

Inhaltsverzeichnis

- 1 Entstehung von Erdöl
- 2 Chemische Zusammensetzung
- 3 Lagerstätten
 - 3.1 Speichergesteine
 - 3.2 Fangstrukturen
 - 3.3 Prospektion
- 4 Weltweite Verteilung des Erdöls
 - 4.1 Definitionen
 - 4.2 Das Gesamtpotential konventionellen Erdöls (GPK)
 - 4.2.1 Unsicherheit der Reservenangaben
 - 4.2.2 Verteilung der Reserven
 - 4.2.3 Ressourcen
 - 4.3 Nicht konventionelles Erdöl
- 5 Zukünftige Entwicklung
- 6 Literaturverzeichnis

1 Entstehung von Erdöl

Es gibt mehrere Theorien über die Entstehung von Erdöl. Die biogenetische und die abiogenetische Theorie. Heute neigt man nach wie vor dazu, der organischen Herkunft des Erdöls Vorrang zu geben.

Demnach entsteht Erdöl aus Meeresorganismen (Plankton), die nach ihrem Tod zum Meeresboden sinken und sich dort anreichern und von Sedimenten bedeckt werden. Diese Überreste zersetzen sich unter Luftausschluss und Einwirkung anaerober Mikroorganismen, wobei Faulschlamm (Sapropel / Primärbitumen) entsteht. Dieser beinhaltet unter anderem Proteine, Fette und Kohlenhydrate. Dieser Schlamm wird im Laufe der Zeit weiter von Sedimenten überdeckt, zu Sapropelgestein (=Erdölmuttergestein) verfestigt, weiter versenkt und gelangt somit in tiefere Bereiche in denen hoher Druck und hohe Temperaturen herrschen. Hier setzt die chemische Umwandlung des organischen Materials ein und es entstehen Kerogene. Kerogen ist eine Art fossiles Sediment, welches verschiedenen chemische Verbindungen (Alkane, Alkene, Isoprenoide und Terpenoide) enthält. Im Laufe der Zeit werden diese Bestandteile durch Druck und Temperatur zu Erdöl oder Erdgas umgewandelt.

Bei steigendem Druck wird das Erdöl in Tiefen von 1000 bis 3000m (sog. Erdölfenster) zusammen mit Wasser und Erdgas aus dem Erdölmuttergestein herausgequetscht und bewegen sich aufgrund ihrer geringeren Dichte nach oben. Die Bewegung durch permeables Gestein nennt man Migration. Während der Migration trennen sich die Bestandteile nach ihrer Dichte und Viskosität und sammeln sich in den Poren und Klüften des Speichergesteins in Erdölfallen, bei denen eine undurchlässige Schicht (wie Salz oder Ton) die Weiterbewegung verhindert. In diesen Lagerstätten sammeln sich in verschiedenen Schichten zuunterst das Wasser, darüber das Erdöl und zuoberst das Erdgas.

Auf der anderen Seite stehen die wenigen Verfechter der anorganischen Theorie, bei der davon ausgegangen wird, dass sich Wasser, Eisensulfide und Graphit sich in Tiefen von 11000 bis 14000 wie eine gigantische Batterie verhalten, wobei Graphit als elektrischer Leiter dient. Die Wassermoleküle werden aufgespaltet und vereinen sich mit Graphit zu Kohlenwasserstoffen, die sich dann ihren Weg nach oben bahnen.

Der Zeitraum der Entstehung von Erdöllagerstätten kann sich über wenige 10000 Jahre bis zu mehreren Millionen Jahren hinziehen. Die meisten Lagerstätten stammen aus der Kreide und Jura. Die ältesten Lagerstätten befinden sich in

Australien, Kanada und Südafrika. Sie haben ein Alter von ca. 2 Mrd. Jahren. (vgl. "Erdöl," Microsoft® Encarta® Online-Enzyklopädie 2008; <http://de.encarta.msn.com> ©1997-2008 Microsoft Corporation. Alle Rechte vorbehalten.)

2 Chemische Zusammensetzung

Erdöl ist ein Gemisch aus verschiedenen Kohlenwasserstoffen in unterschiedlichen Verhältnissen und wird von Schwefel-, Sauerstoff-, Phosphor- und Stickstoffverbindungen begleitet. Unter anderem sind auch Metallverbindungen, anorganische Salze, Schwefelwasserstoffe und Wasser enthalten. Am häufigsten treten die Kohlenwasserstoffe auf mit einem Anteil von 50% bei Bitumen und bis zu 97% bei Schwerölen auf. (siehe JAMES G. SPEIGHT (1999): S. 215–216)

3 Lagerstätten

3.1 Speichergesteine

Erdöllagerstätten findet man in Gesteinsschichten, die Porenräume enthalten. Sandstein, Kalkstein und Dolomit sind typische Gesteine die Porositäten von 10 bis maximal 40% enthalten.

Die Güte des Speichergesteins wird zusätzlich von seiner Durchlässigkeit bestimmt, die Auswirkungen auf die Produktionskapazität der Bohrungen hat.

Äolische Sande sind gute Speichergesteine. Sie sind durch den Transport gut gerundet, sehr gleichkörnige Quarzkörner, die gravitativ selektiert wurden und dadurch homogene ähnliche Schichtstrukturen ausbilden.

Carbonatspeicher können wie bei Riffen oder Rifffalk-Schutt hervorragende Speichereigenschaften aufweisen, sind jedoch oft nur von geringer Ausdehnung.

In der Regel sind alle der Erdoberfläche nahen Porenschichten mit Grundwasser und die tiefer liegenden Schichten mit Formationswasser gefüllt. Ist der Anteil in diesen Gesteinsschichten hinreichend, so spricht man von einer Erdöl-Lagerstätte.

3.2 Fangstrukturen

Es gibt verschiedene Formen von Erdöllagerstätten. Die wichtigsten sind die Erdölfallen (Abb.1). Die Geologen verzeichnen verschiedene Grundtypen von Ölfällen:

- Antiklinalfallen: 80% der bekannten Erdölreserven liegen unter Sattelstrukturen oder Wölbungen
- Stratigraphische Fallen: ein Keil porösen Gesteins reicht in undurchlässige Schichten. In solchen fallen lagern circa 10% der weltweiten Ölreserven.
- Salzstockfallen: Salzstöcke drängen das Erdölmuttergestein zur Seite: etwa 3% der Erdölvorkommen liegen in solchen Formationen (http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/switzerland/corporate_switzerland/STAGING/local_assets/images/080317_grafik_lagerstaetten_800x577.jpg)
- Störungsgebundene Fallen

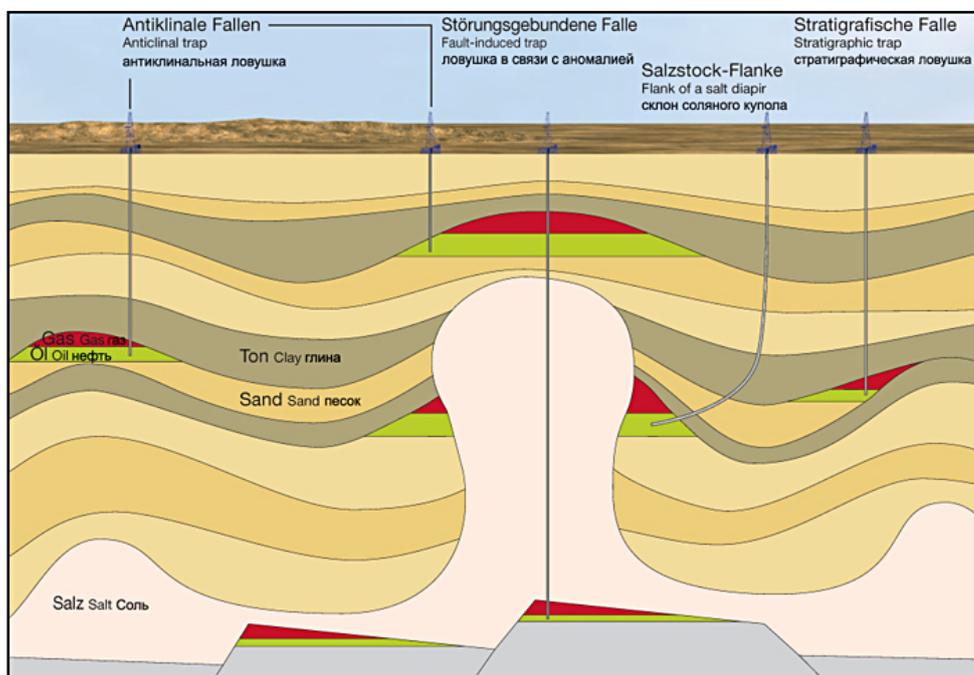


Abb.1: Erdölfallen

http://www.wintershall.com/uploads/pics/lagerstaetten_01.jpg

Wenn die Kohlenwasserstoffe die Erdoberfläche erreichen, entweichen Gas und die leichteren Bestandteile des Erdöls in die Atmosphäre. Die Rückstände verbleiben beispielsweise als Bitumen oberflächennah in Sanden und bildeten Öl- oder Teersande, von denen es große Vorkommen zum Beispiel in Kanada und Venezuela gibt. (Quelle: <http://www.wintershall.com>)

3.3 Prospektion

Die Suche nach Erdöl beginnt heute mit der Prospektion, der genauen Untersuchung und Analyse der Erdoberfläche und der darunterliegenden Schichten. Mittels geologischer Kartierungen und geophysikalischer Messmethoden wird der Untergrund erforscht. Hier werden die Gravimetrie, die Magnetometrie und die Seismik eingesetzt.

Die wichtigste Methode ist jedoch die Untersuchung des Untergrundes mittels Seismik. Das Prinzip der Seismik besteht darin Schallwellen nahe der Erdoberfläche oder Wasseroberfläche zu erzeugen und deren Echo von den verschiedenen Gesteinschichten reflektiert und mittels Geophone wieder auffangen wird. So kann über die Laufzeiten ein Modell des Untergrundes errechnet werden. Die Reflexionen fallen je Beschaffenheit anders aus. Poröses Gestein absorbiert eher Schallwellen und hartes Gestein reflektiert die Schallwellen.

4 Die weltweite Verteilung des Erdöls

4.1 Definitionen

Um die weltweite Verteilung des Erdöls spezifizieren zu können ist es vorerst nötig einige begriffliche Definitionen zugeben.

Bei Erdöl wird zwischen konventionellem und nicht-konventionellem Erdöl unterschieden, abhängig davon ob die Gewinnung mit den klassischen Fördertechniken wirtschaftlich möglich und rentabel ist, oder ob dafür neue Technologien entwickelt und angewandt werden müssen. Die Abgrenzung ist jedoch nach technischen Gesichtspunkten fließend.

Aus physikalischer Sicht ist Konventionelles Erdöl ein Öl mit einer Dichte, die geringer als $0,934 \text{ g/cm}^3$ (MITARB. INST. BGR (2003): S.48). Andere Autoren grenzen den Begriff jedoch auch nach den Bedingungen des Auftretens ab (on- oder offshore, Wassertiefen, klimatische Bedingungen, etc.). Wiederum andere Autoren zählen zu konventionellem Erdöl nur das, welches wirtschaftlich gefördert werden kann. Hier können jedoch starke Veränderungen auftreten die durch Preisänderungen und technologische Entwicklung beeinflusst werden.

Zu konventionellen Erdölen zählen Rohöl und NGL (natural gas liquids) und zu Nicht-Konventionellem Erdöl gehört Schweröl, Schwerstöl, Ölsande, Ölschiefer, Synthetisches Erdöl.

Unter **Reserven** versteht man die Menge an Kohlenwasserstoffen, die in einer Lagerstätte nachgewiesen sind und mit bekannter Technologie wirtschaftlich gefördert werden können. (vgl. MITARB. INST. BGR (2003): S.49)

Ressourcen sind die Mengen nicht-konventionellen Erdöles und solche die nicht nachgewiesenen sind, aber aus geologischen Gründen in dem betreffenden Gebiet erwartet werden können.

Das **Gesamtpotenzial** ist die Summe der bisher insgesamt geförderten Mengen, den Reserven und Ressourcen.

Unter **verbleibendem Potential** versteht man die noch gesamt gewinnbare Menge aus Reserven und Ressourcen.

4.2 Das Gesamtpotential konventionellen Erdöls (GPK)

Das GPK wird auf 364Gt ausgewiesen. Seit Ende der 1980er Jahre pendeln sich die Schätzwerte auf ein Niveau zwischen 300 und 400Gt ein. Eine Erhöhung des GPK ist aus heutiger Sicht durch den verbesserte Technologien, liegt doch in einem überschaubaren Bereich.

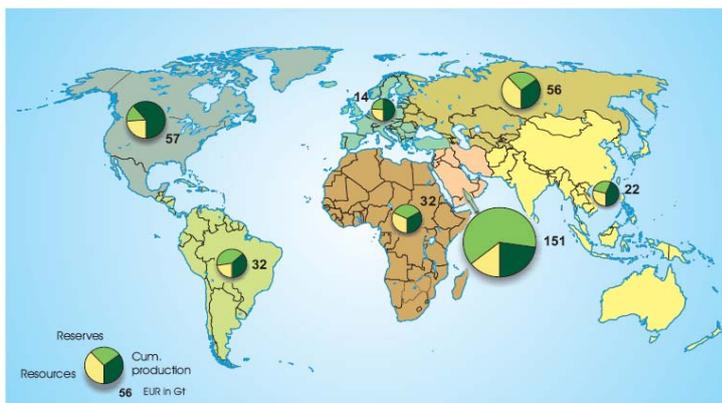


Fig. 8: Regional distribution of the estimated ultimate recovery (364 Gt) of conventional crude oil in 2001

ABB.2: MITARB. INST. BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE IN HANNOVER (2003): S.51

Nordamerika (57Gt) und der GUS (56Gt). Nordamerika hat jedoch schon über die Hälfte des GPK gefördert, GUS nur ein Drittel und der Nahe Osten nur ein Fünftel (Abb.2). (vgl. MITARB. INST. BGR (2003): S.51)

Auf wirtschaftspolitische Gruppierungen bezogen verfügt die OPEC mit ca. 193Gt über die Hälfte des GPK, wobei bisher nur ein Viertel gefördert wurde. Im Gegensatz

Die Preisentwicklung des Erdöls spielt hierbei jedoch eine große Rolle, da zeitaufwändige und kostenintensive Forschungs- und Entwicklungsarbeiten erst bei einem hohen Preisniveau durchgeführt werden.

Regional gesehen verfügt der Nahe Osten über das größte GPK (151Gt), gefolgt von

dazu besitzt die OECD nur 72Gt, von denen bereits 60% gefördert wurden. (vgl. MITARB. INST. BGR (2003): S.50)

4.2.1 Unsicherheit der Reservenangaben

Die Angaben der Ölreserven können recht unterschiedlich ausfallen, da Tendenzen zur Herabsetzung und zur Überhöhung der tatsächlichen Reservenzahlen existieren. Gründe für das Herabsetzen der Reserven sind Steuerabgaben, die bei höheren Angaben anfallen, sowie eine Angabe von geringeren Reserven, um einen Polster zur Aufbesserung der Reservenbilanz für schlechtere Jahre zu besitzen. Manche Entwicklungsländer geben bewusst niedrigere Reserven an um Finanzhilfen zu bekommen. Auch instabile politische und wirtschaftliche Situationen stellen ein Risiko bei der Felderschließung dar, was zu einer Reduzierung der Reserven führt, die im Extremfall sogar bis auf Null gehen kann (Bsp.: Nigeria)

Bei den OPEC-Ländern kommt es oft zu einer Überhöhung der Reserven, da hier die Förderquoten an die Reservenhöhe gebunden wurden. So verdoppelten sich diese in Abu Dhabi, Dubai, Irak und dem Iran von 1987 auf 1988 und in Saudi Arabien ein Jahr später. Auch die Absicht Privat Investoren Anzulocken führt zu einer Überhöhung der Angaben.

Schwankungen in den Angaben über die Reserven beruhen nicht nur auf Herabsetzungen oder Überhöhungen, sondern auch an der ungenauen Definition der Konventionellen Erdölreserven. So beziehen manche Autoren z.B. Polar- und Tiefseeöl nicht zu den Konventionellen Erdölen. Deswegen sind alle Reserveangaben mit Vorsicht zu betrachten, da die Zahlen nicht Exakt sind, sondern nur der Realität nahe kommende Größenordnungen darstellt. (vgl. MITARB. INST. BGR (2003): S.52f)

4.2.2 Verteilung der Reserven

Die Weltreserven belaufen sich im Jahr 2001 auf 151,8Gt und sind bis zum Jahr 2005 durch weitere Erdölfunde auf 162Gt angestiegen (BGR), (Abb.3). Besonders interessant ist die regionale Verteilung der Reserven. Diese sind sehr ungleich auf die einzelnen Länder verteilt und so fallen 70% der bekannten Erdölreserven in die

Strategische Ellipse (Abb.4), die sich vom nahen Osten bis nach Westsibirien

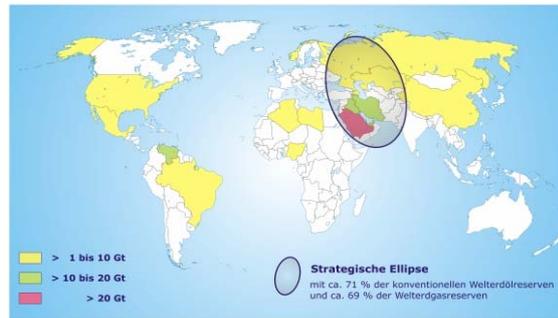
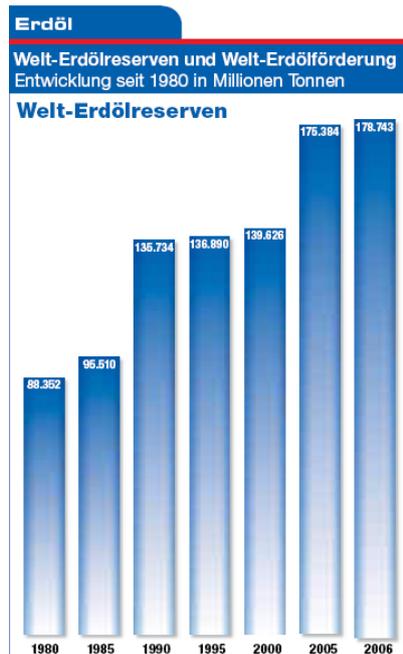


Abb.4: Strategische Ellipse

<http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Energie/Bilder/En>

Abb.3: Welt-Erdölreserven
EXXONMOBIL CENTRAL EUROPE HOLDING
GMBH (2007): S.7

erstreckt. (vgl. MITARB. INST. BGR (2003): S.55)

Alleine Saudi Arabien verfügt über ein Viertel der Weltölreserven.

Regional gesehen verteilen sich 62% der Weltreserven auf die Länder des Nahen Ostens und knapp 10% auf GUS. Europa hingegen kann nur einen Anteil von 2% aufweisen.

Bei den Politischen Gruppierungen sieht sie Verteilung wie folgend aus: Die OPEC besitzt eine Sonderstellung mit über 75% Reservenanteil (davon 61% in der Golf-Region!), die OECD nur 8% während auf sonstige Länder nur 17% entfallen.

Durch Exploration in den Frontiergebietern wie das kaspische Meer, die Tiefsee des Golf von Mexiko, vor Brasilien, vor der Westküste Afrikas und in Südostasien sowie in den arktischen Regionen Russlands und Nordamerikas wird es durch Explorationen zu einem Reservenzuwachs kommen. Zusätzlich steigen diese durch verbesserte Fördertechniken, sowie durch die besseren Kenntnisse des Baus und Verhaltens der Lagerstätten durch 3-D- und 4-D-Seismik. (vgl. MITARB. INST. BGR (2003): S.56)

4.2.3 Ressourcen

Beiden Ressourcen sind die Angaben mit größerer Unsicherheit behaftet. Eine weltumspannende Abschätzung im Jahr 2005 schätzt die weltweiten Ressourcen

konventionellen Erdöls auf ca. 82 GT. (BGR) Die Angaben schwanken jedoch relativ stark zwischen den verschiedenen Autoren, was wiederum an der ungenauen Definition von konventionellen und unkonventionellen Erdölen liegt und an der Unsicherheit der zukünftigen Ölfunde.

Bei der Verteilung der Ressourcen ergibt sich ein ähnliches Bild, wie bei der der Reserven. So entfallen auf 10 Länder knapp 2/3 aller Ressourcen.

4.3 Nicht-konventionelle Erdöle

Auf der Erde sind enorme Mengen nicht-konventioneller Erdölressourcen vorhanden. Das sind Kohlenwasserstoffe, die nicht mit konventionellen Methoden gefördert werden, sondern bei denen aufwendige kostenintensivere Methoden angewandt werden müssen. Zu diesen Ölen zählen: Schwerstöle, Ölsande und Ölschiefer. Die bisher nachgewiesenen „in-place“-Mengen belaufen auf mehr als 800Gt Öl, wovon aber nur ein gewisser Anteil als förderbares Potential gesehen wird. (vgl. MITARB. INST. BGR (2003): S.60)

Die größten nicht-konventionellen Erdöllagerstätten liegen in Venezuela (Schwerstöl: Orinoco Belt), Kanada (Schwerstöl, Ölsand: Alberta) und in den USA (Ölschiefer: Green River)

Durch die kostenintensive Verarbeitung ist die Ausbeutung dieser Energierohstoffe vom erzielenden Endpreis abhängig. So ist mit den momentan steigenden Ölpreisen die Produktion durchaus konkurrenzfähig einzustufen. So zählen die Schwerölvorkommen in Kanada bereits zu den konventionellen Erölen

5 Zukünftige Entwicklung

Da das größte zukünftige Potential liegt im Nahen Osten. Dieser hat die Größten Reserven an konventionellem Erdöl. Die Gefahr für die Weltversorgung liegt darin, dass der Nahe Osten politische sehr instabil ist.

Des Weiteren wird sich durch den technischen Fortschritt die Erdölförderung in immer tiefere off-shore Bereiche bewegen, um dort Ressourcen zu nutzen.

Auch in den Polargebieten wird trotz der großen Entfernung und den schwierigen Klimabedingungen der technisch herausfordernde Erdölabbau beginnen.

Zuerst jedoch werden die nichtkonventionellen Erdöle durch den steigenden Erdölpreis rentabel. Damit steht ein neues Potential zur Verfügung, das aber durch die hohen Emissionen, den enormen Wasserverbrauch, den Flächenverbrauch und durch die hohen Investitionskosten ausgebremst wird.

Da das Erdöl ausgehen wird muss schon jetzt sparsam und nachhaltig mit den Resten umgegangen werden. Alternative Energieformen werden immer wichtiger werden. Die BRG erwartet den „peak-oil“ in der zweiten Hälfte der kommenden Dekade. Von dort an geht die Förderleistung des konventionellen Öles zurück.

Die an Bedeutung zunehmenden nicht-konventionellen Erdöle haben das Potential den fallenden Ast der Erdölförderung abzumildern, aber nicht aufzuhalten (Abb.5)

Selbstverständlich gibt es auch in 100 Jahren noch Erdöl dieses wird jedoch nur zur Herstellung hochwertiger Chemikalien, Kunststoffe und für den medizinischen Bereich genutzt.

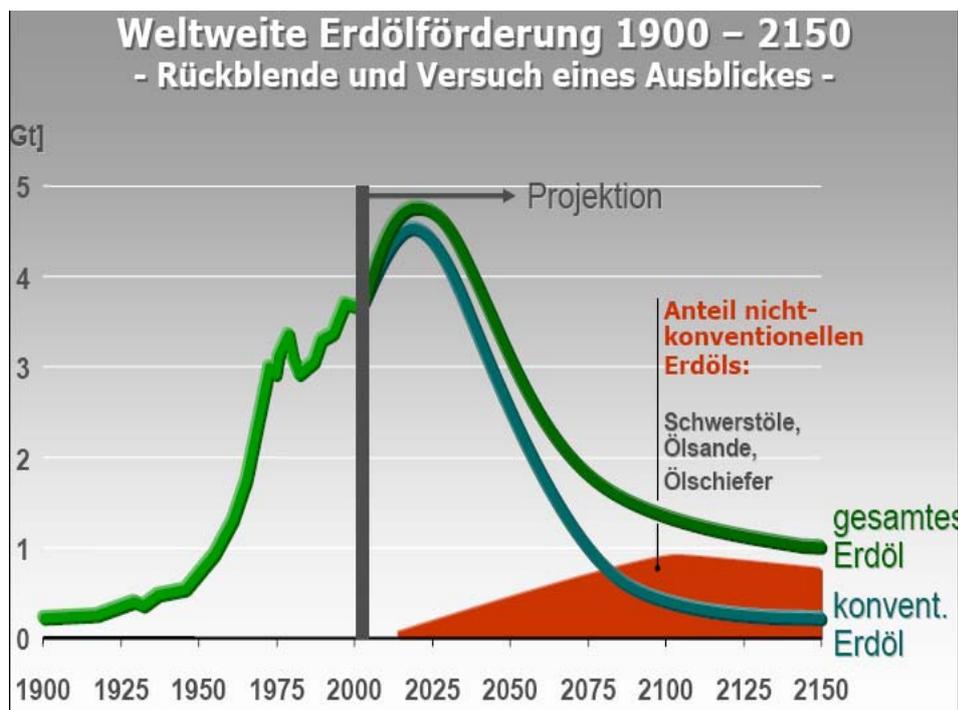


Abb.5: Weltweite Erdölförderung 1900-2150

Quelle:

http://www.energiestiftung.ch/files/textdateien/infomaterial/fachtagungen/fachtagung05/praesentation-gerling-ses-fachtagung-27_05-2005.pdf

6. Literaturverzeichnis

- JAMES G. SPEIGHT (1999): The Chemistry and Technology of Petroleum, 3.Auflage, New York, Marcel Dekker: S. 918
- WEGGEN, KLAUS (1995): Erdöl und Erdgas – Entstehung, Lagerstättenbildung und Erschließung (Exploration). In: G. Pusch et. al (Hrsg.): Die Energierohstoffe Erdöl und Erdgas. Vorkommen, Erschließung, Förderung, Verlag Ernst & Sohn, S. 164
- BP: <http://www.bp.com> , 14.7.2008; 14:37
- MITARB. INST. BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE IN HANNOVER (2003): Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen 2002, in: Rohstoffwirtschaftliche Länderstudien ; 28, Hannover, Kölle-Druck GmbH, S.425
- EXXONMOBIL CENTRAL EUROPE HOLDING GMBH (2007): Oeldorado07: http://www.esso.de/ueber_uns/info_service/publikationen/downloads/files/oeldorado07_de.pdf ;14.7.2008; 22:15
- BGR ANNUAL REPORT 2005: http://www.bgr.bund.de/nn_335082/EN/Themen/Energie/Produkte/annual_report_2005,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/annual_report_2005.pdf :S.82; 14.7.2008; 22:15
- ENERGIESTIFTUNG: http://www.energiestiftung.ch/files/textdateien/infomaterial/fachtagungen/fachtagung05/praesentation-gerling-ses-fachtagung-27_05-2005.pdf,14.7.2008; 13:27