

# **Substitution von fossilen Kraftstoffen durch Biokraftstoffe**

**Kurzstudie**

**12.07.2010**

**Autoren: Björn Pieprzyk, Norbert Kortlüke**

## **ERA – Energy Research Architecture**

### **Autoren:**

Björn Pieprzyk  
Norbert Kortlüke

ERA Energy Research Architecture

Costa Rica

Fon/Fax: (506) 2296-8807

Fon (M): (506) 8353-2090

[b.pieprzyk@energy-research-architecture.com](mailto:b.pieprzyk@energy-research-architecture.com)

[www.energy-research-architecture.com](http://www.energy-research-architecture.com)

### **Erstellt im Auftrag von:**

Verband der Deutschen  
Biokraftstoffindustrie e.V. (VDB)

## 1. Aufgabenstellung

Die vorliegende Kurzstudie soll die These untersuchen, ob Biokraftstoffe die Produktion marginaler Erdölressourcen ersetzen. Dafür sollen die Faktoren bestimmt werden, die den Substitutionsprozess beeinflussen. Es sollen sowohl kurzfristige als auch mittel- und langfristige Effekte berücksichtigt werden. Der Zeitraum für die Untersuchung der These ist 2007-2030.

## 2. Szenarienvergleich

Die Marginal-Oil-These soll mit Hilfe von zwei Szenarien untersucht werden. Im ersten Szenario nimmt die Produktion unkonventioneller Erdöle stark zu, weil die Produktion konventioneller Erdöle bis 2030 absinkt und den steigenden Bedarf nicht decken kann<sup>1</sup>. Im zweiten Szenario wird der Zuwachs unkonventioneller Erdöle weitgehend durch den Ausbau der Biokraftstoffe ersetzt<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Diese Studie verwendet wie die BGR und Meyer-Renschhausen eine engere Definition und bezeichnet als unkonventionelles Erdöl nur die Vorkommen, die aufwendig aufzubereiten sind, um die Eigenschaften von Rohöl zu erreichen. Nach dieser Definition gehören zu unkonventionellem Erdöl Bitumen oder Rohöl aus Teersand, Schwerstöl und Schwelöl oder Rohöl aus Ölschiefer. Schwerstöl hat eine Dichte von über 1 g/cm<sup>3</sup> (oder weniger als 10° API). Diese Studie bezeichnet außerdem synthetische Kraftstoffe aus Erdgas (GTL) und Kohle (CTL) als unkonventionelle fossile Kraftstoffe. Meyer-Renschhausen 2007, BGR 2009.

<sup>2</sup> Beide Szenarien basieren auf den Berechnungen der Studie „Auswirkungen fossiler Kraftstoffe – Treibhausgasemissionen, Umweltfolgen und sozioökonomische Effekte“ ERA 2009. Das Szenario „Unkonventionelle Kraftstoffe“ entspricht dem Szenario „Wachsende Nachfrage“. Die Entwicklung der konventionellen und unkonventionellen Kraftstoffe im Szenario „Biokraftstoffe ersetzen unkonventionelle fossile Kraftstoffe“ entspricht dem Szenario „Konstante Nachfrage“. Der Gesamtverbrauch ist in beiden Szenarien gleich hoch.

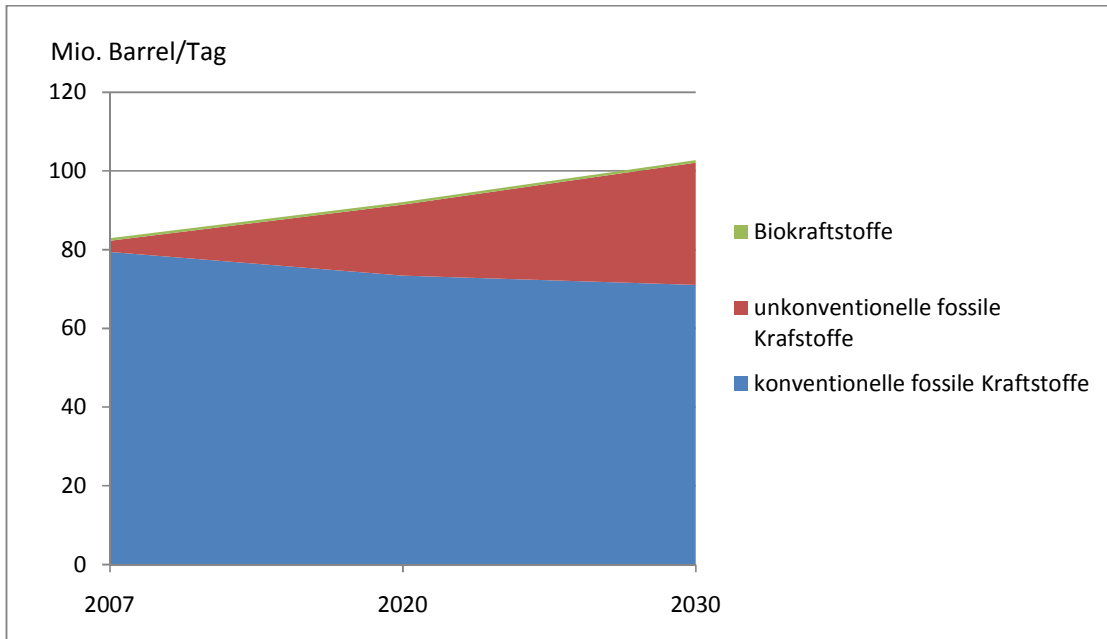


Abbildung 1: Szenario „Unkonventionelle Kraftstoffe“

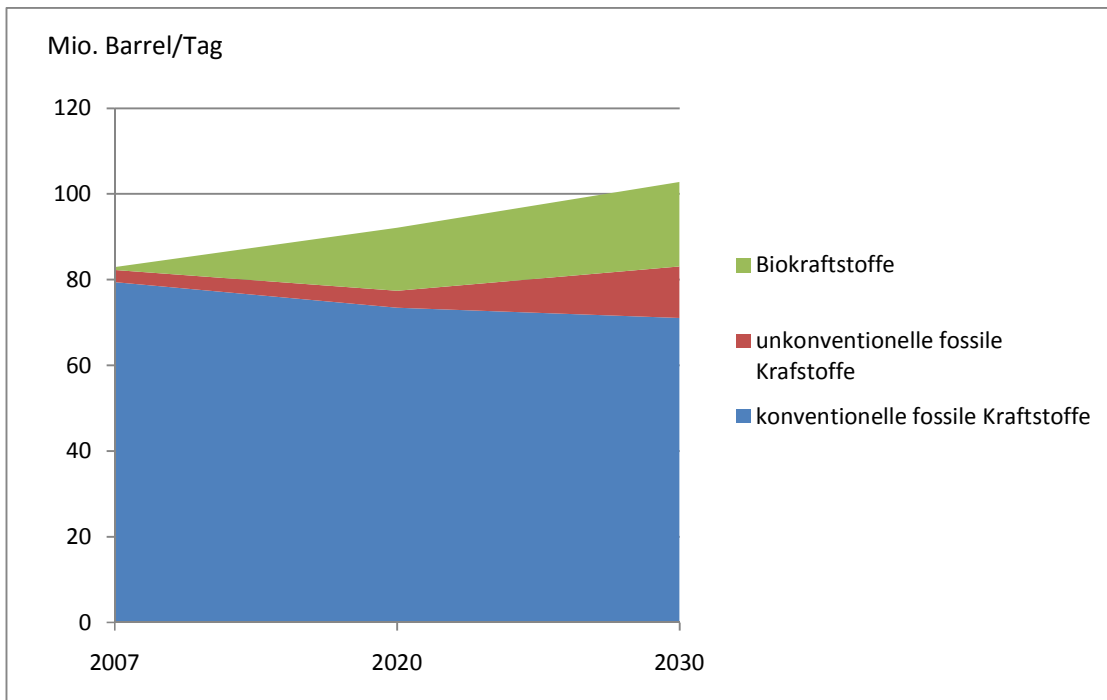


Abbildung 2: Szenario „Biokraftstoffe ersetzen unkonventionelle fossile Kraftstoffe“

### 3. Untersuchung der These

Im Folgenden werden die Faktoren dargestellt, die den Substitutionsprozess von Marginal-Oil durch Biokraftstoffe beeinflussen. Dafür wird zunächst der allgemeine Substitutionsprozess beschrieben. Im Weiteren werden die kurz-, mittel- und langfristigen Faktoren erläutert, die den Prozess beeinflussen. Im letzten Teil der Analyse wird die Frage untersucht, ob Marginal-Oil der fossile Kraftstoff mit den höchsten Emissionen und Umweltbelastungen ist.

Die Untersuchung hat zu folgenden Ergebnissen geführt:

- 1. Biokraftstoffe ersetzen fossile Kraftstoffe**
- 2. Biokraftstoffe ersetzen kurzfristig nicht das teuerste Erdöl**
- 3. Mittel- und langfristig ersetzen Biokraftstoffe das teuerste Erdöl**
- 4. Das teuerste Erdöl ist aber nicht das schmutzigste**
- 5. Das teuerste Erdöl ist nur dann das schmutzigste bei vollkommener Internalisierung externer Kosten**
- 6. Die Berücksichtigung der Treibhausgasemissionen reicht nicht für die Bewertung der indirekten Effekte und der Umweltauswirkungen der Erdölproduktion aus**

#### 1. Biokraftstoffe ersetzen fossile Kraftstoffe

Vereinfachte Beschreibung des Substitutionsprozesses: Die Produktion von Biokraftstoffen erhöht das weltweite Kraftstoffangebot. Dadurch sinkt der weltweite Erdölpreis. Da die Nachfrageelastizität von Erdöl sehr gering ist, führen das höhere Angebot und der geringere Preis nur zu einer geringfügigen Steigerung der Nachfrage. Stattdessen werden die Erdölfördermengen gekürzt und an die Nachfrage angepasst. Der Erdölpreis erreicht dadurch wieder das Ausgangsniveau.

Die Nachfrageelastizität von Erdöl ist in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich gesunken, da sich die Nachfragestruktur verändert hat<sup>3</sup>. Nach dem Preisanstieg von 1973 wurden zunächst die „low hanging fruits“ geerntet, d.h. die leichtesten Verbrauchsreduzierungen umgesetzt. Das ist vor allem die Substitution von Erdöl im Wärmesektor. Daher ist der Heizölverbrauch in den OECD-Ländern seit 1973 stark gesunken. Im Verkehrssektor gibt es dagegen nur wenige Substitutionsmöglichkeiten. Trotz Effizienzmaßnahmen im Fahrzeugbau ist daher der Kraftstoffverbrauch wegen Verkehrsanstieg und Gewichtszunahme der Fahrzeuge gestiegen. Die Nachfrageelastizität ist außerdem durch die wachsende Nachfrage im Verkehrssektor der Nicht-OECD-Länder gesunken.

Die Nachfrageelastizität des Erdölverbrauchs wird außerdem durch die starke Subventionierung der Kraftstoffpreise in vielen erdölproduzierenden Staaten und

---

<sup>3</sup> Dargay J. M. and Gately D. 2010.

weiteren Entwicklungs- und Schwellenländern beschränkt<sup>4</sup>. Der Kraftstoffverbrauch in diesen Ländern ist daher komplett von der internationalen Preisentwicklung abgekoppelt.

## **2. Biokraftstoffe ersetzen kurzfristig nicht das teuerste Erdöl**

- a. Stattdessen würde ein höheres Biokraftstoffangebot zu Produktionskürzungen der OPEC-Länder führen
- b. Die teuersten Erdöle (wie z.B. Teersande oder Tiefseeöl) werden so lange weiter produziert, wie der Verkaufspreis über den Betriebskosten liegt

Der durch die Weltwirtschaftskrise ausgelöste Erdölpreisverfall im 3. Quartal 2008 hat gezeigt, dass bei niedrigen Erdölpreisen kurzfristig nicht die Produktion der teuersten Erdölsorten reduziert wird. So hat die OPEC im September 2008 die Quoten um über 3 Mio. Barrel/Tag gekürzt, die Nicht-OPEC-Produktion ist aber auf gleich hohem Niveau verblieben<sup>5</sup>. Damit ist die Produktion der teuersten Erdölsorten, wie Teersand und Tiefseeöl, die vor allem in Nicht-OPEC-Ländern stattfindet, nicht zurückgegangen. Eine Zunahme des Biokraftstoffangebots würde ebenfalls zunächst zu einer Kürzung der OPEC-Quoten führen, um ein Absinken des Erdölpreises zu verhindern.

- c. Staatliche Erdölfirmen (NOCs) sichern sich zunehmend vor allem riskante und marginale Ölvorkommen
- d. Erdöllieferungen unterliegen zunehmend Kreditverträgen, wie z.B. die Lieferungen von 0,5 Mio. Barrel/Tag von Venezuela an China (Equity Oil)<sup>6</sup>.

Staatliche Erdölfirmen (NOCs) insbesondere aus China und Indien sichern sich zunehmend Erdölressourcen<sup>7</sup>. NOCs brauchen sich nicht auf den Finanzmärkten refinanzieren und nutzen stattdessen den Staat als Geldgeber. Das reduziert das Investitionsrisiko der NOC, die vor allem riskante Ölvorkommen adressieren. Diese Investitionen sind Teil einer Strategie der aufstrebenden Schwellenländer China, Indien und Brasilien, sich weltweit in Entwicklungsländern Rohstoffe zu sichern.

Die Substitution des teuersten Erdöls durch Biokraftstoffe wird auch durch nationale Energieversorgungsziele mit heimischen Rohstoffen eingeschränkt. Jordanien und Marokko haben ein großes Interesse an der Ausbeutung ihrer Ölschiefervorkommen, um sich unabhängiger von Erdölimporten zu machen<sup>8</sup>. Jordanien hat bereits Verträge mit Shell und der estnischen Firma Eesti Energia abgeschlossen, um in den nächsten Jahren mit dem Ölschieferabbau für den Eigenverbrauch zu beginnen<sup>9</sup>.

---

<sup>4</sup> Global Subsidies Initiative 2009.

<sup>5</sup> Energy Comment 2010. Barclays Capital 2010

<sup>6</sup> Petroleum Economist 2010a.

<sup>7</sup> Goldthau, A. and Witte, J. M. 2008

<sup>8</sup> Sladek, T. 2010.

<sup>9</sup> Hafidh, H. 2010.

Die zunehmende Verstaatlichung kann aber auch Investitionen in die Steigerung der konventionellen Erdölproduktion erschweren, wenn Einnahmen der Erdölexporte für die Subventionierung des nationalen Kraftstoffsverbrauchs oder weitere staatliche Ausgaben, wie z.B. die Sozialprogramme in Venezuela, genutzt werden und so den Investitionsprogrammen der NOC's entzogen werden<sup>10</sup>.

Da über 80 % der konventionellen Erdölreserven von NOCs kontrolliert werden, kann deren Abbau damit erschwert werden<sup>11</sup>. Es erhöht sich der Druck auf IOCs (Independent Oil Company's) verstärkt in Projekte mit marginalen Erdölvorkommen (Teersande, Tiefseeöl, Arktisöl) zu investieren. In einem funktionierenden Markt würden dagegen erst die leicht erschließbaren Reserven ausgebeutet werden, bevor der Abbau der schwierigsten Erdölarten beginnt.

### **3. Mittel- und langfristig ersetzen Biokraftstoffe das teuerste Erdöl**

- a. OPEC-Förderkürzungen sind nur zeitlich und mengenmäßig begrenzt möglich

Bereits heute werden die OPEC-Förderkürzungen nur etwa zur Hälfte eingehalten<sup>12</sup>. In der Zukunft werden die Entscheidungen der OPEC weiter an Bedeutung verlieren. Bilaterale Verträge zwischen OPEC-Ländern und nationaler Erdölfirmen NOCs werden zunehmen und Produktionskürzungen der OPEC erschweren, da die vereinbarten Erdöllieferungen eingehalten werden müssen<sup>13</sup>. Die Einzelinteressen der OPEC-Mitglieder verhindern langfristige Produktionskürzungen, da die OPEC-Staaten auf die Einnahmen der Erdölexporte angewiesen sind. Die OPEC-Mitglieder müssen außerdem ihre Produktion steigern, um den starken heimischen Erdölverbrauchsanstieg aufzufangen.

- b. Biokraftstoffziele verhindern bereits zukünftige Investitionen in sehr teure Erdöltechnologien internationaler Erdölfirmen (IOCs).
- c. Zukünftig werden Biokraftstoffziele auch Investitionen in sehr teure Erdöltechnologien nationaler Erdölfirmen (NOCs) verhindern.

Durch die Biokraftstoffziele sinken die Absatzchancen für die zukünftige Erdölproduktion. Die Biokraftstoffziele gefährden daher besonders die Renditechancen für sehr teure und risikoreiche marginale Vorkommen. Internationale Erdölfirmen (ICOs) werden daher weniger in diese Technologien investieren, da sie renditegesteuert agieren, straffen Bilanzierungsregeln unterliegen und sich am Finanzmarkt refinanzieren müssen. Aber auch die Renditeorientierung von Nachfrage-NOCs nimmt bereits zu, wie z.B. bei PetroChina, das bereits jetzt signifikante Teile seines Erdöls auf dem Weltmarkt verkauft und nicht an diesem vorbei in den

---

<sup>10</sup> Deutsche Bank 2009.

<sup>11</sup> Deutsche Bank 2009, Goldthau, A. and Witte, J. M. 2008

<sup>12</sup> Energy Comment 2010

<sup>13</sup> Goldthau, A. and Witte, J. M. 2008.

Heimatmarkt liefert<sup>14</sup>. Wenn mit Biokraftstoffen eine Alternative zum Marginal Oil geschaffen wird, werden NOCs auch in die Biokraftstoffmärkte einsteigen. In anderen Sektoren der Erneuerbaren Energien findet diese Entwicklung bereits statt. China hat sich z.B. innerhalb weniger Jahre zum größten Windenergiemarkt entwickelt<sup>15</sup>. Die nationalen Interessen zur Nutzung unkonventioneller Erdölvorkommen für den Eigenverbrauch können nur durch starke Preissignale durch große internationale Biokraftstoffmengen geschwächt werden. Außerdem muss die heimische Förderung von Erdölalternativen gestärkt werden.

#### **4. Das teuerste Erdöl ist aber nicht das schmutzigste**

- a. Kostenentwicklung- und Kohlenstoffintensität der fossilen Kraftstoffe laufen nicht parallel, sondern sind von vielen Faktoren abhängig (wie z.B. den Energieinputkosten, den Konversionskosten und der technologischen Entwicklung). Das kann z.B. dazu führen, dass ein kohlenstoffärmeres Verfahren (wie z.B. EOR (Enhanced Oil Recovery) mit Erdgasinjektion zur Steigerung der Erdölausbeute) wesentlich teurer ist als die Kohleverflüssigung mit minderwertiger Braunkohle<sup>16</sup>.
- b. Biokraftstoffe können aber auch sehr teure Maßnahmen der Erdölproduktion zur Minderung der Treibhausgas-Emissionen, wie z.B. den verstärkten Einsatz von Erneuerbaren Energien zur Versorgung der Produktions- und Raffinerieanlagen verhindern.
- c. Externe Kosten der Erdölförderung werden nur zu einem geringen Anteil internalisiert. Die wenigen Regelungen, die es gibt (z.B. Ökosteuer, geplante Flottengrenzwert der Europäischen Union), beziehen die Vorketten der Erdölförderung nicht mit ein, damit werden alle Verfahren unabhängig von den Kohlenstoffemissionen der Vorketten gleich behandelt.

Der Vergleich der Treibhausgasbilanzen verschiedener fossiler Kraftstoffe mit den Produktionskosten zeigt, dass es keine direkte Korrelation zwischen der Höhe der Treibhausgasemissionen und den Produktionskosten gibt<sup>17</sup>. Zu den teuersten unkonventionellen Kraftstoffen gehören zwar Kraftstoffe aus Kohle und Ölschiefer, die auch über die höchsten Emissionen verfügen. Die maximalen Produktionskosten von GtL (Gas-to-Liquid), dem unkonventionellen Kraftstoff mit der besten Klimabilanz, liegen aber in der gleichen Größenordnung. GtL aus Synthesegas der Untertage - Vergasung hat dagegen fast die höchsten Emissionen, ist aber der unkonventionelle Kraftstoff mit den geringsten Produktionskosten. Durch die hohen Energieinputkosten der Teersandproduktion werden z.B. Verfahren entwickelt, die höhere Treibhausgasemissionen aufweisen, wie z.B. die In-Situ-Verbrennung des Teersandes oder die Petrokoksnutzung zur Prozesswärmeerzeugung.

---

<sup>14</sup> Goldthau, A. and Witte, J. M. 2008.

<sup>15</sup> WWEA 2010.

<sup>16</sup> IEA 2008. Bartis et al. 2008.

<sup>17</sup> ERA 2009.



## **5. Das teuerste Erdöl ist nur dann das schmutzigste bei vollkommener Internalisierung externer Kosten**

Die Internalisierung externer Kosten ist von internationalen und nationalen Entscheidungsprozessen abhängig. Viele Aspekte beeinflussen diese Prozesse: Gesellschaftliche Wahrnehmung von Risiken und sichtbaren Umweltfolgen, Energieversorgungsinteressen, geopolitische Interessen, regionale Konflikte, kaum vorhandene internationale Regularien, nationale Regularien die mit der technischen Entwicklung nicht Schritt halten, nationale Regularien die unterlaufen oder z.B. durch Korruption außer Kraft gesetzt werden, Prioritätensetzung der umwelt-, wirtschafts- und sozialpolitischen Ziele.

Beispiele:

- Verschärfung der Umweltauflagen erhöht die Kosten für Tiefseebohrungen<sup>18</sup>. Damit wird Tiefseeöl teurer als Teersand oder Schwerstöl und wird dann zuerst durch die zunehmende Biokraftstoffproduktion ersetzt.
- Weltweite Abhängigkeit von Teersanden und Schwerstöl verhindert strengere Klimaschutzauflagen. Die USA hat z.B. den Import kanadischen Erdöls in den letzten 9 Jahren auf 2 Mio. Barrel/a verdoppelt<sup>19</sup>. Der Großteil des Zuwachses ist Erdöl aus Teersand.

## **6. Die Berücksichtigung der Treibhausgasemissionen reicht nicht für die Bewertung der indirekten Effekte und der Umweltauswirkungen der Erdölproduktion aus**

Die Erdölkatastrophe im Golf von Mexiko zeigt, dass die heutige Bewertungsmethodik für indirekte Effekte viele Lücken aufweist. Die Berücksichtigung der Treibhausgasemissionen ist nicht ausreichend für die Bewertung der Umweltauswirkungen der Erdölproduktion. Es muss daher untersucht werden, wie die Umweltauswirkungen von Katastrophen, wie im Golf von Mexiko und im Niger-Delta, angemessen bewertet werden können. Daher werden weitere Indikatoren, wie z.B. Aquatische Toxizität, benötigt.

## **4. Schlussfolgerungen**

Die Untersuchung zeigt, dass die Substitution von fossilen Kraftstoffen durch Erdöl von vielen Faktoren abhängt. Es ist aber zu erwarten, dass Biokraftstoffe mittel- und langfristig zunehmend die marginale Erdölförderung ersetzen werden. Ob damit auch die fossilen Kraftstoffe mit den höchsten Treibhausgasemissionen und Umweltschäden vermieden werden, hängt aber vor allem von der Internalisierung externer Kosten und damit von politischen Prozessen ab. Daher kann der größte

---

<sup>18</sup> Petroleum Economist 2010b,c.

<sup>19</sup> Petroleum Economist 2010d.

Umweltnutzen durch Biokraftstoffe nur zusammen mit internationalen Klima- und Umweltschutzziele erreicht werden. Das gilt aber auch umgekehrt: internationale Klima- und Umweltschutzpolitik kann nur verwirklicht werden, wenn Alternativen für die konventionelle und unkonventionelle Erdölressourcen geschaffen werden. Dafür müssen zum einen ehrgeizige Effizienzmaßnahmen umgesetzt und die Entwicklung der Elektromobilität intensiviert werden. Diese Maßnahmen können den Anstieg des Kraftstoffverbrauchs aber nur mindern, aber nicht aufhalten, da der weltweite Mobilitätsbedarf stetig steigt. 2013 werden bereits mehr als eine Milliarde Fahrzeuge weltweit erwartet. Der massive Ausbau der Biokraftstoffe ist daher notwendig, um unkonventionelle Erdöle zu verhindern und das Erreichen der Klimaschutzziele zu ermöglichen.

## 5. Quellenhinweise

Barclays Capital 2010: Oil Sketches - The Oil Crunch.

[http://www.odac-info.org/sites/default/files/OIL\\_SKETCHES\\_CRUNCH\\_102535992.pdf](http://www.odac-info.org/sites/default/files/OIL_SKETCHES_CRUNCH_102535992.pdf)

Bartis, J. T., Camm, F. und Ortiz, D. S. 2008: Producing Liquid Fuels from Coal. Prospects and Policy Issues. United States Air Force und National Energy Technology Laboratory of the United States Department of Energy.

[www.rand.org/pubs/monographs/2008/RAND\\_MG754.pdf](http://www.rand.org/pubs/monographs/2008/RAND_MG754.pdf)

BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) 2009: Energierohstoffe 2009. Reserven, Ressourcen, Verfügbarkeit. Erdöl, Erdgas, Kohle, Kernbrennstoffe, Geothermische Energie.

[http://www.bgr.bund.de/nn\\_322848/DE/Themen/Energie/Produkte/energierohstoffe\\_\\_2009.html?\\_\\_nnn=true](http://www.bgr.bund.de/nn_322848/DE/Themen/Energie/Produkte/energierohstoffe__2009.html?__nnn=true)

Dargay J. M. and Gatley D. 2010: World oil demand's shift toward faster growing and less price-responsive products and regions.

[www.econ.nyu.edu/user/nyarkoy/OilDemand\\_DargayGately\\_Feb2010.pdf](http://www.econ.nyu.edu/user/nyarkoy/OilDemand_DargayGately_Feb2010.pdf)

Deutsche Bank 2009: The Peak Oil Market Price dynamics at the end of the oil age.

Energy Comment 2010: Global Oil Briefing. No.34 14 March 2010.

[www.energycomment.de/wp-content/uploads/2010/05/GOB34-english2.pdf](http://www.energycomment.de/wp-content/uploads/2010/05/GOB34-english2.pdf)

ERA 2009: The impact of fossil fuels. Greenhouse gas emissions, environmental consequences and socio-economic effects. [www.energy-research-architecture.com](http://www.energy-research-architecture.com)

Global Subsidies Initiative 2009: The Politics of Fossil-Fuel Subsidies.

[www.globalsubsidies.org/files/assets/politics\\_ffs.pdf](http://www.globalsubsidies.org/files/assets/politics_ffs.pdf)

Goldthau, A. and Witte, J. M. 2008: Global Energy Governance. In: Internationale Politik. April 2008. [www.internationalepolitik.de/ip/archiv/jahrgang-2008/april/global-energy-governance.html](http://www.internationalepolitik.de/ip/archiv/jahrgang-2008/april/global-energy-governance.html)

Hafidh, H. 2010: Eesti Energia Clinches Oil-Shale Deal With Jordan. In Wall Street Journal. MAY 11, 2010. <http://online.wsj.com/article/BT-CO-20100511-715895.html>

IEA (International Energy Agency) 2008: World Energy Outlook 2008.

Meyer-Renschausen, M. 2007: Ölsandgewinnung und –verarbeitung. Technologie – Ökonomie – Umweltaspekte. Marburg 2007.

Petroleum Economist 2010a: Venezuela: China secures long-term oil supply, Chávez secures finance. May 2010.

Petroleum Economist 2010b: Deepwater Horizon: sharing the pain. June 2010.

Petroleum Economist 2010c. Gulf oil spill will force industry consolidation. June 2010.

Petroleum Economist 2010d: Alberta's oil in demand. June 2010.

Sladek, T. 2010: An International Oil Shale Council for Egypt, Jordan, Morocco, Turkey, and Syria Concept Summary. [www.medemip.eu/Calc/FM/MED-EMIP/OtherDownloads/Docs\\_Related\\_to\\_the\\_Region/201002\\_Oil\\_Shale\\_Conference-Sharm\\_El\\_Sheikh/IOSC\\_Report\\_Summary-Jan2010.pdf](http://www.medemip.eu/Calc/FM/MED-EMIP/OtherDownloads/Docs_Related_to_the_Region/201002_Oil_Shale_Conference-Sharm_El_Sheikh/IOSC_Report_Summary-Jan2010.pdf)

WWEA (World Wind Energy Association) 2010: World Wind Energy Report 2009. [http://www.wwindea.org/home/images/stories/worldwindenergyreport2009\\_s.pdf](http://www.wwindea.org/home/images/stories/worldwindenergyreport2009_s.pdf)