

... ist der **weltweit wichtigste Energieträger** und wird vor allem im Bereich der **Mobilität**, zum **Heizen**

und für die

**Petrochemie**

verwendet. Insbesondere dort ist es nur schwer ersetzbar. Der Verbrauch an Erdöl ist so hoch, dass die

**Menschheit im Moment jährlich so viel Erdöl und Erdgas verbrennt wie die Natur in etwa einer Million Jahren gebildet hat [1]**

. Im Folgenden soll näher auf die Entstehung, Verwendung, Förderung sowie auf die Vorräte von

**(konventionellem) Erdöl**

eingegangen werden, inklusive einer Betrachtung der damit verbundenen Auswirkungen auf die Umwelt. Im unteren Abschnitt werden die verschiedenen

**unkonventionellen**

Ölvorkommen, wie Ölsande und Ölschiefer, näher beleuchtet. Abschließend soll eine Pro- und Contra-Tabelle die wichtigsten Vor- und Nachteile der Erdölnutzung zusammenfassen.

## Die Entstehung von Erdöl und Erdgas:

Der gebräuchlichen Theorie zufolge hat sich das Erdöl vor mehreren hunderttausend bis Millionen Jahren aus abgestorbenen Meeresorganismen gebildet, die sich auf dem Meeresgrund abgelagert haben. Die sauerstoffarmen Bedingungen am Meeresgrund verhindern die aerobe Zersetzung der Organismen, so dass sich Faulschlamm bildet, der im Laufe der Zeit von immer mächtigeren Sedimentschichten bedeckt wird und so immer höheren Drücken und Temperaturen ausgesetzt ist. Diese Bedingungen fördern die Aufspaltung der langkettigen Kohlenwasserstoffe der Biomasse in kurzkettige, flüssige beziehungsweise gasförmige Kohlenwasserstoffe, die sogenannten Kerogene. Diese migrieren schließlich durch das poröse Gestein in sogenannte Fallen, wo unter den richtigen Druck- und Temperaturbedingungen Erdöl und Erdgas entsteht. In dieser Art von Lagerstätte bildet das Erdgas meist eine Gaskappe über dem Öl. Nach bisherigem Kenntnisstand wird Erdöl nur bis in 4000m Gesteinstiefe gebildet, in tieferen Schichten sind nur noch Erdgasvorkommen vorhanden [2]. Optimale Bedingungen für Erdöl- und Erdgasvorkommen sind vor allem an den Schelfrändern der Kontinente, an Grabenbrüchen und in unterirdischen Salzstöcken zu finden. Sedimentgesteine, die hohe Anteile an Erdöl enthalten, werden als Erdölmuttergestein bezeichnet, wie zum Beispiel der Ölschiefer oder Ölsande.

Neben dieser gängigen, biotischen Entstehungstheorie wird auch manchmal die abiotische

Entstehungstheorie als mögliche Erklärung der Erdölentstehung angeführt. Sie schließt den Ursprung des Erdöls- und -gas aus der Ablagerung fossiler Flora und Fauna als Ursache aus und begründet die Entstehung durch rein chemische Reaktionen zwischen Kohlenstoffdioxid und Sauerstoff aus dem Erdinneren heraus [3].

## Verwendung

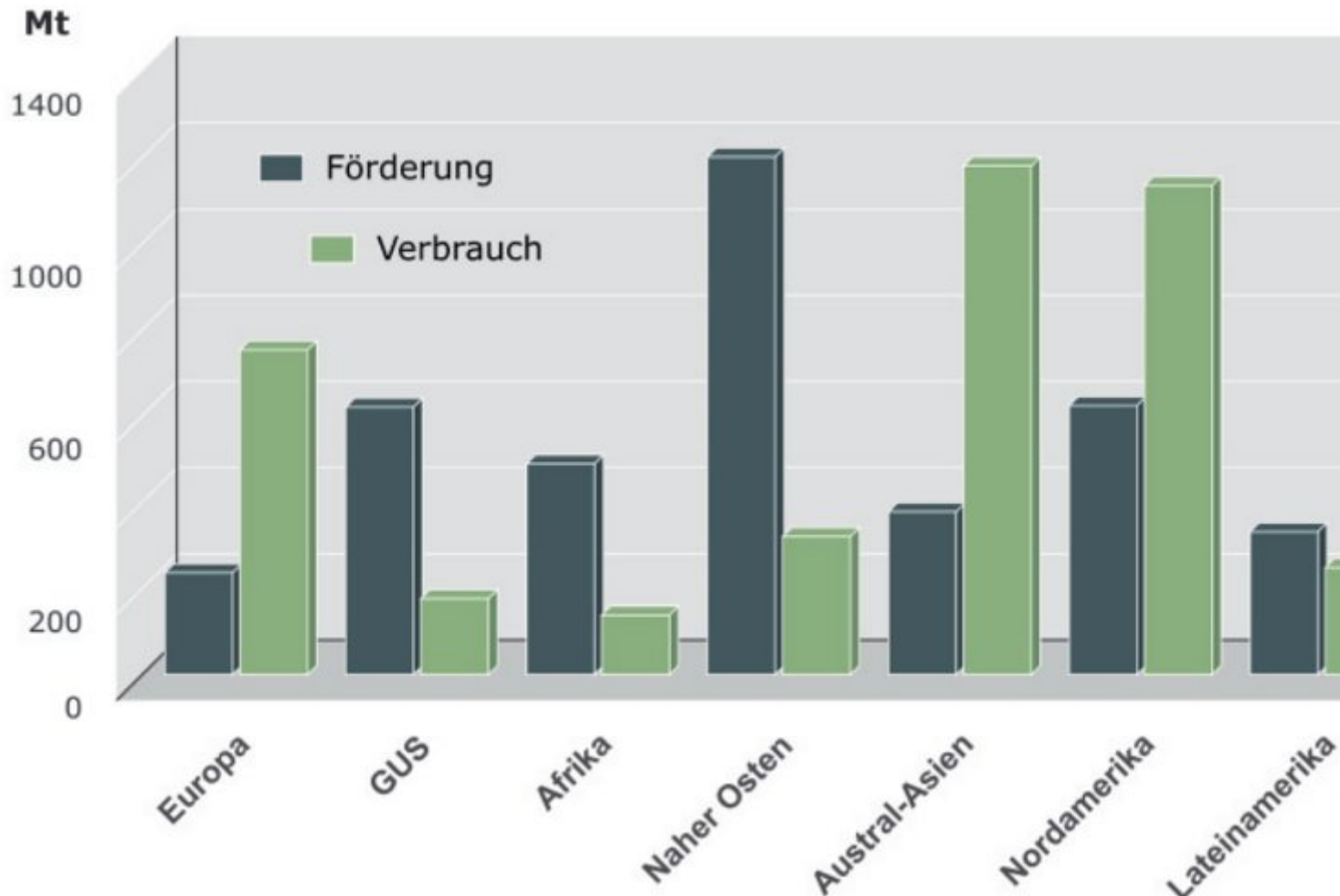
Erdöl ist schon seit der Antike bekannt. Es ist ein dünn- bis zähflüssiges Gemisch, zusammengesetzt aus verschiedenen Kohlenwasserstoffen. Die industrielle Förderung begann vor circa 150 Jahren und wurde mit der Erfindung des Verbrennungsmotors der wichtigste Energielieferant der Industrienationen. Heute sichert Erdöl unsere **Mobilität** in Form von Kerosin für den Flugverkehr, Diesel und Benzin für Fahrzeuge und Schiffsdiesel für den Schiffsverkehr. Zudem wird es häufig zum

### **Heizen**

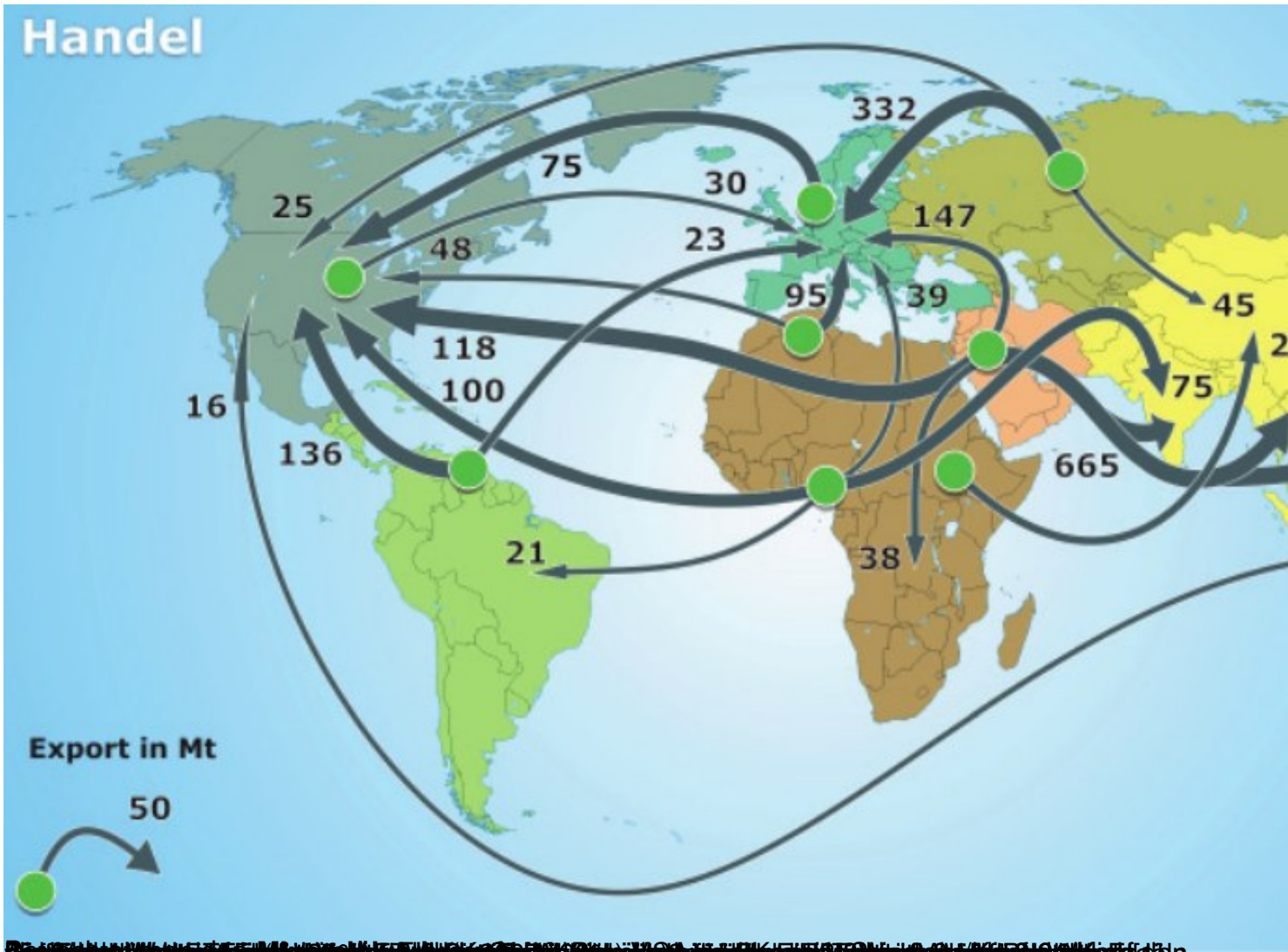
und

### **in der chemischen Industrie**

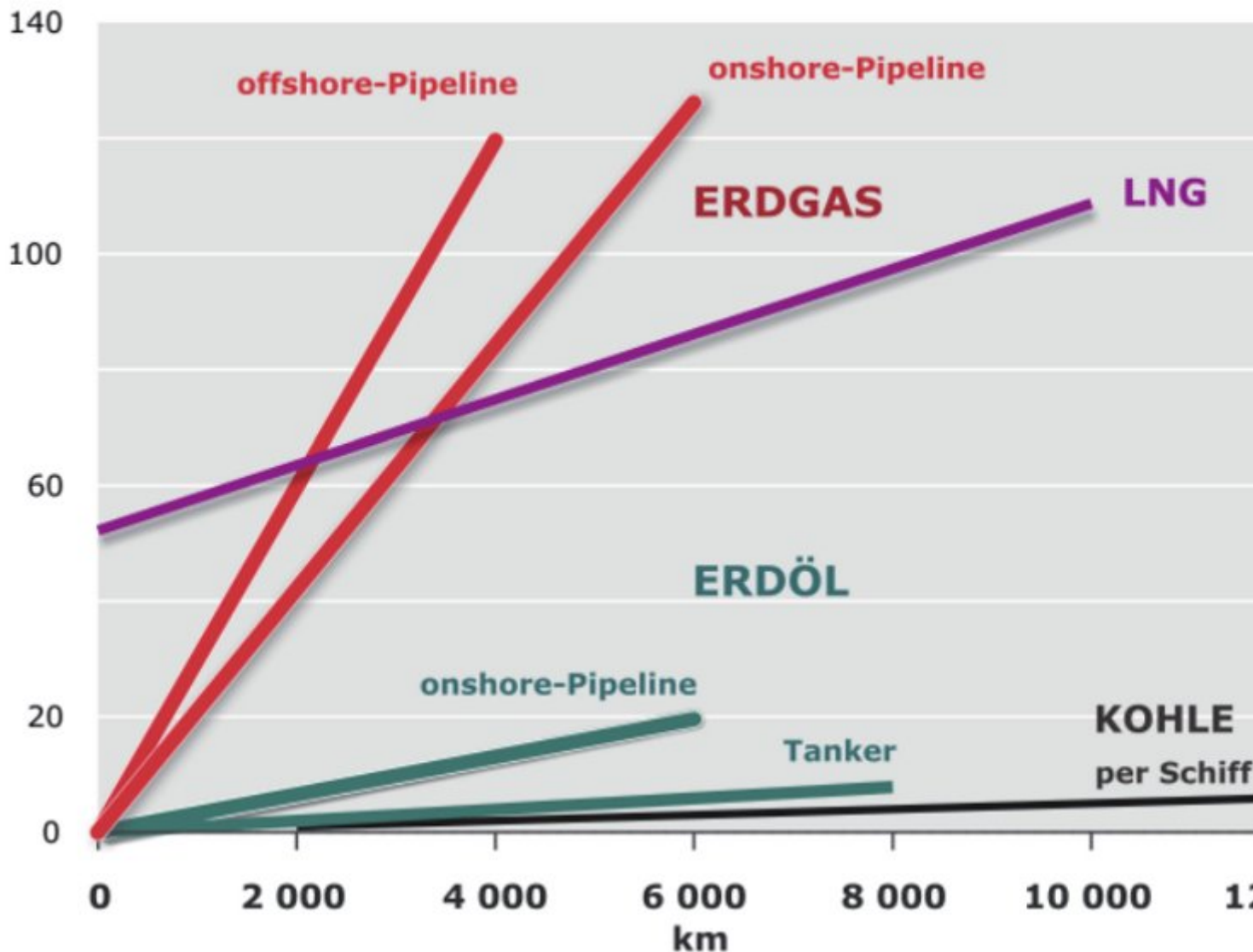
verwendet. Es sichert uns somit Wachstum und Wohlstand, führt jedoch vor allem wegen der ungleichen globalen Verteilung zu Konflikten und sogar Kriegen. Der Ölpreis stellt heute einen Schlüsselfaktor für die Weltwirtschaft dar da unsere hochtechnisierte Welt sehr stark von diesem Energierohstoff abhängt.



Quelle: BP Energy Outlook 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050



USD/toe



### Erdölförderung:

Die globale Erdölförderung betrug 2007 circa 3,88 Gt [1]. Weltweit wurden seit Beginn der industriellen Erdölförderung insgesamt 151 Gt Erdöl gewonnen, die Hälfte davon allein innerhalb der letzten 20 Jahre [1]. Somit ist die bisher geförderte Menge schon heute in etwa gleich den noch verbleibenden Reserven. Berücksichtigt man die Erdölressourcen sind über 38 % des Gesamtpotenzials an konventionellem Erdöl bereits verbraucht [1].

Die wichtigsten **Förderregionen** sind der Nahe Osten, Nordamerika und die GUS. Rückgänge in der Erdölförderung sind vor allem in Europa zu verzeichnen. Die geographische Verteilung der Erdölförderung ist wesentlich ausgeglichener als die der Reserven, was ein wachsendes Konfliktpotential birgt. Der Anteil der Förderung aus Offshore-Erdölfeldern, d.h. von

Ölplattformen in Gewässern, betrug 2007 knapp 37 % und wurde vor allem aus der Nordsee und dem Golf von Mexiko bereitgestellt [1].

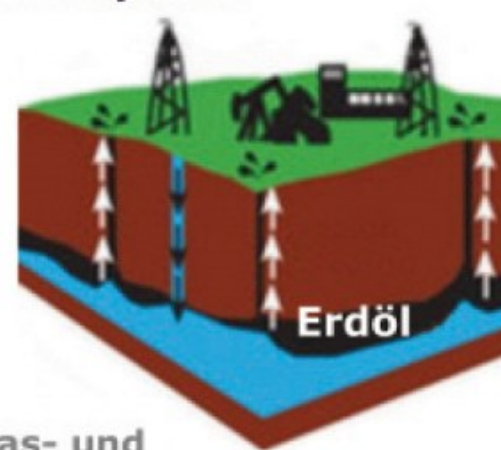
Von der ersten Investitionen zum **Aufsuchen einer Lagerstätte bis zum Beginn der Erdölförderung** vergehen bis zu 20 Jahre. In dieser Phase fällt der Großteil der Kosten an, die darauf folgenden Förderkosten sind dem gegenüber relativ gering. Der Förderverlauf von Erdöl ist im Allgemeinen aus technischen Gründen von der Nachfrage weitgehend unabhängig, so dass auf eine erhöhte Nachfrage nur begrenzt und sehr langsam reagiert werden kann. Allgemein ist es sehr schwer die Preisentwicklung für Erdöl vorherzusagen. Die Internationale Energieagentur (IEA) hat hierzu beispielsweise in ihren World Energy Outlook (WEO) der vergangenen Jahre stark abweichende Preisszenarien publiziert, wobei nicht ein Szenario der realen Entwicklung entsprach [7]. Im globalen Durchschnitt werden aus einer Erdöllagerstätte nur etwa 35 % des darin befindlichen Erdöls wirklich gefördert, wobei dieser Entölungsgrad regional sehr unterschiedlich ist [1]. In der ersten Phase, der primären Förderung, gelangt ein Teil des Erdöls nach dem Anbohren des Ölfeldes durch den natürlichen Lagerstättendruck an die Erdoberfläche. Der Druck in der Lagerstätte nimmt im Verlauf der Förderung ab und Pumpen müssen zur weiteren Ölförderung eingesetzt werden. Werden zusätzliche Maßnahmen ergriffen, spricht man von sekundärer oder tertiärer Fördertechnik, einer so genannten EOR (Enhanced Oil Recovery), wie sie in Abbildung 4 dargestellt ist. Im sekundären Verfahren wird Wasser und Gas in die Lagerstätte gepresst um den Lagerstättendruck zu erhalten. Bei der tertiären Fördermethode wird durch physikalische, chemische oder biologische Maßnahmen das verbliebene Restöl fließfähiger und damit förderbar gemacht. Standardverfahren hierfür sind die Injektion von Wasserdampf, heißem Wasser oder chemischen Zusätzen, bestehende aus Polymeren und Tensiden. Vor allem die tertiären Verfahren sind sehr teuer und lohnen sich nur bei hohen Ölpreisen [1].

### Primäre Förderphase



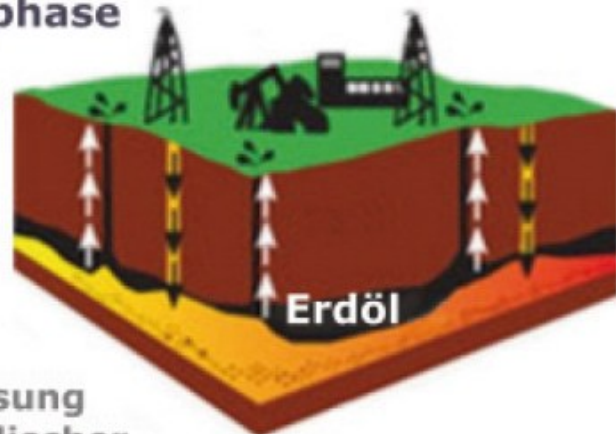
natürlicher Lagerstättendruck

### Sekundäre Förderphase



Gas- und Wassereinpressung

### Tertiäre Förderphase



Einpressung physikalischer, chemischer Zusatzstoffe

### Erdölvorräte:

Abhängig davon, ob die Gewinnung mit den klassischen Fördertechniken wirtschaftlich möglich ist, oder ob dafür neue Technologien entwickelt werden müssen, wird zwischen **konventionelle** und **nicht-konventionellem Erdöl** unterschieden.

Da der Ölpreis und der Stand der Technik sich ständig ändern ist die Abgrenzung zwischen den beiden Kategorien fließend, zudem wird die Bezeichnung auch nicht einheitlich gehandhabt.

2007 betrug das **Gesamtpotenzial** an **konventionellem Erdöl** 400 Gt, unterteilt in kumulierte Förderung, Reserven und Ressourcen [1]. Seit Ende der 1980er Jahre schwanken die



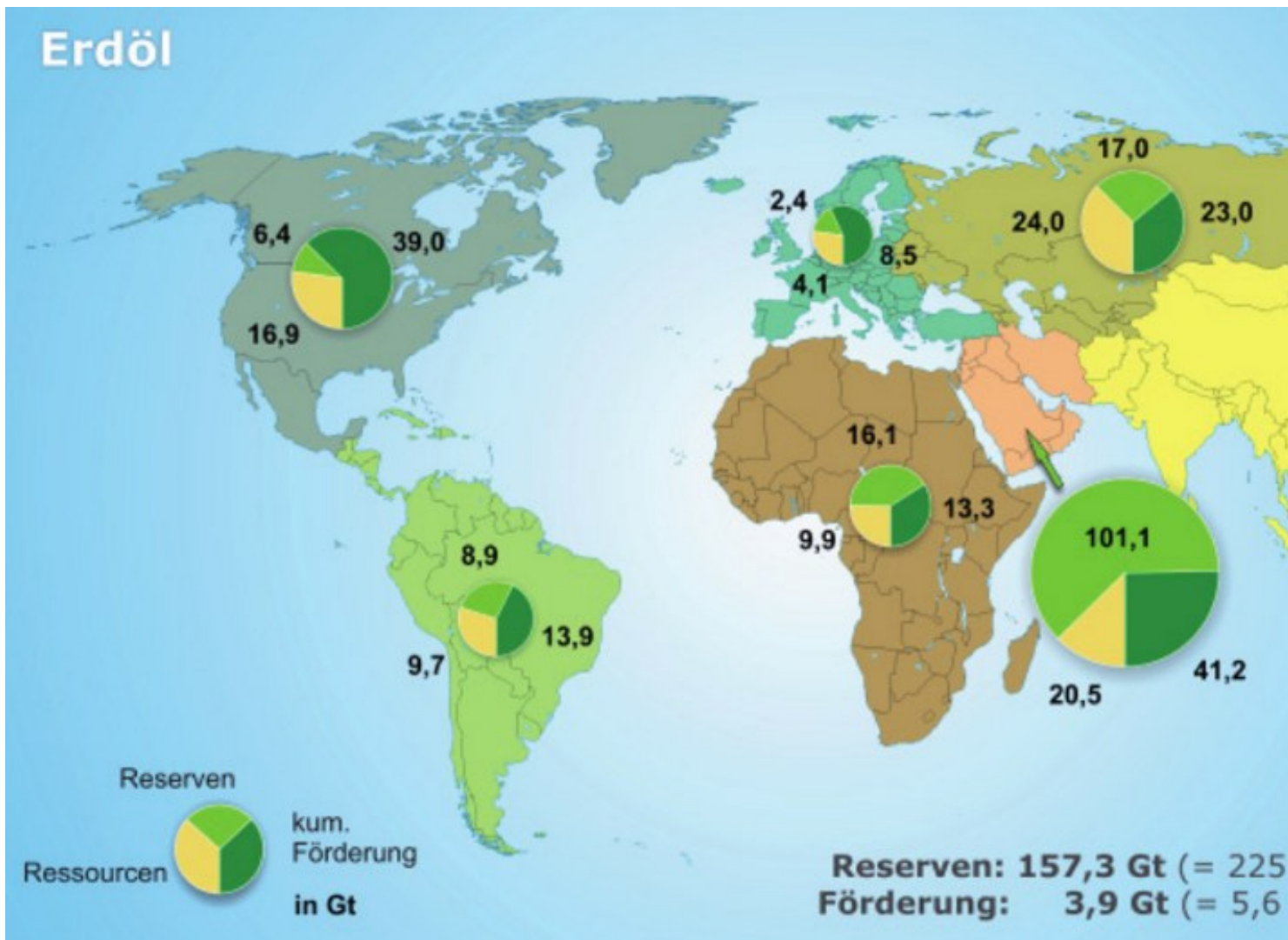
Schätzungen hierfür zwischen 300 und 500 Gt [1]. Die globale Aufteilung der Erdölreserven und -ressourcen ist in Abbildung 5 dargestellt. Würde man einen konstanten Erdölverbrauch für die nächsten Jahrzehnte annehmen, erhält man daraus eine

**Reichweite**

der konventionellen

**Erdölreserven**

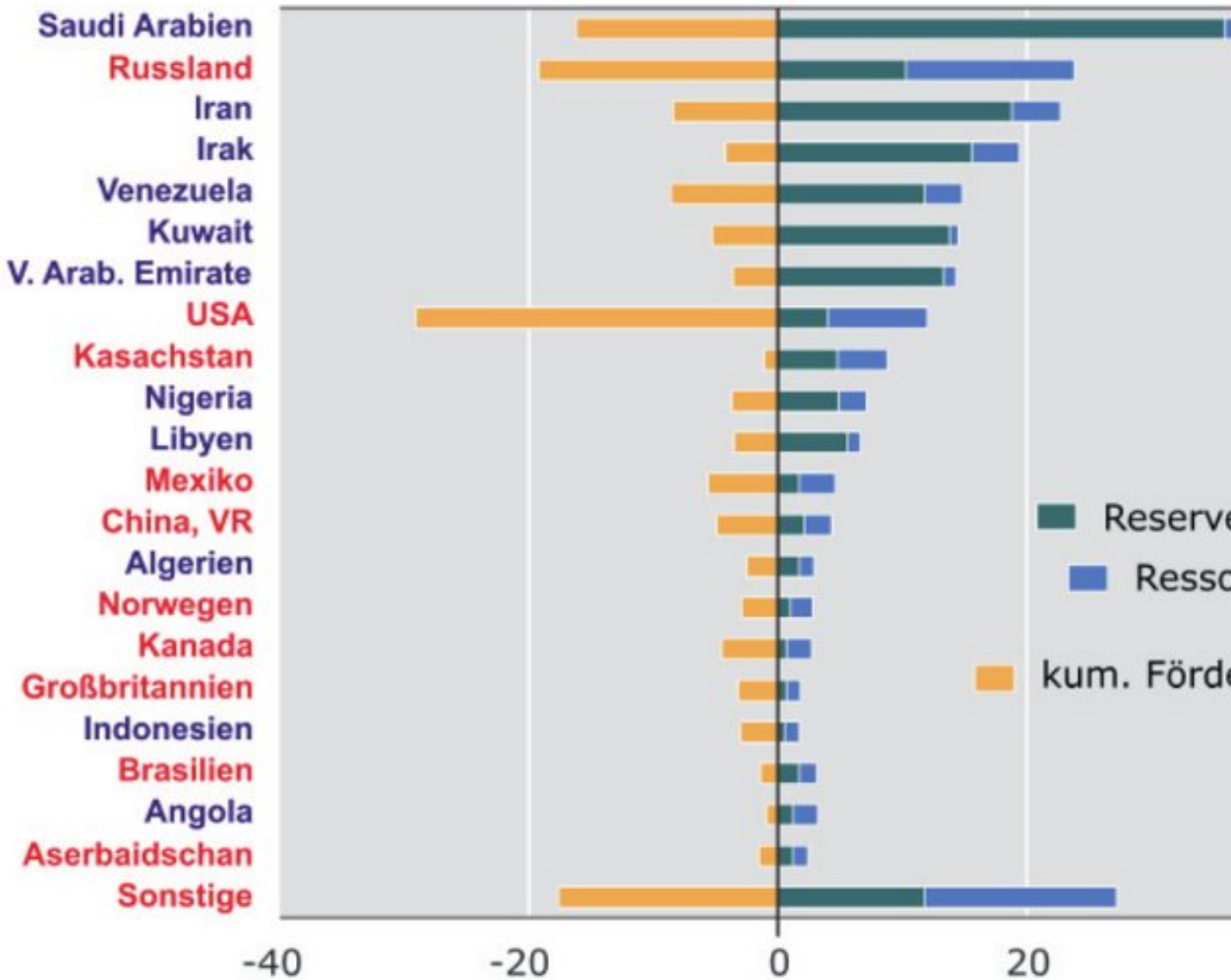
von 40 Jahren (dies entspricht den Erdölreserven von 157 Gt geteilt durch den jährlichen Verbrauch von 3,9 Gt). Wird jedoch das aktuelle Wachstum des Erdölverbrauchs von ca. 1,9 % [8] mit berücksichtigt, reichen die konventionellen Erdölreserven nur noch 30 Jahre. Diese Reichweiten sind wesentlich geringer als bei Kohle und sollten zum Handeln anregen. Berücksichtigt wurde bei dieser groben Abschätzung noch nicht, dass bei steigendem Ölpreis Ressourcen zu Reserven werden und Erdöl somit länger förderbar sein wird. Zudem wurden die unkonventionellen Erdölreserven (Ölsand, Ölschiefer) nicht berücksichtigt. Eine Schlussfolgerung kann aus den geringen Reichweiten jedoch mit Sicherheit gezogen werden: Das Öl wird in naher Zukunft wesentlich teurer werden, da es einerseits zu einer Verknappung kommt und andererseits die Förderkosten steigen werden.





In Abbildung 6 wird die bisherige Fördermenge in den bedeutendsten 22 Ländern den verbleibenden Erdölreserven und -ressourcen gegenüber gestellt. Die Menge konventioneller **Erdölreserven**

wird von verschiedenen Instituten und Unternehmen bestimmt und weichen nur geringfügig voneinander ab. Von den meisten wird ein Wert von 160 Gt konventioneller Erdölreserven angegeben [1]. Die mit 116 Gt wesentlich geringer bewerteten Erdölreserven durch die Energy Watch Group werden damit begründet, dass die gemeldeten Reserven vor allem im Nahen Osten politisch motiviert überhöht sind [9]. Saudi-Arabien allein weist 22% der Erdölreserven auf und nimmt damit eine Sonderstellung ein. Regional entfallen auf den Nahen Osten 64 % der Weltreserven, 11 % auf die GUS, 10 % auf Afrika und auf Europa nur 2% [1]. Davon entfallen wiederum etwa 41 Gt (26 %) auf Offshore-Gebiete, wobei hiervon lagern ca. 11 Gt in Tiefwasserbereichen mit Wassertiefen größer als 500 m lagern, v.a. in Europa und Austral-Asien. Die höchsten Offshore-Reserven insgesamt besitzt der Nahe Osten [1].

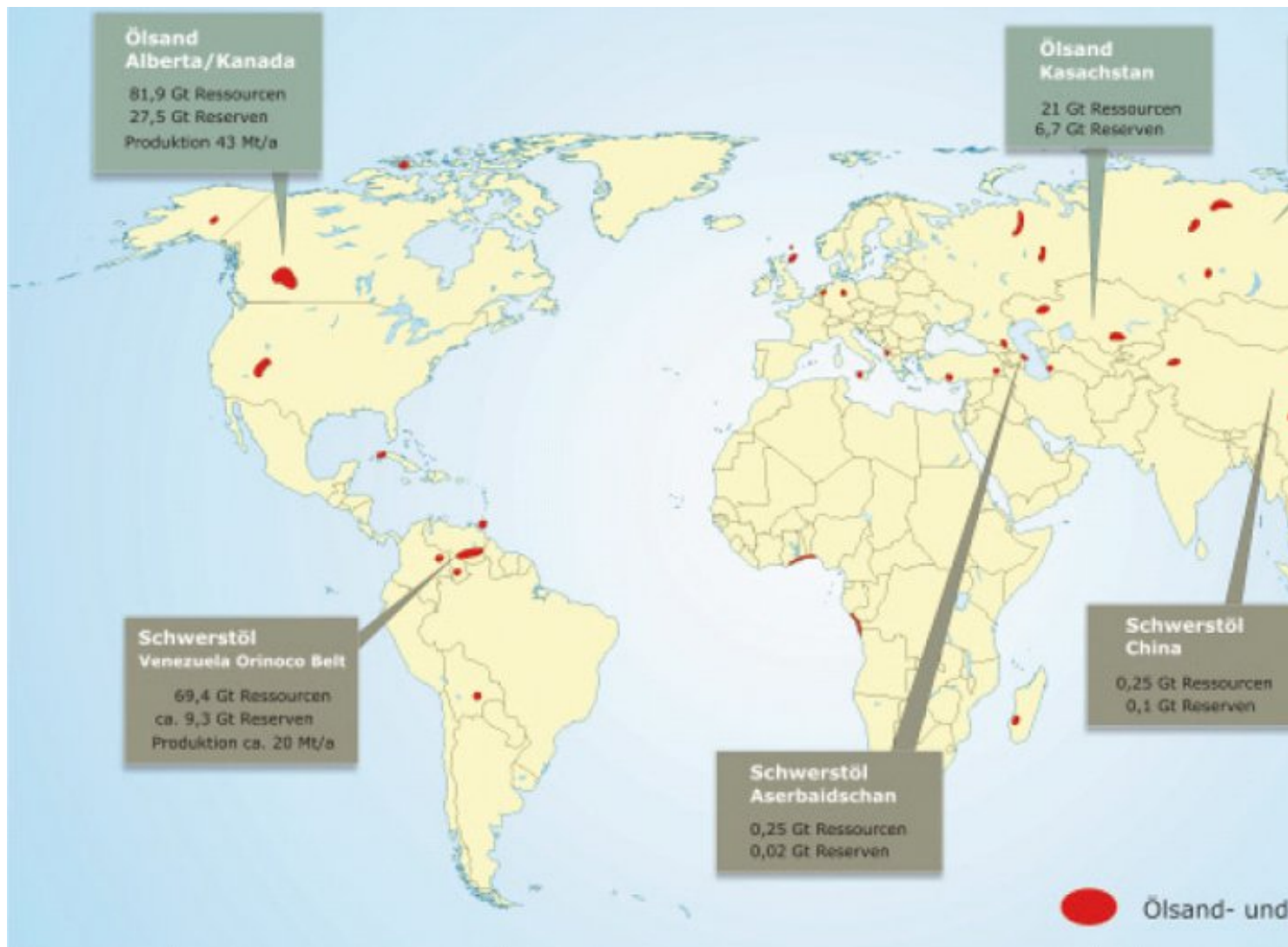


## Nicht konventionelles Erdöl

Es existiert generell keine einheitliche Definition des Begriffes „nicht-konventionelles Erdöl“. Meist wird zwischen konventionellem und nicht-konventionellem Erdöl allein anhand der technisch aufwändigeren Gewinnung unterschieden. Zu nicht-konventionellem Erdöl zählen dieser Definition entsprechend **Ölschiefer, Ölsande und Schwerstöl**, die nun näher vorgestellt werden sollen:

- 1. Ölsande:

Ölsande sind natürlich vorkommende Gemische aus Bitumen, Wasser, Sand und Ton. Die einzelnen Sandkörner sind von einem dünnen Wasserfilm umhüllt und dieser wiederum von Bitumen, einer sehr zähflüssigen Erdölsorte. In den Lagerstätten ist Bitumen nicht fließfähig und somit nicht ohne weiteres förderbar. Ölsandlagerstätten entstehen, wenn das Erdöl aus seiner Entstehungslagerstätte an die Oberfläche migriert, anschließend degradiert und in den Sanden gebunden wird.



Das Gesamtpotenzial an Erdöl aus Ölsanden ist sehr groß und wird auf rund 462 Gt geschätzt [1]. Das bedeutet, dass mehr Erdöl in Ölsanden vorkommt als in konventioneller Form, jedoch

ist dieses wesentlich aufwendiger und energieintensiver in der Förderung. Die Verteilung der Ölsandvorkommen ist in Abbildung 7 dargestellt, aus welcher ersichtlich wird, dass die größten Vorkommen in Kanada und der GUS liegen (zusammen 98 % aller Reserven).

Die mit einer Fläche von über 140.000 km<sup>2</sup> weltweit größten und bekanntesten Ölsandlagerstätten liegen im nördlichen Teil der kanadischen Provinz Alberta [1]. Allein in Kanada hat sich die Rohölproduktion aus Ölsanden von 2000 bis 2007 fast verdoppelt und hat 2007 knapp 2% der weltweiten Erdölgesamtproduktion ausgemacht. Von den Ölsandvorkommen sind jedoch nur etwa 6 % im Tagebau zugänglich [1]. Die übrigen Ölsande lagern zu tief und können nur durch Bohrungen aus dem Sand gefördert werden. Sowohl die Gewinnung von Erdöl oder Bitumen im Tagebau (ex-situ) als auch die Förderung durch Bohrungen (in-situ) ist energetisch und technisch sehr aufwändig. Beide Fördertechniken sollen hier kurz erklärt werden:

- **Ölsandabbau im Tagebau (ex-situ):** Der aus dem Tagebau gewonnene Ölsand wird in einer Steinbrechanlage zerkleinert und mit heißem Wasser versetzt. Dabei wird das Öl mit Hilfe von Laugen als Lösungsmittel aus dem Sand gewaschen und anschließend der Sand meist zur Rekultivierung zurück in den Tagebau gefüllt. Das Wasser, das noch Restöl enthält, wird in Absetzbecken gepumpt, wo das Öl abgeschöpft oder von Bakterien zersetzt wird. Insgesamt liegt der Entölungsgrad im Tagebau bei über 90 % [1].

- **Ölsandförderung durch Bohrungen (in-situ):** Diese Fördermethode wird notwendig, wenn die Ölsandvorkommen mit mehr als 40 m Sedimenten bedeckt sind. Hierbei wird durch Bohrungen heißer Wasserdampf in die Ölsandschicht gepresst und dadurch das Öl fließfähiger gemacht. Bei dieser Fördertechnik werden große Mengen an Energie und Wasser benötigt, allein für 1 m<sup>3</sup> Bitumen werden bei Nutzung der effizientesten Fördermethoden rund 2,5 bis 3 m<sup>3</sup> heißes Wasser verbraucht. Dieses kann zu 80 bis 90 % recycelt und wieder verwendet werden [1].

### - 2. Ölschiefer:

Bei Ölschiefer handelt es sich um ein unreifes Erdölmuttergestein, das noch nicht unter natürlichen Bedingungen Erdöl bilden konnte. Aus dem Ölschiefer wird durch thermische Nachbehandlungen sogenanntes Schiefer- oder Schwelöl gewonnen. Für eine technisch und wirtschaftlich sinnvolle Nutzung von Ölschiefer ist ein Mindestgehalt von rund 4 % Öl erforderlich [1].

Das weltweite Potential von Ölschiefer wird derzeit auf 413 Gt Schieferöl geschätzt und entspricht somit der Menge von Erdöl in Ölsanden und der aus konventionellen Ölvorkommen[1]. Jedoch ist bei der Abschätzung der Ölschiefervorkommen der Fehler sehr groß, da die Ölschieferlagerstätten noch nicht genug erforscht wurden. Die weltweite Verteilung der Ölschiefervorkommen ist in Abbildung 8 dargestellt, wobei sich der Großteil der vermuteten Ölschiefermengen in den USA befindet (73 %) [1]. Die direkte Ölproduktion aus Ölschiefer ist bisher nicht wirtschaftlich, somit werden bekannte Ölschiefervorkommen als Ressourcen ausgewiesen. Verglichen mit der Ausbeutung von Ölsanden und Schwerstölvorkommen ist die Gewinnung von Erdöl aus Ölschiefer mit dem höchsten Energieaufwand verbunden, wobei eine kosten- und vor allem energieeffiziente Produktionsmethode in naher Zukunft nicht in Sicht ist.



### 3. Schwerstöl:

Schwerstöl ist dem Bitumen der Ölsande ähnlich, jedoch in den entsprechenden Lagerstätten fließfähiger. Das Gesamtpotenzial der Schwerstöle beträgt rund 246 Gt, davon sind etwa 47,9 Gt als Ressourcen und 6,6 Gt als Reserven gelistet. Etwa 0,6 Gt sind bislang schon gefördert [1]. Venezuela allein weist 97 % aller Schwerstölressourcen und -reserven auf wie auch aus Abbildung 7 hervorgeht [1]. Die Förderung von Schwerstöl ist sehr ähnlich zu der in-situ-Förderung der Ölsande.



## Umwelteinflüsse

Wie auch bei Kohle, Erdgas und Uran ist auch die Nutzung von Erdöl mit Eingriffen in die Natur verbunden. Die flüssige Form dieses Energierohstoffes bestimmt auch sein Anwendungsfeld. So wird Erdöl vor allem für die Mobilität, zum Heizen und in der Petrochemie zur Plastikerzeugung genutzt und ist hier nur sehr **schwer zu ersetzen**. Im Gegensatz zu Kohle und Erdgas wird Erdöl hingegen nur in seltenen Fällen zur Stromerzeugung in Großkraftwerken verwendet.

Wie bei allen fossilen Brennstoffen ist auch die Verbrennung von Erdöl mit dem [Ausstoß von Treibhausgasen](#) verbunden. Dieser ist mit 650 bis 885 g CO

<sup>2</sup>  
/kWh (Mineralölkraftwerk) geringer als bei der Verbrennung von Stein- oder Braunkohle, jedoch höher als bei Erdgas [11, 12].

Andere Luftschadstoffe, die bei der Verbrennung von Erdöl entstehen, sind **Stickoxide, Rußpartikel bzw. Feinstaub und karzinogene Stoffe** (Benzol). Durch Festlegung von Grenzwerte für die meisten Schadstoffe ist es gelungen, verschiedene Filtertechniken zu etablieren und die Abgasemissionen dadurch zu verringern. Feinstaub und Rußpartikel mit einem Durchmesser kleiner 10 Mikrometern kann sogar teilweise die Lunge erreichen, da die Filterwirkung des Nasen-Rachenraumes für diese feinen Partikel nicht ausreicht. Der Feinstaub kann daher bis in die Lungenbläschen (Durchmesser unter 0,1 µm) gelangen wo er nur sehr langsam oder gar nicht wieder entfernt wird (Staublunge).

Konventionelles Erdöl wird im Allgemeinen durch Bohrungen direkt aus dem Erdinneren an die Oberfläche gefördert. Dies hat den Vorteil, dass hierfür im Gegensatz zur Kohleförderung keine Arbeiter in Minen unnötigen Gefahren ausgesetzt werden bzw. dass durch Tagebaue ganze Ökosysteme zerstört werden müssen. Ein großer Teil der **Ölsande** wird jedoch in **Tagebauen** gefördert, was starke Eingriffe in die Natur mit sich führt. Dies verschlimmert die Tatsache, dass die Förderung von Ölsanden sowieso schon energieaufwändiger ist als die Förderung konventionellen Erdöls. Auch die tiefer liegenden Ölsande aus denen mittels Bohrungen das Öl gefördert wird, benötigen ein engmaschiges Netz an Bohrungen, Pumpstationen, Pipelines und

Infrastruktur. Da der Entölungsgrad des Ölsandes in Tagebauen höher und kostengünstiger als durch Bohrungen ist, wird Ölsand, wenn möglich, vorwiegend im Tagebau gefördert werden. Allein in Kanada hat sich die Fläche, die für den Tagebau freigegeben ist, von 470 km<sup>2</sup> im Jahr 2001 auf 1.320 km<sup>2</sup> in 2007 erhöht und auch die Produktion von Bitumen aus Tagebauen hat sich fast verdoppelt [1]. Des Weiteren werden für die Dampferzeugung bei der in-situ-Verflüssigung von Ölsanden und beim sogenannten Upgrading zu höherwertigen Kohlenwasserstoffen enorme Mengen Erdgas verbraucht und dabei große Mengen an Treibhausgasen emittiert (welche in oberer CO

<sup>2</sup>  
-Emissionsrechnung nicht enthalten sind). Im Vergleich zur Leichtölförderung wird bei der Ölproduktion aus Ölsand etwa dreimal soviel CO

<sup>2</sup>  
/m<sup>3</sup> Rohöl frei gesetzt [13].

Etwa 100.000 Tonnen Rohöl gelangen jährlich bei **Tankerunfällen** ins Meer mit zum Teil katastrophalen Auswirkungen auf die Umwelt. Eines der bekanntesten Unglücke ist das der Exxon Valdez vor der Küste Alaskas bei dem durch das auslaufende Öl über 2000 km der Küste kontaminiert wurden. Leichte Öle, wie Benzin, verdunsten innerhalb von Tagen, Schweröle hingegen verdunsten nahezu gar nicht und hinterlassen einen dicken Ölfilm. Im Laufe der Zeit verklumpt dieses Öl und setzt sich am Meeresgrund ab. Das Öl wird von Bakterien zersetzt, wobei die Geschwindigkeit dieses Vorgangs wesentlich von der Wassertemperatur abhängt. Schweröle können jedoch von diesen Bakterien nicht abgebaut werden. Vor allem Seevögel leiden unter Ölkatastrophen, da das zähflüssige Öl das Gefieder verklebt und von den Vögeln beim Versuch der Reinigung aufgenommen wird. Die Folge ist ein Massensterben durch Ersticken, Unterkühlung, Ertrinken und Vergiftung. Neben Seevögeln sind alle Tiere, die sich bevorzugt an der Wasseroberfläche aufhalten, stark gefährdet. Meeresbewohner der Tiefe sind dagegen relativ wenig bedroht. Erreicht der Ölteppich die Küste setzt sich das Öl dort mit katastrophalen Auswirkungen für das Ökosystem der Küstenstreifen ab. Ölteppiche können durch Ölsperren eingegrenzt und anschließend abgepumpt, abgebrannt oder durch chemische Dispergierung von der Wasseroberfläche entfernt werden. Eine Liste der bedeutendsten Ölunfälle finden sie

[hier](#)

, wobei vor allem das Unglück der Ölbohrinsel „Deep Water Horizon“ im Mai 2010 im Golf von Mexiko mit 500.000 bis 1.000.000 Tonnen ausgelaufenem Erdöl auffällt. Die

### **Ölunfälle**

werden in Zukunft trotz besserer Technik zu nehmen, da die Förderung aufgrund knapper werdender Erdöllager in immer schwieriger zugänglichen Gebieten statt finden muss. So soll in naher Zukunft in der Arktis gefördert werden, trotz des Risikos von Eisbergen und den allgemein noch größeren Wassertiefen.

Ein weiteres Problem sind die **radioaktiv belasteten Rückstände** bei der Erdölförderung. Deren Radioaktivität übersteigt zum Teil den Grenzwert von einem Becquerel pro Gramm, der

laut der Strahlenschutzverordnung überwachungsbedürftig ist. Somit müssten die Abfälle sogar gesondert entsorgt werden. Hierbei handelt es sich vor allem um Radium 226 und Polonium 210. Die Umsetzung der Verordnung wird der Eigenverantwortung der Industrie überlassen, wodurch die Abfälle über Jahrzehnte unsachgemäß beseitigt oder gelagert werden. Genauere Informationen hierzu finden sie

[hier](#)

---

## Zusammenfassung Erdöl – Pro und Contra

**Pro**

**Contra**

- **Flüssiger, mobil einsetzbarer Brennstoff** und somit schwer ersetzbar
- **Große Reichweite der nicht konventionellen Erdölvorkommen (Reserven UND Ressourcen)**
- **Erdöl hat nach Kohle die zweit höchsten Treibhausgasemissionen**
- **Erdöl ist ein endlicher Rohstoff**
- **Reichweite von Erdöl** *reserven* **kleiner**
- **Erdölvorkommen ungleichmäßig verteilt** **Konfliktpotential**

- **Erdölgewinnung aus nicht konventionellen Ölförderung**
  - **Feinstaubbelastung und Schadstoffausstoß**
  - **Für Deutschland: sehr große Importabhängigkeit**
- 

### Quellen:

[1] BGR Energierohstoffe 2009 ( [Link](#) )

[2] Walther Petrascheck: Lagerstättenlehre, 1992

[3] J.F. Kenney, V.A. Knutchenov, N. A. Bendeliani und V.A. Alekseev: Proceedings of the National Academy of Sciences, 2002

[4] BP Statistical Review of World Energy, 2008, London

[5] „Natural-gas supply-and-demand problems“, Journ. Petrol. Techn., 1998

[6] Verein Deutscher Kohleimporteure, Jahresbericht 1999, Hamburg

[7] International Energy Agency: World Energy Outlook 2004, 2006, 2008, Paris

**[8]** International Energy Agency: World Energy Outlook 2008, Paris

**[9]** Energy Watch Group: Zukunft der weltweiten Erdölversorgung, 2008, Berlin

**[10]** U. S. Geological Survey: World Petroleum Assessment 2000 – Description and Results.- USGS Digital Data Series DDS-60, 2000

**[11]** Carbon Footprint of Electricity Generation. Postnote Number 268, 2006, London

**[12]** „CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem nuklearen Kreislauf“. PSI-Fachinfos zu Energiefragen, Villigen, Schweiz

**[13]** Bitumen Recovery Technology: A Review of Long-Term Opportunities

---

Beitrag erstellt von Christoph Schünemann (Februar 2011)