lösen

$$\begin{aligned} V_F = \max_{u_F, K_F} \int_0^T & B\, u_F(t)^{1-\frac{1}{h}}\, (1-g)\, e^{-rt}\, dt \;-\; K_F\, \phi \\ \text{s.t.} \qquad & 0 \le u_F(t) \le K_F \\ & \dot{X}(t) = -u_F(t) \text{ mit } p(t) \\ & X(t) \ge 0\, \forall\, t \in (0, T) \text{ und } X(0) = X_0 \end{aligned} \tag{2}$$

mit V_F der Wertfunktion, wobei der erste Term auf der rechten Seite den abgezinsten Profit wiedergibt, und r der Zinsrate. g ist die Steuerrate relativ zum aktuellen Ölpreis, die an den Staat abgeführt werden muss. Es gibt keine variablen Kosten und daher gleichen Gewinne den Erlösen nach Steuer. Die

Stückkosten der Investition sind durch ϕ gegeben. K_F ist die einmalige Sachkapitalinvestition, welche die Förderobergrenze der Firma festlegt. Dadurch ist der *Kontrollraum* für die Firma eingeschränkt. Die Bewegungsgleichung der Ölreserven $X(t)$ ist mit dem Schattenpreis $p(t)$ verknüpft, der als Wert einer Einheit Öl im Boden interpretiert werden kann. Der Anfangsbestand der Ölreserven ist $X(0) = X_0$. Zu guter Letzt muss die Bedingung eines nicht negativen Ölbestandes immer erfüllt sein, wobei der Enteignungszeitpunkt durch T symbolisiert ist.

Proposition 1. *Angenommenen $X(T) = X_0 - T\,\tilde{K}_F > 0$ und $g < 1$, mit $\tilde{K}_F$ der Lösung des Problems der Gl.* (2)*, ist es für die Firma optimal immer an der Kapazitätsobergrenze zu fördern $u(t) = \tilde{K}_F\,\forall\, t \in (0, T)$. Weiter impliziert $g < 1$ das $V_F > 0$*

Prop. 1 zeigt, dass die Firma eine konstante Ölmenge fördert, solange die Ölreserven nicht vollständig bis T verbraucht werden können und solange Profite erzielt werden. Falls $g < 1$ nicht gewährleistet ist, wird die Firma nicht im Land aktiv werden.

Beweis. Für den Beweis von Prop. 1 genügt es zu zeigen, dass die Randlösung einer inneren Lösung überlegen ist, unter denselben K_F und T. Die innere Lösung ist durch Lemma 1 gegeben. Für den Beweis definiere ich:

$$\begin{aligned} V_F^C &= \int_0^T B\,(1-g)\,K_F(t)^{1-\frac{1}{h}}\,e^{-rt}\,dt = \frac{B\,(1-g)\,K_F^Y\left(1-e^{-r\,T}\right)}{r} \\ V_F^N &= \int_0^{T_S} B\,(1-g)\,K_F^{1-\frac{1}{h}}\,e^{-rt}\,dt + \int_0^{T-T_S} B\,(1-g)\,K_F^Y\,e^{-h\,r\,t}\,e^{-r\,(t+T_S)}\,dt \\ &= \frac{B\,(1-g)\,K_F^Y\,e^{-r\,T_S}\left(-e^{h\,r\,(T_S-T)} + h\,e^{r\,T_S} - h + 1\right)}{h\,r}, \end{aligned} \tag{3}$$

mit V_F^C der Wertfunktion für einen konstanten Abbau bis T und V_F^N der Wertfunktion der inneren Lösung. Hier gibt T_S den Punkt wieder, an dem es nach der inneren Lösung optimal ist von einem konstanten Abbau K_F auf einen abnehmenden Abbaupfad zu wechseln (Seierstad and Sydsaeter, 1986). Wir benötigen $V_F^C \geq V_F^N\ \forall T_S \in [0, T]$. Durch Schreiben der Gl. (3) als Ungleichung, Substituieren von $T - i$ für T_S und umformen ergibt sich:

$$Y e^{h\,i\,r} - e^{(h-1)\,i\,r} + \frac{1}{h} \geq 0$$

welches für $\forall i \in [0, T]$ zutrifft. Lemma 2 zeigt das $V_F > 0$, unter $g < 1$. □

Zusätzlich löst die Firma das statische Problem der optimalen einmaligen Sachinvestitionen, die die maximale Ölfördermenge festlegen. Durch das Substituieren von K_F für u_F in der Wertfunktion von Gl. (2), zeigt sich das V_F strikt positiv und konkav in K_F ist. Daher gibt es nur ein Maximum, das durch die Bedingung erster Ordnung gegeben ist. Die Lösung zeigt, dass die optimalen Investitionen $\tilde{K}_F$ strikt positiv in T ist. Zur Vereinfachung wird $\tilde{K}_F$ ohne das Argument T verwendet. Dieses Ergebnis zeigt den positiven Zusammenhang zwischen Enteignungszeitpunkt und Investitionen auf. Eine spätere Enteignung hat höhere Investitionen zur Folge. Im Gegenzug verringert eine höhere Steuerrate g die Investitionen. Dieses Argument wird ebenfalls nicht explizit verwendet. Das Ergebnis von Prop. 1 zeigt, dass die Firma keinerlei Knappheitsrente in ihrem Optimierungsproblem berücksichtigt, sondern unter der gegebenen Kapazitätsobergrenze möglichst viel Öl fördert.

Im Fall $X|_{T=\infty} = 0$ wird der Staat überhaupt nicht zur Enteignung schreiten. Dann wird die Firma einem Abbaupfad folgen, der durch die innere Lösung gegeben ist (Seierstad and Sydsaeter, 1986). Dies resultiert aus der Tatsache, dass die Firma in diesem Fall nicht durchgehend unter voller Kapazität fördern kann. Aufgrund der Abzinsrate erfordert die Optimalitätsbedingung dann einen abnehmenden Abbaupfad.

A.2 Der Staat

Zum Zeitpunkt null hat der Staat zwei Optionen mit zwei unterschiedlichen Ergebnissen, wobei die Ergebnisse durch Wertfunktionen $V_L^i,\ i = 1, 2$ gemessen werden können. Gegeben einer Lernfunktion und einer Steuerrate g ist es dem Staat möglich:

$$\begin{aligned} &V_L^1 : \text{eine Konzession an die Firma vergeben und nicht enteignen } (X|_{T=\infty} = 0) \\ &V_L^2 : \text{eine Konzession an die Firma vergeben und enteignen } (X|_{T<\infty} \geq 0). \end{aligned} \tag{4}$$

Um mehr über dieses Problem aussagen zu können, muss eine Lernfunktion definiert werden:

$$K_L = a\,T \text{ mit } K_L \leq K_{max}(P) \leq \tilde{K}_F, \tag{5}$$

mit K_L dem Kapazitätsförderlimit des Staates; a einem Lernmultiplikator; und $K_{max}(P)$ ist die Obergrenze des akkumulierten Know-hows in Abhängigkeit von den in der Gesellschaft vorherrschenden

Institutionen P. Daher bestimmen die Institutionen den maximal möglichen Lernerfolg. Gl. (5) verbindet weiterhin die Kapazitätsgrenze des Staates mit der Dauer der Firmenaktivität und der maximalen Firmenförderkapazität $\tilde{K}_F$. Nunmehr werde ich die Institutionen als gegeben betrachten, $K_{max}(P) = K_{max}$, und mich auf den zweiten Fall, $X(T) > 0$, konzentrieren. Der Staat löst in diesem Fall ein dynamisches Problem und maximiert V_L^2 durch die Wahl eines optimalen Abbaupfades $\tilde{u}_L(t)$ für das Ölresiduum $X(T) = X_0 - \int_0^T \tilde{K}_F > 0$, wählt einen optimalen Enteignungszeitpunkt $\tilde{T}$ und eine optimale Steuerrate $\tilde{g}$.

Mithilfe der Lernfunktion kann das Problem folgendermassen geschrieben werden:

$$\begin{aligned} V_L^2 = \max_{u_L,T,g} \quad & S(T) + \int_T^\infty B\, u_L(t)^{1-\frac{1}{h}}\, e^{-rt}\, dt \\ \text{s.t.} \quad & S(T) = \int_0^T B\, g\, \tilde{K}_F^Y\, e^{-rt} \\ & 0 \leq u_L(t) \leq K_L \\ & \dot{X}(t) = -u_L(t) \text{ mit } p(t) \\ & X(t) \geq 0 \text{ und } X(T) = X_0 - \int_0^T \tilde{K}_F > 0 \\ & K_L = a\,T \text{ mit } K_L \leq K_{max} \leq \tilde{K}_F, \end{aligned} \tag{6}$$

mit $S(T)$ den kumulativen Steuereinkünften. Das Maximumprinzip und die Bedingungen aus Gl. (6) ergeben einen optimalen und möglichen Abbaupfad $\tilde{u}_L$. Durch die Beschränkung des Kontrollraumes kommt es wiederum zu einem Wechselpunkt T_S im optimalen Abbauprogramm. Zuerst wird der Staat auf konstantem Level Öl fördern um schliesslich auf einen Hotelling ähnlichen Pfad einzuschwenken. Die vollständige Lösung des Problems wird erzielt, indem die verbleibenden Bedingungen in Gl. (6) genutzt werden, um für die Unbekannten, dem Wechselpunkt und dem Schattenpreis zum Zeitpunkt T, zu lösen. Durch den optimalen Abbaupfad erhält man die intertemporal maximierte Wertfunktion V_L^2:

$$V_L^2 = S(T) + \frac{B\, e^{-r\,T} (a\,T)^Y \left(h - (h-1)\, e^{\frac{r(\tilde{K}_F\,T - X)}{a\,T} + \frac{1}{h}} \right)}{h\, r} \tag{7}$$

Normalerweise wäre es möglich, die Bedingung erster Ordnung zur Bestimmung des optimalen Enteignungszeitpunkts $\tilde{T}$ zu nutzen. Leider ist dies explizit nicht möglich.

Proposition 2. *Unter den Bedingungen von Lemma 4, existiert ein optimaler $\tilde{T}$ und eine optimale $\tilde{g}$, die Fall zwei von Gl.* (4) *maximieren und für die $V_L^2(\tilde{T}) > 0$ gilt.*

Beweis. Unter Lemma 4 ist die Wertfunktion von Gl. (7) eine stetige Funktion auf einem kompakten und beschränkten Definitionsbereich $T \in [0, \frac{K_{max}}{a}]$. Somit existiert durch den Extremwertsatz mindestens ein $\tilde{T}$, für das die Wertfunktion ihr Maximum erreicht. Nach Lemma 5 ist dieses Maximum strikt grösser als null. Dies gilt generell für jeglichen möglichen Steuersatz. □

Mit einer zusätzlichen Annahme zeigt Lemma 4 auf, ob der Staat überhaupt enteignet.

Corollary 1. *Unter der Annahme $K_{max} \geq \tilde{K}_F \geq \tilde{K}_F|_{T=\infty}\, g^{\frac{1}{Y}}$ wird der Staat enteignen und somit V_L^2 aus Gl.* (4) *wählen. $\tilde{K}_F|_{T=\infty}$ sind die optimalen Investitionen der Firma unter der Prämisse, dass der Staat nicht enteignet (Fall eins) und $\tilde{K}_F$ sind die optimale Investitionen im Fall zwei*

Beweis. Das Korollar ergibt sich aus dem gleichen Argument wie in Lemma 4. Im Fall das $T = \infty$ kommt der Fall V_L^2 zu tragen und der optimale Abbaupfad und damit der optimale Steuerertrag durch die innere Lösung des Firmenproblems gegeben. Dies folgt aus dem Diskontsatz. □

Durch Lemma 3 existiert auch ein optimaler Steuersatz für das Problem in Gl. (6). Die erste Annahme in Lemma 4 garantiert, dass, wenn das maximal mögliche Know-how des Staates erreicht ist, es für den Staat immer besser ist auf eigene Rechnung Öl zu produzieren. Die zweite Annahme stellt sicher, dass der Staat sein maximales Know-how erreicht, bevor die Ölreserven durch die Firma erschöpft sind. Unter diesen Bedingungen kommt es zur Enteignung in endlicher Zeit, die das diskontierte Einkommen des Staates maximiert und Ölförderung unter staatlichem Regime garantiert. Der optimale Zeitpunkt der Enteignung muss eine Abwägung rechtfertigen. Auf der einen Seite erhöht eine spätere Enteignung die Steuereinnahmen, das mögliche Kapazitätslimit des Staates K_{max} und das tatsächliche Kapazitätslimit K_L. Auf der anderen Seite verringern sich die verbleibenden Ölreserven. Der optimale Zeitpunkt der Enteignung gilt für sämtliche Steuersätze und daher auch für den optimalen Steuersatz. Der optimale Steuersatz wird durch folgende Zusammenhänge bestimmt: Der Steuersatz erhöht die Steuereinnahmen in der ersten Stufe (die Firma produziert), aber senkt die mögliche Kapazitätsgrenze des Staates über die Investitionen und den Abbaupfad der privaten Firma. Folglich ist es für den Staat optimal, in der ersten Stufe eine Konzession (Vertrag) an die Firma zu vergeben und dann in einer zweiten Stufe, nach der

Enteignung, Öl auf eigene Faust zu produzieren. Die Optimalitätsbedingung erfordert in dieser zweiten Stufe, dass die staatliche Ölförderung einem Hotelling-Pfad folgt. Dies impliziert eine Ölangebotskontraktion. Eine weitere Implikation ist die Abhängigkeit der maximal möglichen staatlichen Kapazität von Institutionen. Bessere Institutionen würden eine höhere anfängliche Ölproduktion durch den Staat ermöglichen für den Fall, dass $K_L(\tilde{T}) = K_{max}(P)$ bindend ist. Die Institutionen wurden bisher vernachlässigt, da die Daten keinen empirischen Rückschluss auf diesen Zusammenhang zulassen.

Lemma 1. *Nach dem Maximumprinzip (Seierstad and Sydsaeter, 1986) ist die innere Lösung zu dem Problem in Gl.* (2) *folgend gegeben*

$$u_F(t) = e^{-h\,r\,t} \left(\frac{B\,Y\,g}{c_F} \right)^h \text{ mit } Y = \frac{h-1}{h}, \tag{8}$$

mit c_F einer positiven Konstanten.[8] *Weiterhin ist zu sehen, dass $\frac{\partial u_F(t)}{\partial t} < 0$ und $\exists\, t = T_S : u_F(t) = K_F$. Der zweite Zusammenhang ist zwingend, damit K_F optimal ist. Daraus folgt bei der Stetigkeit der inneren Lösung, dass $u_F(t) = K_F\ \forall t \in [0, T_S]$ und weil $u_F(t)$ mit $e^{-h\,r\,t}$ sinkt, ist es möglich $u_F(t) = e^{-h\,r\,(t-T_S)}\,K_F\,\forall t \in [T_S, T]$ zu schreiben. Daher ist der Punkt T_S ein Switching-Punkt.*

Lemma 2. *Die Wertfunktion V_F ist positiv, solange $g < 1$ hält.*

Beweis. Für den Beweis ist es ausreichend, die Lösung $\tilde{K}_F = \left(\frac{B\,g\,Y\,e^{-r\,T}\left(e^{r\,T}-1\right)}{r\,\Phi} \right)^h$ für die sunk Investitionen und die Extraktionsrate in $V_F > 0$ zu substituieren. Dies ergibt

$$B^h\,(1-g)^h\,r^{-h}\,Y^h\,\Phi^{-h}\left(1-e^{-r\,T}\right)^h > 0, \tag{9}$$

was für $g < 1$ hält. □

Lemma 3. *Es existiert eine optimale g, die Gl.* (7) *maximiert.*

Beweis. Der Definitionsbereich von Gl. (7) in Bezug auf g ist beschränkt auf $g \in [0, 1]$, weil ausserhalb dieses Intervalls entweder die Firma oder der Staat nicht teilnehmen werden. Des Weiteren ist die Wertfunktion stetig und differenzierbar nach g, $V_L^2|_{g=0} = V_L^2|_{g=1} = 0$ und es kann gezeigt werden, dass die Ableitung $\frac{\partial}{\partial g} V_L^2|_{g=0} > 0$. Daher, nach dem Extremwerttheorem und Rolle's Theorem, wird das Maximum $\tilde{g}$ im Inneren des Definitionsbereichs erreicht und dieses Maximum existiert und ist grösser null. □

Lemma 4. *Angenommen, dass $K_{max} \geq \tilde{K}_F|_{\inf\{T:\,T=\frac{X_0}{\tilde{K}_F}\}}\,g^{\frac{1}{Y}}$ und $\inf\{T : T = \frac{X_0}{\tilde{K}_F}\} > \frac{K_{max}}{a}$, mit $\tilde{K}_F|_{\inf\{T:\,T=\frac{X_0}{\tilde{K}_F}\}}$ dem Maximalwert den $\tilde{K}_F$ für einen endlichen Enteignungszeitpunkt annehmen kann und $\frac{K_{max}}{a}$ der Zeit bis K_{max} erreicht ist, dann folgt das $\tilde{T} \in [0, \frac{K_{max}}{a}]$ und daher ist der Definitionsbereich von Gl.* (7) *beschränkt auf $T \in [0, \frac{K_{max}}{a}]$.*

[8] Weil der Preis nicht unter null sinken kann, muss diese Konstante positiv sein.

Beweis. Für den Beweis von Lemma 4 ist es ausreichend zu zeigen, dass es für den Fall, dass es nicht optimal war, bis K_{max} erreicht wurde zu enteignen, der Staat zum Zeitpunkt $T = \frac{K_{max}}{a}$ enteignen wird. Dies lässt sich durch den Vergleich der folgenden Integrale zeigen:

$$V_L^2 \geq \overline{V}_L^2 = \int_{\frac{K_{max}}{a}}^{T=\frac{X_0}{\tilde{K}_F}} B\, K_{max}^Y\, e^{-r\,t}\, dt \geq \widehat{V} = \int_{\frac{K_{max}}{a}}^{T=\frac{X_0}{\tilde{K}_F}} B\, g \tilde{K}_F^Y\, e^{-r\,t}\, dt \tag{10}$$

wobei das erste Integral das diskontierte Einkommen, beginnend mit $t = \frac{K_{max}}{a}$ bis zum Enteignungszeitpunkt $T = \frac{X_0}{\tilde{K}_F}$, des Staates aus eigener Ölförderung darstellt. Das zweite Integral ist das reine Steuereinkommen über denselben Zeitraum. Zum Zeitpunkt $T = \frac{X_0}{\tilde{K}_F}$ sind die Ölreserven im Falle $\widehat{V}$ erschöpft. Aufgrund der Annahmen in Lemma 4 und $K_{max} \leq \tilde{K}_F$ ist $\widehat{V}$ für den Staat immer, durch Enteignung in $t = \frac{K_{max}}{a}$, erzielbar. Allerdings verlangt die Optimalitätsbedingung, aufgrund der positiven Diskontrate, einen abnehmenden Abbaupfad und daher $V_L^2 \geq \overline{V}_L^2$. Es ist zu beachten, dass die Ungleichung in Gl. (10) für einen beliebigen Enteignungszeitpunkt $T > \frac{K_{max}}{a}$ hält. Daher ist der Definitionsbereich beschränkt. Lemma 4 zeigt auch, dass durch die Optimalitätsbedingung $X|_{T<\infty} > 0$ hält. □

Lemma 5. *Es existiert ein $\tilde{T}$, für den $V_L^2(\tilde{T}) > 0$ wahr ist.*

Beweis. Es ist ausreichend zu zeigen, dass mindestens ein $\exists\, T : V_L^2(T) > 0$. Das Substituieren von $T = \frac{X_0}{K_F}$ in Gl. (7) gibt:

$$g \geq 0 \;\wedge\; h > e^{\frac{1}{h}}(h-1) \implies V_L^2(\frac{X_0}{K_F}) > 0 \tag{11}$$

was wahr ist, solange wie h nicht gegen unendlich geht. □

Tabelle 2: Firmen- und länderspezifische Kontrolvariablen (Fixed Effects)

	Abhängige Variable: Log Ölförderung						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Log Öl Reserven	0.555	0.526	0.522		0.537	0.505	0.540
	(0.062)	(0.067)	(0.076)		(0.069)	(0.067)	(0.076)
Private Öl Reserven				0.601			
				(0.062)			
Staatliche Öl Reserven				0.468			
				(0.091)			
Zeit-Trend Privatfirma	-0.005	0.010	0.002	0.012	0.013	0.007	0.019
	(0.010)	(0.010)	(0.011)	(0.010)	(0.010)	(0.010)	(0.011)
Zeit-Trend Staatsfirma	-0.047	-0.030	-0.033	-0.027	-0.035	-0.034	-0.030
	(0.010)	(0.010)	(0.013)	(0.011)	(0.011)	(0.011)	(0.013)
Log Raffinerie-Kapazität		0.193	0.250	0.191	0.174	0.181	0.169
		(0.049)	(0.084)	(0.048)	(0.048)	(0.047)	(0.049)
Log Endprodukt-Absatz		0.194	0.196	0.188	0.171	0.150	0.170
		(0.048)	(0.077)	(0.049)	(0.050)	(0.050)	(0.052)
Log Ertrag pro Mitarbeiter			0.077				
			(0.029)				
LOG BIP (US$)					0.146	0.134	0.176
					(0.036)	(0.038)	(0.042)
PRI Index						-0.587	
						(0.262)	
RCPS Index							-0.129
							(0.222)
Beob.	590	502	335	502	495	495	451
adj.-R^2	0.952	0.957	0.963	0.957	0.956	0.957	0.953
F-Statistik	13.206	19.056	17.612	24.164	18.530	18.403	14.400

Anmerkungen: Fixed-effects Regressionen in allen Spalten mit Firmen-Dummies und robusten Standardfehlern clustered auf Firmenlevel. In allen Regression ist ein Staatsfirma-Dummy enthalten, der den Wert eins annimmt, wenn die Firma 100% staatlich ist und ansonsten null. In das Regressionsmodell in Spalte 4, sind getrennte Slopes für staatliche und private Ölreserven eingeführt. Es kann nicht abgelehnt werden, am 10 Prozent Signifikanzniveau, dass die Koeffizienten gleich sind. Das Log BIP ist in aktuellen US-Dollar. PRI ist der politische Rechte Index von Freedom House und RCPS ist der Combined Polity Score aus der Polity IV-Datenbank. Die Demokratie Variablen sind normiert zwischen 0 und 1, wobei 1 vollständig demokratisch ist, zu liegen. Es gibt keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen staatlichen und privaten Unternehmen auf Grundlage dieser Demokratie-Variablen.

Tabelle 3: Die OPEC Staaten (Fixed Effects)

	Abhängige Variable: Log Ölförderung			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Log Öl-Reserven	0.524			0.596
	(0.067)			(0.067)
OPEC Ölreserven		0.012	0.492	
		(0.085)	(0.130)	
Nicht-OPEC Ölreserven		0.600	0.602	
		(0.071)	(0.072)	
Zeit-Trend Privatfirmen	0.013	0.014	0.013	0.013
	(0.010)	(0.010)	(0.010)	(0.010)
Zeit-Trend Staatsfirmen	-0.052	-0.053	-0.052	-0.051
	(0.014)	(0.014)	(0.014)	(0.013)
Zeit-Trend OPEC	-0.021	-0.006	-0.031	
	(0.010)	(0.010)	(0.018)	
OPEC Ölpreis (Brutto)			0.284	0.371
			(0.129)	(0.089)
Nicht-OPEC Ölpreis (Brutto)			-0.010	-0.023
			(0.076)	(0.057)
OPEC PPP			-0.331	-0.340
			(0.068)	(0.057)
Nicht-OPEC PPP			-0.068	-0.070
			(0.042)	(0.042)
Beob.	495	495	491	491
adj.-R^2	0.957	0.960	0.961	0.961
F-Statistik	18.255	23.064	21.889	23.711
p-value(Differenz):				
Nicht-Opec zu OPEC Reserven		0.00	0.48	
Nicht-OPEC zu OPEC Zeit-Trend	0.00	0.00	0.27	

Anmerkungen: Fixed-effects Regressionen in allen Spalten mit Firmen-Dummies und robusten Standardfehlern clustered auf Firmenlevel. In allen Regression ist ein Staatsfirma-Dummy enthalten, der den Wert eins annimmt, wenn die Firma 100% staatlich ist und ansonsten null. Log Raffineriekapazität, Log Endproduktabsatz, Log BIP in US$, und Zeit-Dummies sind in allen Spezifikationen enthalten, aber nicht ausgewiesen. Die Koeffizienten sind von ähnlichem Umfang wie in Tabelle 2. In den Regressionsmodellen der Spalten 1-3, sind die OPEC-Länder als separate Untergruppe mit einem separaten Zeit-Trend versehen. Darüber hinaus gibt es verschiedene Slopes für die Variablen Ölreserven, Ölpreis und PPP (Purchasing Power Parity) über alle Spalten hinweg. p-Wert (Differenz) testet für statistisch signifikante Unterschiede zwischen OPEC-und Nicht-OPEC-Unternehmen auf Basis von Zeit-Trend und Ölreserven.