

Udo Rettberg

**Rohstoffe**

## TITEL DER SIMPLIFIED-BUCHREIHE

Matthias von Arnim  
**Erfolgreich mit Aktien** – simplified

Herbert Autengruber  
**Aktienfonds für jedes Anlageziel** – simplified

Holger Bengs, Mike Bayer  
**Investieren in Biotechnologie** – simplified

Lawrence A. Cunningham  
**Value Investing** – simplified

Pierre M. Daeubner  
**Alles was Sie über Technische Analyse wissen müssen** – simplified

Ed Downs  
**Die besten Chartmuster** – simplified

Christian Eck/Marcel Langer/Matthias Riechert  
**Eurex** – simplified

Heinrich Eibl  
**ETFs** – simplified

Horst Fugger  
**Börsen-Lexikon** – simplified

Horst Fugger  
**Derivate-Lexikon** – simplified

Markus Gunter  
**Erfolgreich mit Investmentfonds** – simplified

Walter Hubel  
**Mehr Geld im Alter** – simplified

Markus Jordan  
**Zertifikate** – simplified

Jay Kaepfel  
**Die 4 größten Fehler beim Handel mit Optionen** – simplified

Dennis Metz  
**Devisenhandel** – simplified

Markus Miller  
**Abgeltungssteuer – nein danke!** – simplified

David Morgan  
**Insiderwissen: Silber** – simplified

John J. Murphy  
**Charttechnik leicht gemacht** – simplified

Oliver Paesler  
**Technische Indikatoren** – simplified

Melvin Pasternak  
**Die 21 wichtigsten Candlestick-Formationen** – simplified

Richard Pfadenhauer  
**Alles, was Sie über Derivate wissen müssen** – simplified

Michael J. Plos  
**Daytrading** – simplified

Georg Pröbstl  
**Die besten Dividendenstrategien** – simplified

Michael Proffe  
**Die besten Trendfolgestrategien** – simplified

Udo Rettberg  
**Rohstoffe** – simplified

Stefan Riße  
**CFDs** – simplified


Raimund Schriek  
**Besser mit Behavioral Finance** – simplified

Holger Scholze  
**Hebelprodukte** – simplified

Antonio Sommese  
**Die richtige Finanzplanung** – simplified

Daniel Wilhelmi  
**Emerging Markets** – simplified

# ROHSTOFFE



simplified

Gesamtbearbeitung: Druckerei Joh. Walch  
Lektorat: Herbert H. Koethe  
Druck: Konrad Triltsch, Ochsenfurt

E-Book-Ausgabe (PDF):  
© 2009 FinanzBuch Verlag GmbH, München  
[www.finanzbuchverlag.de](http://www.finanzbuchverlag.de)

Print-Ausgabe:  
© 2007 FinanzBuch Verlag GmbH, München

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

ISBN: 978-3-89879-309-4 | Print-Ausgabe  
ISBN: 978-3-89879-540-1 | E-Book-Ausgabe (PDF)

**[www.finanzbuchverlag.de](http://www.finanzbuchverlag.de)**

Gerne übersenden wir Ihnen unser Verlagsprogramm!

# Inhalt


<b>Vorwort Udo Rettberg</b> .....	<b>11</b>
<b>Vorwort Philip Holzer</b> .....	<b>13</b>
<b>Energie-Rohstoffe</b> .....	<b>17</b>
<b>Fossile Energieträger</b> .....	<b>23</b>
Erdöl .....	23
Erdgas .....	39
Exkurs: LNG – Liquefied Natural Gas .....	42
Kohle .....	48
Uran .....	60
Methanhydrat .....	71
<b>Erneuerbare Energien</b> .....	<b>74</b>
Biomasse .....	77
Biotreibstoffe .....	81
Ethanol .....	81
Biodiesel .....	89
Geothermie .....	93
Solarenergie .....	95
Wasserkraft .....	97
Wasserstoff .....	98
Windenergie .....	100
<b>Gedanken zur Zukunft der Energie</b> .....	<b>101</b>
<b>Metallische Rohstoffe</b> .....	<b>103</b>
<b>Historisches</b> .....	<b>103</b>
<b>Die Buntmetalle</b> .....	<b>108</b>
Kupfer .....	108
Aluminium .....	111
Blei .....	114
Zinn .....	116
Zink .....	121
Nickel .....	123
LMEX – Metall-Index der London Metal Exchange .....	125
<b>Die Edelmetalle</b> .....	<b>126</b>
Gold .....	126
Exkurs: Das Bretton-Woods-System .....	133

Silber .....	144
Platinmetalle .....	152
Platin .....	156
Palladium .....	160
Rhodium .....	164
Ruthenium .....	166
Iridium .....	167
Osmium .....	168
<b>Strategische Metalle. ....</b>	<b>169</b>
Antimon .....	172
Chrom .....	173
Kadmium .....	174
Kobalt .....	174
Magnesium .....	175
Mangan .....	176
Molybdän .....	176
Niob .....	178
Quecksilber .....	179
Tantal .....	179
Titan .....	180
Vanadium .....	181
Wismut .....	181
Wolfram .....	182
Zirkonium .....	182
<b>Agrarische Rohstoffe .....</b>	<b>185</b>
<b>Allgemeines .....</b>	<b>185</b>
Worauf Anleger achten müssen .....	187
Exkurs: El Niño und La Niña .....	190
Die Rohstoffpolitik steht immer wieder am Pranger .....	192
Die Zeiten werden sich ändern .....	194
Das unterschätzte Konfliktpotenzial .....	197
Die Landflucht als Herausforderung .....	197
Welthandelsorganisation und die Agrarmärkte .....	199
Und was ist eigentlich mit der VR China? .....	203
Nahrungsmittel kontra erneuerbare Energien .....	204
<b>Getreide .....</b>	<b>206</b>
Mais .....	220
Weizen .....	224
Reis .....	228
Sojabohnen .....	236
<b>Zucker .....</b>	<b>240</b>
<b>Kaffee .....</b>	<b>247</b>
<b>Kakao .....</b>	<b>257</b>

Baumwolle .....	263
Wolle .....	268
Orangensaft .....	273
Düngemittel .....	280
Kartoffeln .....	290
<b>Sonstige Rohstoffe .....</b>	<b>299</b>
Diamanten .....	299
Die Rohstoffquelle Wald – Vom Holz zum Zellstoff zum Papier ...	316
Kautschuk .....	327
<b>Investieren In Rohstoffe .....</b>	<b>337</b>
Direktinvestments in Rohstoffe .....	339
Populäre Anlageformen bei Edelmetallen .....	341
Minen-Aktien .....	345
Rohstoff-Aktien-Investmentfonds .....	356
Rohstoff-Futures .....	358
Exkurs: Contango und Backwardation .....	363
Exchange Traded Funds – ETFs .....	366
Contracts for Differences – CFDs .....	370
Hedge Funds und Rohstoffe .....	372
Strukturierte Produkte .....	374
Rohstoffindizes .....	380
Spezialitäten I .....	386
Spezialitäten II .....	391
<b>Tabellen-Anhang .....</b>	<b>395</b>







simplified

DIE SIMPLIFIED-BUCHREIHE  
[WWW.SIMPLIFIED.DE](http://WWW.SIMPLIFIED.DE)

# TRADERS Journal

■ ■ ■ Mehr Wissen

Das 14-tägige Magazin für den Trader

- › **Hochwertig**
- › **Aktuell**
- › **Informativ**

»Ein ungeheurer Schatz an  
Anlageideen, mit der richtigen  
Mischung KnowHow.«

Dr. Gregor Bauer, Vorstandsvorsitzender der VTAD

Jetzt **KOSTENLOS** abonnieren unter:

---

[www.traders-journal.de](http://www.traders-journal.de)

FinanzBuch Verlag  
| Veranstaltungen |

## Profiwissen für Privatanleger!

Seminare für Ihren Erfolg in jeder Börsenlage

Wir bieten Ihnen ständig neue Seminare zu allen Themen,  
gehalten von den besten internationalen und nationalen Experten und Profitradern.

Anlagestrategien, Trading, Trading-Strategien, Candlesticks, Technische Analyse,  
Money-Management, Handelssysteme, Psychologie und vieles mehr –

hier heißt es: Von den Besten lernen!

[www.finanzbuchverlag.de/veranstaltungen](http://www.finanzbuchverlag.de/veranstaltungen)

# Vorwort Udo Rettberg

Die Welt der Rohstoffe und Urstoffe ist nicht nur so alt wie die Erde, sondern auch ebenso spannend wie deren Geschichte. Von der »Faszination Rohstoffe« wurde ich vor 25 Jahren zum ersten Mal 4.000 Meter unter der Erde in südafrikanischen Goldbergwerken erfasst. In der Folgezeit habe ich bei meinen Reisen in mehr als 80 Länder auf allen fünf Kontinenten die Suche und Exploration nach Commodities aufmerksam verfolgt.

Als der FinanzBuch Verlag Ende 2005 den Vorschlag unterbreitete, ein grundlegendes Buch über die Rohstoffmärkte unter dem Titel »Commodities Simplified« zu schreiben, stimmte ich zu. Doch rasch machte ich die Erfahrung, dass das Thema Rohstoffe gar nicht so »simpel« darzustellen ist. Die Recherche über die vergleichsweise komplexe Materie erforderte mehr Zeit als zunächst gedacht. Mein Dank geht an alle, die mir bei der Umsetzung der Idee hilfreich zur Seite standen.

Mein besonderer Dank gilt Martin Blum, der an der Universität in Kassel forscht und sich für dieses Buch der wichtigen Zukunftsthemen »Erneuerbare Energien« und »Methanhydrat« angenommen hat. Darüber hinaus danke ich Franziska Blum von der tkMedia AG für die Übernahme zeit- und aufwendiger Recherche-Arbeiten und für die Erstellung von Tabellen und Grafiken.

*Udo Rettberg, im Januar 2007*



# Vorwort Philip Holzer

Wenn Anleger heute über Investmentmöglichkeiten nachdenken, landen sie immer öfter beim Thema Rohstoffe. In den vergangenen fünf Jahren haben Energieträger, Metalle und auch Agrarprodukte einen festen Platz in den Anlegerdepots erobert. Der Hauptgrund hierfür war die überzeugende Kursentwicklung vieler Commodities in diesem Zeitraum. Vor allem die Preise von Industriemetallen wie Kupfer oder Zink stiegen um ein Vielfaches.

Diese außergewöhnliche Performance ruft natürlich auch Kritiker auf den Plan. Rohstoffe, so die warnenden Stimmen, könnten nur eine neue Modeerscheinung sein und ähnliche Kurverluste verursachen wie die High Tech-Blase zur Jahrtausendwende. Schließlich ist nicht einmal ein Jahrzehnt vergangen, als Themen wie der Neue Markt oder TMT (Technologie, Medien und Telekommunikation) die Investmentlandschaft bestimmten. Heute ist der Neue Markt längst Geschichte. Viele dot.com-Firmen sind von der Bildfläche verschwunden. Nur wenige Unternehmen mit nachhaltigen Geschäftsmodellen existieren weiterhin.

Nach hohen Kursgewinnen sind kritische Fragen sicherlich berechtigt. Doch zwischen Rohstoffen und High Tech-Unternehmen gibt es feine Unterschiede. Die Geschäftsmodelle vieler Internetfirmen waren so undurchsichtig, dass sie ein Großteil der Bevölkerung nicht nachvollziehen konnte. Dagegen sind Rohstoffe etwas, mit dem Menschen täglich in Berührung kommen – beispielsweise auf dem Frühstückstisch, in der Wohnung oder im Auto. Commodities bilden schon seit vielen Generationen die Basis für den Handel, das Funktionieren und das Wachstum einer jeden Volkswirtschaft.

Dass der Bedarf an Rohstoffen in den vergangenen Jahren zunahm, lag vor allem an den Schwellenländern, die als neue Nachfrager auf den Plan traten. Die Emerging Markets haben einen großen Nachholbedarf an Infrastrukturprojekten. Es fehlt beispielsweise an Straßen, Auto-

bahnen, Brücken, Energieversorgung und funktionsfähigen Telekommunikationsnetzen. Der Aufbau dieser Strukturen erfordert riesige Mengen an Öl und Gas, Industriemetallen und Zement. Wenn die Bevölkerung in diesen Regionen weiter wächst und der Wohlstand zunimmt, dürfte auch der Nahrungsmittelbedarf und damit die Nachfrage nach Agrargütern wachsen.

Unter den neuen Nachfragern nimmt China aufgrund seiner Größe eine Sonderstellung ein. Das Reich der Mitte hat sich bereits als „Werkbank der Welt“ etabliert. Der permanente Bedarf an Arbeitskräften zieht Jahr für Jahr etwa 25 Millionen Menschen von den ländlichen Regionen in die Städte. An der Küste entsteht so eine Metropole nach der anderen. Durchschnittlich bauen die Chinesen jede Woche das Äquivalent der Stadt Frankfurt mit rund 500.000 Einwohnern neu. Alle Neuankömmlinge benötigen eine Wohnung. Sie nutzen Verkehrsmittel, gehen einkaufen und wollen telefonieren. Indirekt fragen die neuen Stadtbewohner Rohstoffe nach.

Die Nachfrage ist aber nur eine Seite der Medaille. Um eine Aussage über mögliche Preisentwicklungen zu treffen, ist auch ein Blick auf die Angebotsseite nötig. Es ist bekannt, dass viele Rohstoffe in politisch instabilen Regionen lagern. So befinden sich gerade im Nahen Osten, in Afrika oder in Lateinamerika große Ölvorräte. Politische Unruhen, Streiks, Bürgerkriege, gezielte Sabotageaktionen auf Raffinerien und Pipelines können jederzeit zu Förderungs- oder Lieferausfällen führen – und damit zu einer Verknappung des Angebots.

Unter den Commodities gibt es allerdings feine Unterschiede. Öl ist nicht gleich Öl. Metall ist nicht gleich Metall. Und auch Weizen ist nicht gleich Weizen. Um sich eine Meinung über mögliche Kursentwicklungen zu bilden, ist daher viel Detailarbeit gefragt. Udo Rettberg gibt in seinem Buch „Rohstoffe“ einen tiefen Einblick in diese umfangreiche Materie. In zahlreichen Portraits stellt er nicht nur bekannte Commodities vor, sondern auch weniger beachtete. So beleuchtet Rettberg, der die Rohstoffmärkte schon seit mehr als zwei Jahrzehnten verfolgt, bei den fossilen Energieträgern nicht nur Erdöl und Erdgas, sondern auch Kohle. Innerhalb der Metalle stellt er nicht nur bekannte Edel- und Buntmetalle wie Gold und Silber bzw. Kupfer und Zink vor, sondern auch so genannte strate-

gische Metalle wie Chrom, Molybdän, Quecksilber oder Wolfram. Neben geschichtlichen Aspekten und der jeweiligen Analyse der Angebots- und Nachfragesituation lockert Rettberg die Materie mit interessanten Exkursen auf, beispielsweise über die Wetterphänomene „El Nino“ und „La Nina“ auf.

Während sich die ersten Kapitel des Buches der detaillierten Vorstellung der verschiedenen Rohstoffe widmen, zielt der spätere Teil auf die Rolle der Commodities als Investmentmöglichkeiten ab. Mittlerweile haben Anleger vielfältige Möglichkeiten, um an der Preisentwicklung von Rohstoffen teilzunehmen. Hervorzuheben sind hierbei verbrieftete Derivate, wie Anlagezertifikate und Hebelprodukte. Da das Gros der Commodities an Terminbörsen wie der London Metal Exchange oder der Chicago Board of Trade gehandelt wird, waren diese Investments für viele Privatanleger nicht zugänglich. Die meisten Depotbanken verlangten bei Investments in Futures-Kontrakte hohe Mindestanlagesummen und schufen damit hohe Zugangsbarrieren. So waren Rohstoffaktien bzw. Fonds, die in Rohstoffaktien anlegen, lange Zeit die einzige Investmentmöglichkeit für Privatinvestoren.

Das hat sich geändert. Derivate bieten den Zugang zu verschiedenen Energieträgern, Industrie- und Edelmetallen sowie Agrarprodukten. Aufgrund der Vielseitigkeit der Derivate können Investoren unterschiedliche Strategien an den Rohstoffmärkten umsetzen. Sie können beispielsweise mit Open-End-Zertifikaten eins zu eins an der Kursentwicklung von Rohstoffen oder Rohstoffindizes teilnehmen. Garantiezertifikate bieten konservativen Anlegern einen Komplettschutz gegen Verluste, Airbag- oder Bonus-Zertifikate eine Teilabsicherung. Mit Discount- oder Express-Zertifikaten lassen sich Renditen in Seitwärts- oder moderat steigenden Märkten optimieren. Dagegen kommen spekulative Anleger mit Hebelprodukten wie etwa Mini Futures auf ihre Kosten.

Dass Rohstoff-Zertifikate bei Anlegern beliebt sind, beweist die jüngste Statistik des Derivate Forums. Ende 2006 entfiel auf die Anlageklasse „Währungen/Rohstoffe“ immerhin ein Anteil von nahezu 1,8 Prozent des Open Interests – also der Summe, die hiesige Anleger in Derivaten angelegt haben. Ende 2004 lag dieser Anteil noch bei 0,2 Prozent. Bei einem geschätzten Marktvolumen von 110 Milliarden Euro haben deut-

sche Investoren also schon fast 2 Milliarden Euro in Rohstoff-Derivaten angelegt.

Goldman Sachs blickt bis hin zu den Wurzeln unserer Tochterfirma J Aron & Company auf fast elf Jahrzehnte Erfahrung im Rohstoffhandel zurück. Heute haben wir das größte Angebot an Zertifikaten auf Rohstoffe. Die breite Palette mit unterschiedlichen Strukturen und vielfältigen Basiswerten ist das Ergebnis von langjährigem Know How in diesem Segment. Der Goldman Sachs Commodity Index (GSCI), der die Preisentwicklung von 24 verschiedenen Rohstoffen abbildet, ist heute der wichtigste Rohstoffindex. Er wurde bereits 1991 eingeführt – lange bevor die jüngste Rohstoff-Hausse ihren Anfang nahm.

*Frankfurt, im Januar 2007*

*Philip Holzer,*  
Managing Director und  
Global Head of Securitised  
Derivatives bei Goldman Sachs



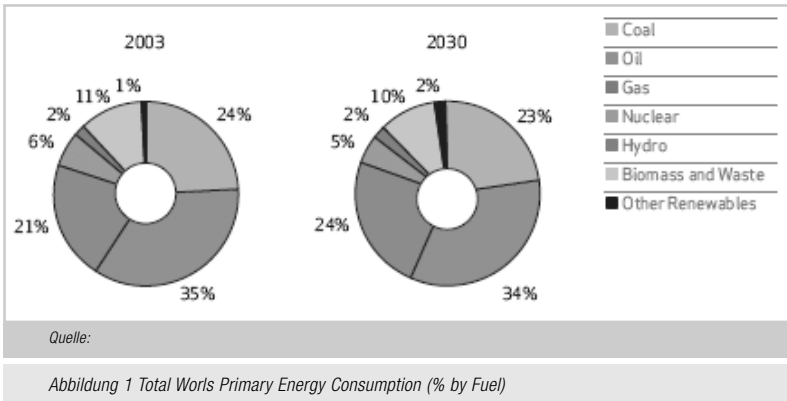
# 1 Energie-Rohstoffe

Für die Menschheit ist Energie lebensnotwendig. Ohne Energie ist Leben nicht denkbar. Energieträger wie Erdöl, Erdgas oder Kohle sind Rohstoffe, die gemeinsam mit den Urstoffen Wasser, Erde und Luft auch das ökonomische und gesundheitliche Wohl und Wehe der Menschen bestimmen. Als Energie wird allgemein die Möglichkeit oder Fähigkeit eines Systems bezeichnet, Arbeit zu verrichten. Energie wird in der Einheit Joule als Produkt von Zeit und Leistung gemessen. Ein Joule entspricht dabei einer Wattsekunde. Nach der Reihenfolge ihres Einsatzes lässt sich Energie in vier Stufen einteilen:

1. Primärenergieträger kommen in der Natur direkt vor.
2. Diese Primärenergie wird (in Kraftwerken oder Raffinerien) dann in Sekundärenergie umgewandelt.
3. Als Endenergie wird die Energie am Ort des Verbrauchs bezeichnet.
4. Diese Endenergie wird dann in Nutzenergie (Heizwärme, Licht) umgewandelt.

Die Märkte für energetische Rohstoffe bestimmen maßgeblich die Entwicklung der Weltwirtschaft. Wirtschaftliches Wachstum in der Welt ist ohne einen erhöhten Energieeinsatz nicht möglich. Für die meisten multinationalen Forschungsinstitute steht fest: Der Weltenergieverbrauch wird im Jahr 2030 – ungeachtet der zu erwartenden Fortschritte bei der Energie-Effizienz – um mehr als 60 Prozent über dem Niveau des Jahres 2005 liegen.

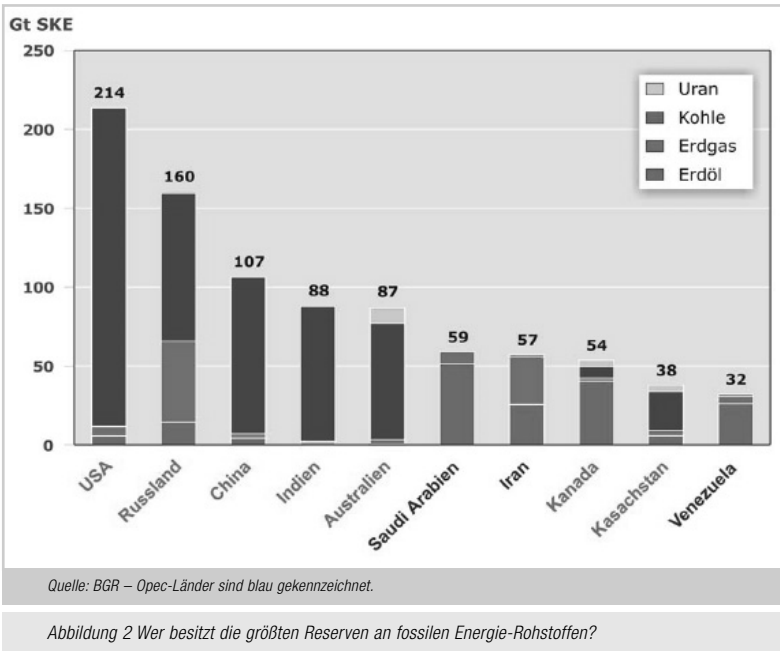
Wie die Primärenergieträger Erdöl, Erdgas, Kohle und Uran derzeit eingesetzt werden und welche Erwartungen die Internationale Energie Agentur (IEA) in Paris für die nächsten 25 Jahre hegt, ist aus Abbildung 1 »Globaler Primärenergie-Verbrauch« abzulesen. Daraus ist zu ersehen, dass fossile Primärenergieträger noch für lange Zeit den Schwerpunkt der Energieversorgung bilden. In diesem Zusammenhang ist auch anzumerken, dass die Reserven an fossilen Energieträgern nicht so rasch zur Neige



gehen, wie viele Experten dies verkünden. Berücksichtigt man zum Beispiel den – allerdings »ungeliebten« – Energieträger Kohle in einer Welt-Energiebilanz, so ist festzustellen, dass die bekannten Vorräte noch für lange Zeit ausreichen werden (siehe Abb. 2).

Hieraus ist ersichtlich, dass fossile Energie-Rohstoffe noch für viele Jahrzehnte in ausreichender Menge zur Verfügung stehen. Daraus ist abzuleiten: Noch besteht nicht die Chance (unter Klimaschutz-Aspekten allerdings die Notwendigkeit), den globalen Energieverbrauch in einer wirklich beachtlichen Größenordnung durch nicht-fossile Energieträgern zu decken. Aus einer anhaltend hohen Nutzung fossiler Energieträger resultieren allerdings erhebliche Umweltprobleme. Wohl in keinem Land der Erde kann Energiepolitik heute völlig losgelöst von der Umweltpolitik umgesetzt werden.

Denn der durch die Steigerung schädlicher Treibhausgase verursachte Klimawandel verlangt energiepolitisch ein Umdenken, da jede Umwandlung und Nutzung von Energie Rückwirkungen auf die Natur und auf das menschliche Leben hat. Aus diesem Grunde muss die Politik zwischen den drei zentralen Zielen der Energiepolitik – nämlich Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit und Umweltverträglichkeit – ein ausgewogenes Verhältnis finden.



Der globale Energiemarkt steht daher in den kommenden Jahren vor allem vor vier riesig erscheinenden Herausforderungen. Erstens ist das Ende des Ölzeitalters absehbar. Zweitens wird ein stärkerer Einsatz erneuerbarer Energien notwendig. Drittens dürfte die in vielen Ländern der Welt gehegte Zurückhaltung gegenüber der Atomenergie (und damit dem Rohstoff Uran) immer stärker weichen. Und viertens wird es in den kommenden Jahren zu einem Quantensprung bei der Entwicklung neuer Energietechnologien mit dem Ziel einer erhöhten Energieeffizienz kommen müssen. Ein fünfter – wichtiger Punkt – wird in den Diskussionen oft unterschlagen. Die Weltbevölkerung wird nach den Prognosen des Earth Policy Institute (siehe Abb. 3) in den nächsten Jahren weiter kräftig wachsen.

All dies bedeutet konkret: Auf dem globalen Energiemarkt sind im Ziel-dreieck Versorgungssicherheit, Klimaschutz und Wohlstand für die nächs-

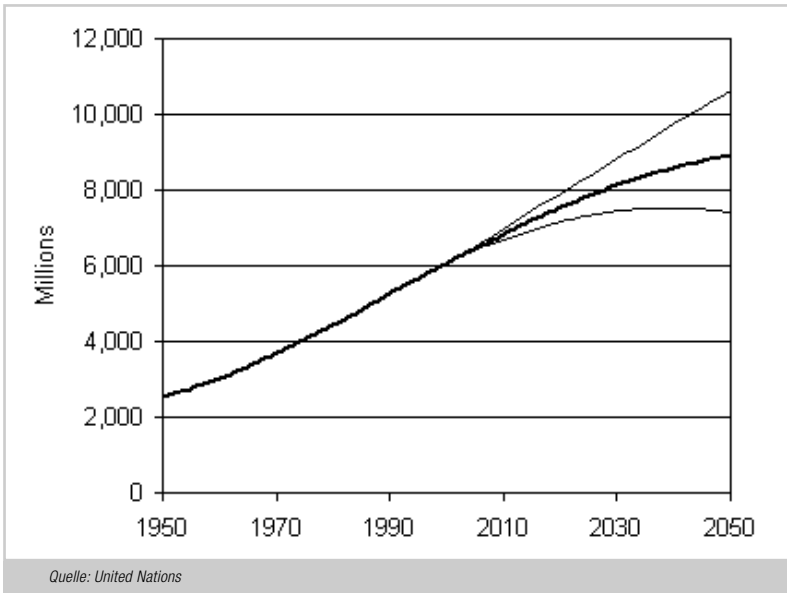
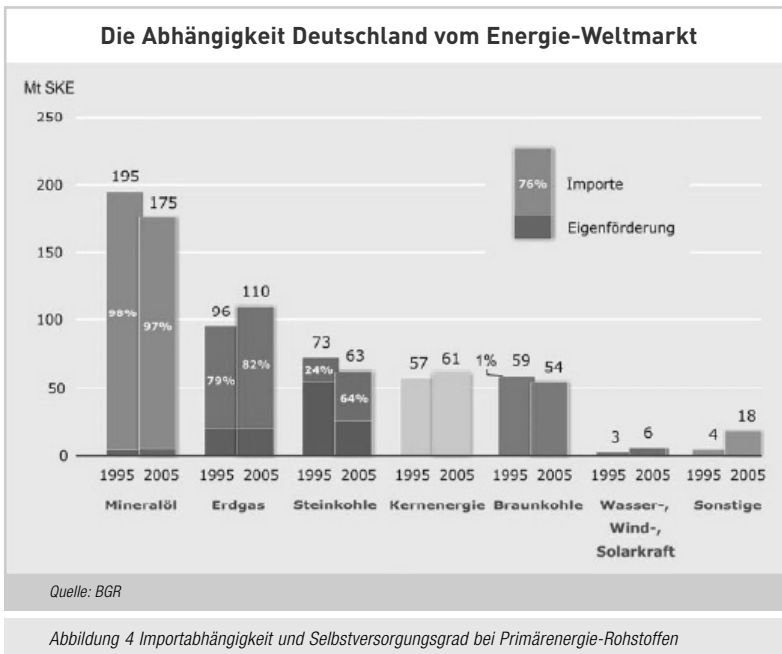


Abbildung 3 World Population, 1950–2000, with Projections to 2050

ten Jahrzehnte erhebliche Umbrüche vorgezeichnet. Vor diesem Hintergrund überrascht es nicht, dass die Energiepolitik bei zahlreichen Regierungen in der westlichen Welt inzwischen zur Chefsache erklärt worden ist. Das gilt auch für Bundeskanzlerin Angela Merkel, die im Jahr 2006 – also mit reichlicher Verspätung – zu mehreren Energiegipfeln einlud. Ein Blick auf die Abhängigkeit Deutschlands von Importen energetischer Rohstoffe zeigt zum einen die Sensibilität der Energieversorgung, zum anderen sind dies keine neuen Erkenntnisse, sodass den Politikern in Berlin gerade aus diesem Grund Leichtfertigkeit, vielleicht sogar Fahrlässigkeit bei der Suche nach Antworten auf diese Frage vorzuwerfen ist (siehe Abb. 4).

Viele Anzeichen sprechen dafür, dass sich die Lage für Industrieländer wie Deutschland in den kommenden Jahren nicht verbessern, sondern eher verschlechtern wird. Denn der Energieverbrauch wird weltweit weiter zunehmen. Einige Experten sprechen sogar davon, dass der von der



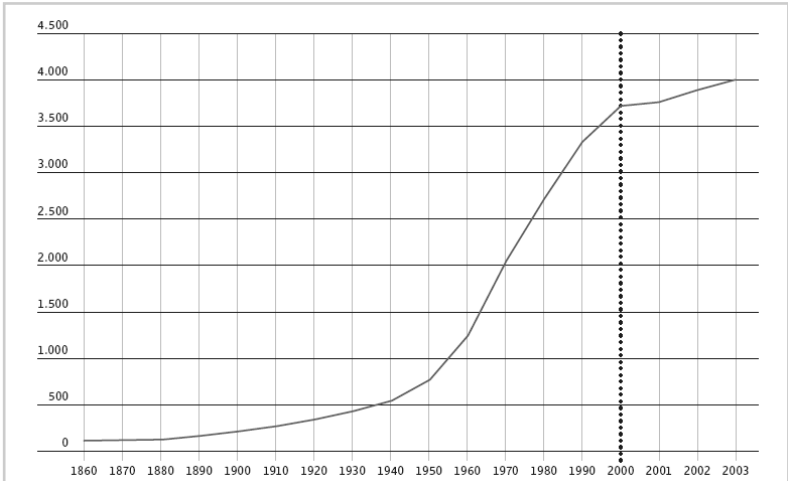
Regierung Bush geführte Krieg im Irak erst der Anfang eines in den kommenden Jahren an mehreren Fronten geführten »Kriegs um Energie« sein wird (siehe Abb. 5).

Als energetische Rohstoffe gelten im Prinzip alle **Primärenergieträger**; denn die sogenannten **Sekundärenergieträger** wie zum Beispiel Wasserstoff müssen mit Hilfe der Elektrolyse unter dem Einsatz von Primärenergieträgern erst aus ihrer jeweiligen Verbindung gelöst werden (siehe Abb. 6).

Der Begriff *Primärenergieträger* umfasst

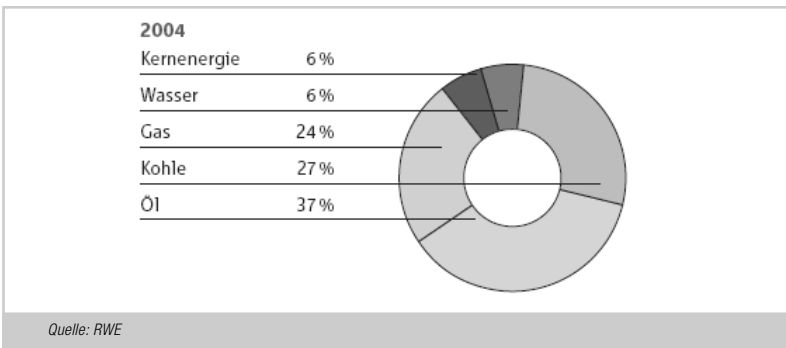
1. Fossile Energieträger
  - 1.1 Erdöl
  - 1.2 Erdgas

# 1 | Energie-Rohstoffe



Quelle: OECD Development Centre, BP und RWE-Berechnungen

Abbildung 5 Langfristige Trendentwicklung des Weltprimärenergieverbrauchs (1860 = 100)



Quelle: RWE

Abbildung 6 Der Energie-Mix im Jahr 2004

- 1.3 Kohle
- 1.4 Uran (Kernbrennstoff)
- 1.5 Sonstige wie Methanhydrat
  
- 2. Erneuerbare Energien
  - 2.1 Biomasse und ihre Produkte wie Biogas, Ethanol, Biodiesel
  - 2.2 Sonnenenergie
  - 2.3 Wasserkraft
  - 2.4 Windenergie
  - 2.5 Erdwärme (Geothermie)
  - 2.6 Gezeitenkraft
  - 2.7 Wasserstoff

## Fossile Energieträger

### Erdöl

Erdöl ist in der heutigen modernen Industriegesellschaft einer der wichtigsten Rohstoffe überhaupt. Wegen seines flüssigen Aggregatzustandes ist Erdöl relativ einfach und kostengünstig zu fördern, zu transportieren und zu lagern. Es wird in Raffinerien verarbeitet und kann ohne größeren Aufwand an Energie und Kosten in verschiedene Produkte zerlegt und in unterschiedlichen Bereichen zielgerichtet eingesetzt werden. Die Favoritenrolle von Rohöl als Energieträger hat ihre Ursachen auch darin, dass es über eine höhere Energiedichte (Energieinhalt, bezogen auf Volumen oder Gewicht) als alle anderen konkurrierenden Primärenergieträger verfügt. Dass der Preis für Erdöl sowohl ein politischer Preis als auch ein Knappheitspreis ist, kann daraus ersehen werden, dass die langfristigen Grenzkosten der Ölgewinnung außerhalb der Opec-Länder zwischen sechs und 15 US-Dollar je Barrel liegen.

Das hauptsächlich aus Kohlenwasserstoffen in Form von lipophilen Stoffgemischen bestehende Naturprodukt Erdöl kommt in den Gesteinen der Erdkruste vor. Es beschränkt sich dabei weitgehend auf jene Gesteine, die aus Meeresalgenablagerungen entstanden sind und die in der Fachsprache als Sedimentgesteine bezeichnet werden. Daneben kommen in der

Natur jedoch auch Erdölfelder in Gesteinen von kontinentalem oder aber von Süßwasserursprung vor. In anderen Gesteinen der Erdkruste – den sogenannten Tiefen- oder Ergussgesteinen – sind Erdölvorkommen dagegen außerordentlich selten beziehungsweise nur dort möglich, wo ein enger Kontakt mit Sedimentgesteinen besteht.

Auf Grund dieser Tatsache erfordern die erfolgreiche Suche nach und die Exploration von möglichen Erdölvorkommen ein fundiertes geologisches Fachwissen. Die große Bedeutung dieses Rohstoffs ist nicht zuletzt daran zu erkennen, dass die Preistrends keines anderen Rohstoffs weltweit in der breiten Öffentlichkeit so große Beachtung finden wie die des Erdöls und der aus ihm abgeleiteten Produkte, der Öl-Derivate wie Heizöl, Benzin oder Kerosin. Die Preise dieses fossilen Energieträgers sind auch für die Notenbanken und die führenden Wirtschaftsorganisationen in der Welt eine wichtige Orientierungsgröße für die Prognose des Wachstums der Weltwirtschaft oder der Inflationstendenzen.

Weil Erdöl unter anderem zur Produktion von Treib- und Heizstoffen eingesetzt wird und es darüber hinaus für die seit Jahrzehnten boomende chemische Industrie unverzichtbar ist, besitzt es eine herausragende wirtschaftliche Bedeutung. Eigentlich – und da sind sich die meisten Wissenschaftler einig – ist Erdöl viel zu wertvoll, um es lediglich als Energieträger einzusetzen und schlichtweg zu verbrennen. Der enorme ökonomische Nutzen von Erdöl kommt vor allem darin zum Ausdruck, dass für die Öffentlichkeit die Entwicklung des Preises für Benzin und andere Treibstoffe – also von aus Erdöl hergestellten Produkten – eine große Rolle spielt, weil steigende Benzin- und Kerosinpreise zum Beispiel einen erheblichen Einfluss auf das verfügbare Einkommen der Verbraucher oder für die Erträge der Fluggesellschaften haben.

Es gibt verschiedene Theorien zur Entstehung des Erdöls. Die Erde ist wahrscheinlich aus einer riesigen Kugel heißer Gase entstanden, die sich traditioneller Theorien zufolge dann verdichtet und abgekühlt haben. Der flüssige Erdball teilte sich im Zuge seiner schrittweisen Abkühlung in drei Zonen, den Erdkern, den Erdmantel und die Erdkruste. Zwischen Mantel und Kruste liegt als das tiefste Krustengestein eine Basaltschicht – und zwar sowohl unter den Kontinenten als auch unter den Ozeanen. Diese basaltischen Gesteine werden nach den Anfangsbuchstaben ihrer



Hauptbestandteile Silicium, Eisen, Magnesium und Aluminium als »Sima« bezeichnet. An der Oberfläche des Erdmantels sind mächtige Materialblöcke zu riesigen Schollen erstarrt, aus denen die heute bekannten Kontinente entstanden sind. Die Kontinente enthalten nur wenig Magnesium und werden deshalb in der Abkürzung für Silicium, Eisen und Aluminium als »Sial« bezeichnet.

Die Wissenschaft spricht davon, dass vor etwa 500 bis 600 Millionen Jahren – also vor einem Zeitraum, der die Dimensionen zeitlichen Denkens von heute im Durchschnitt gerade einmal 75 bis 80 Jahre alt werdenden Menschen nicht selten weit übersteigt – durch besondere klimatische Bedingungen eine Verteilung von Land und Wasser stattgefunden hat. Alle Wahrscheinlichkeit spricht dafür, dass es tierisches Leben auf der Erde und damit auch im Meer seit dem Präkambrium gibt. Über einen langen Zeitraum hinweg hat ein ständiger »Regen« abgestorbener Organismen zu Ablagerungen organischer Materialien geführt.

Das Meerwasser enthält in der Regel größere Mengen Sauerstoff in gelöster Form, sodass ein großer Teil des abgestorbenen organischen Materials oxidierte, bevor es den Meeresboden erreichte. Fällt eine zu große Menge dieses Materials an, ohne dass das Meerwasser im Fluss ist und entsprechend gut durchlüftet wird, kann es zu einer unzureichenden Zufuhr von Sauerstoff kommen. Bestimmte Bakterien, die für ihren Stoffwechsel keinen Sauerstoff benötigen, sind in diesem Fall in der Lage, die organische Materie so weit umzuwandeln, dass daraus Erdöl entsteht.

An den Stellen des Meeresbodens, bei denen sich feinkörnige tonige Sedimente abgelagert haben, entwickelten sich meist sauerstoffarme oder sauerstofffreie Verhältnisse. Entfallen auf ein solches Gebiet darüber hinaus größere Mengen organischer Materie, so spricht dies für ein Erdölvorkommen. Dieses Öl kann dann zusammen mit dem bei der Verfestigung ausgepressten Wasser in Sandstein einwandern. Im Lauf der Zeit wurde aus einer Vielzahl winziger Öltröpfchen im Porenraum des Sandsteins dann ein Gebilde längerer Tröpfchen und Ölfäden. Je größer die Ansammlungen wurden, umso höher wurde die Wahrscheinlichkeit, dass sie durch die geringen Druckdifferenzen beziehungsweise Fließgeschwindigkeiten des Wassers in Bewegung gerieten.

Die »biogenetische Theorie« geht davon aus, dass Erdöl aus Meeresorganismen (Plankton) entstanden ist, die abstarben, absanken und auf dem Meeresboden von Sedimenten bedeckt wurden. Durch das Absinken der Sedimente wurde die organische Materie hohem Druck und hoher Temperatur ausgesetzt. Unter diesen Bedingungen wandelten sie sich in Kerogene um, organische Stoffe, die vorwiegend aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehen. Im Verlauf der weiteren Diagenese wurden die Kerogene bituminös. Sedimentgestein, das solche Kerogene enthält, wird allgemein als Erdölmuttergestein bezeichnet. Fein verteilte Kerogene können bei hohen Temperaturen wandern. Bei dieser »Migration des Erdöls« vereinigen sich die Kerogene zu kompakteren Massen, zu Erdöl.

Gefunden wurde Erdöl schon vor einigen tausend Jahren, weil es eine deutlich niedrigere Dichte als Wasser hat, deshalb in den Hohlräumen der Schiefer-, Sand- und Karbonatsedimente nach oben steigt und daher an die Erdoberfläche gelangen kann. Die Kraft des fließenden Wassers bewegt das Erdöl durch die Porenräume des Gesteins, weil das Öl auch den Gesetzen der Schwerkraft unterliegt. Da es leichter ist als Wasser, hat Erdöl auf seinem gemeinsamen Weg mit dem Wasser eine nach oben gerichtete Tendenz.

Dieser Aufwärtsdruck wird gebremst, wenn Öl auf Gestein stößt, dessen zu geringe Porenräume einen Aufstieg des Öls nicht mehr zulassen. In diesem Fall hat das Erdöl eine abdeckende Schicht – den so genannten »cap rock« – erreicht. In zahlreichen Gebieten der Erde ist das Öl vom Ort seiner Entstehung bis zur Lagerstätte viele Kilometer geflossen. Wenn Öl also an undurchlässigem Schiefer- oder einer anderen dichten Gesteinsschicht nicht weiter aufsteigen kann und in nicht zu großer Tiefe stecken bleibt, ist Erdöl schon durch oberflächennahe Bohrungen aufzufinden.

Bis an die Erdoberfläche hervorquellendes Erdöl, das durch die Aufnahme von Sauerstoff asphaltartige Stoffe bildete, wurde schon vor 12.000 Jahren im Vorderen Orient, vor allem in Mesopotamien, entdeckt. Die Menschen lernten die Eigenschaften dieses Naturprodukts zu nutzen: So erhielt man durch das Vermischen von Erdöl mit Sand, Schilf und anderen Materialien ein Produkt zur Abdichtung von Schiffsplanken.

Von den Babyloniern stammt das Wort »naptu« (abgeleitet von nabatu = leuchten) für Erdöl. Dieser Begriff kommt in der Bezeichnung »Naphtha« zum Ausdruck. Hieraus schließen Historiker, dass Öl schon sehr früh Beleuchtungszwecken diente. Die Babylonier waren es auch, die stark genutzte Wege zu Kultstätten mit einer dünnen Asphaltsschicht – seinerzeit als »Erdpech« bezeichnet – bedeckten. Belege hierfür sind in einem Gesetz von Hammurabi aus dem Jahr 1875 vor Christi zu finden, der dem »Erdpech« einige Kapitel in diesem Werk widmete. Der in Deutschland noch heute verwendete Begriff »Petroleum« geht auf die römische Sprache zurück. Dies ist aus »oleum petrae« abzuleiten, was ins Deutsche mit Stein- oder Felsöl übertragbar ist.

Erdöl fand in früheren Zeiten auch als angebliches Heilmittel Anwendung. Während des Ölbooms rund um das Jahr 1860 gab es zahlreiche Quacksalber, die das vermeintliche Wundermittel gegen allerlei Gebrechen verkauften. Schon bald erkannte man jedoch, dass es sich hier lediglich um betrügerische Geschäftemacher handelte. Die eigentliche Ausbeutung der großen Erdöllagerstätten in der Welt begann allerdings erst im 19. Jahrhundert. Liest man aufmerksam in alten Aufzeichnungen, so erscheint einem der Grund für die erste systematische Ausbeutung der Vorkommen heute beinahe banal.

Denn als Grund wird der seinerzeit bestehende Bedarf an einem geeigneten Brennstoff für die zu dieser Zeit genutzten Lampen angeführt. Bekanntlich wurde als Lampenbrennstoff vor allem Walöl eingesetzt, doch war dieses lediglich für die Reichen erschwinglich. Darüber hinaus verwendeten die Bürger noch Talgkerzen, die zu dieser Zeit jedoch noch nicht so weit entwickelt waren, dass der unangenehme Geruch vermieden werden konnte. Und die ersten Gaslampen gab es zu diesem Zeitpunkt lediglich in einigen wenigen, modernen und hochherrschaftlichen Häusern.

Nicht zuletzt aus diesen Gründen entwickelte die Wissenschaft Mitte des 19. Jahrhunderts Verfahren zur kommerziellen Nutzung der entdeckten Erdölvorkommen. So ist bekannt, dass sich der kanadische Arzt und Geologe Abraham Gesner im Jahr 1852 ein Patent auf die Herstellung eines relativ sauber brennenden, preisgünstigen Lampenbrennstoffs aus Petroleum (also Erdöl) sicherte. Im Jahr 1855 schlug der US-Chemiker Benja-

min Silliman vor, Erdöl mit Hilfe von Schwefelsäure zu reinigen, um es dann als Brennstoff zu verwenden.

### **Der Boom beginnt**

Vor diesem Hintergrund begann die Suche nach größeren Lagerstätten des Rohstoffs. Bohrungen werden niedergebracht, um nutzbare Mineralien, Gase oder Flüssigkeiten (wie Wasser) zu finden. Erste maschinell abgeteufte Bohrlöcher entstanden den Aufzeichnungen zufolge bereits vor mehr als 170 Jahren.

In Fachbüchern wird berichtet, das im Jahr 1833 in den USA bereits ein Bohrloch mit einer Teufe von 1.011 Feet (also etwas mehr als 300 Meter) entstanden war. Der Begriff »Teufe« ist ein im Bergbau angewandter Begriff, der im weiteren Sinne auch als Synonym für »Tiefe« angewandt wird. Als »Teufe« bezeichnet man fachsprachlich den vertikalen Abstand von der Oberfläche zu einem bestimmten Punkt untertage. Als »ewige Teufe« werden im Bergbau nicht mehr erreichbare Teile der Erdkruste bezeichnet. Den Experten war zur damaligen Zeit aufgefallen, dass bei im Zusammenhang mit der Suche nach Wasser und Salz durchgeführten Bohrungen gelegentlich Erdöl in die gebohrten Löcher sickerte. Als Verrohrung hatte man seinerzeit bei der Suche nach Wasser Teile ausgehöhlter Baumstämme eingesetzt. Das brachte einige findige Köpfe auf die Idee, anstatt nach Wasser direkt nach Erdöl zu bohren. So wurden die ersten Bohrungen im Jahr 1856 in Dithmarschen und im Jahr 1858 bei Wietze in Niedersachsen (heute Standort des Deutschen Erdölmuseums) durchgeführt.

In aller Welt berühmt wurde jene Bohrung, die Edwin L. (»Colonel«) Drake am 27. August 1859 am Oil Creek in Titusville im US-Bundesstaat Pennsylvania auf Geheiß des US-Industriemagnaten George H. Bissell durchführte. Drake stieß unter Einsatz von Dampfmaschinen mit seiner Bohrung in einer Tiefe von etwas mehr als 21,2 Metern auf die erste größere Öllagerstätte.

Doch brachte der technische Fortschritt die Entwicklung rund um den Rohstoff Erdöl zunächst ins Stocken. Grund: Die Entdeckung und Einführung des elektrischen Lichts war die Ursache dafür, dass Erdöl für geraume Zeit nicht mehr die große Bedeutung erlangte – bis es zur Entwicklung des Automobils kam. Wer in dieser Zeit die Chancen auf den

Siegeszug des Erdöls erkannte, waren die Top-Manager des Rockefeller-Imperiums, die seinerzeit größte Ölgesellschaft der Welt, die Standard Oil Company, gründeten. Die Rockefellers propagierten die Verwendung des aus Erdöl hergestellten Produkts Benzin und setzten sich gegen den »Autokönig« Henry Ford durch, der sich für Ethanol als Automobiltreibstoff ausgesprochen hatte.

Heute ist Erdöl als der wichtigste Rohstoff aus den modernen Industriegesellschaften nicht mehr wegzudenken. Aus diesem Grund wird Erdöl – auch in Anlehnung an den theoretischen Wertansatz des populärsten Edelmetalls als ein Quasi-Zahlungsmittel – als das »schwarze Gold« bezeichnet. Ungeachtet der Bedeutung von Erdöl muss sich die Welt schon heute auf die Zeit nach dem Ende des Ölzeitalters einstellen. Worin aber liegt die ökonomische Bedeutung von Erdöl? Der Rohstoff genießt eine hohe Anerkennung als Mittel zur Erzeugung von Strom und Treibstoff. Daneben – und das wird zu oft vergessen – wird Erdöl auch in der chemischen Industrie zur Herstellung von Kunststoffen und anderer Chemieprodukte eingesetzt. Eigentlich ist Erdöl viel zu wertvoll, um es einfach zu verbrennen.

Seit Beginn der kommerziellen Förderung im vergangenen Jahrhundert wurden bis dato rund 140 Milliarden toe (tons of oil equivalents – Tonnen von Öl-Äquivalenten) gefördert. Als zentraler Rohstoff ist Erdöl auch Gegenstand der Spekulation. Öl wird in Warentermingeschäften (Ölkontrakten) gehandelt; der Ölpreis beeinflusst zudem die allgemeinen Börsenkurse, weil in vielen Branchen eine Abhängigkeit vom Ölpreis besteht oder gesehen wird.

### **Die Peak-Oil-Theorie**

Schätzungen unabhängiger Experten zufolge dürfte im ersten oder zweiten Jahrzehnt des 21. Jahrhunderts die als Peak-Oil bekannte Spitze der so genannten Hubbert-Kurve erreicht werden. Das Erreichen des Maximums – der Spitze (»peak«) – in der globalen Ölförderung bedeutet, dass die Produktion von Erdöl ab diesem Zeitpunkt nicht mehr erhöht werden kann. Die Folge der Peak-Oil-Spitze könnte ein kräftiger Anstieg des Ölpreises sein.

Das Horrorszenario explodierender Ölpreise ist jedoch nur dann wahrscheinlich, wenn es der Menschheit im nächsten Jahrzehnt nicht gelin-

**Pro-Kopf-Verbrauch von Rohöl (Angaben pro Barrel im Jahr)**

Land	Jahr 1995	Jahr 2000	Jahr 2005
Kuwait	37,0	39,8	45,6
Saudi Arabien	26,4	27,8	30,8
VAE	52,3	37,7	29,8
USA	24,6	25,9	26,0
Kanada	22,6	24,0	25,8
Niederlande	18,1	19,6	22,8
Libyen	16,0	16,7	17,5
Südkorea	16,3	16,6	16,3
Taiwan	12,7	13,6	15,7
Japan	16,2	16,0	15,4
Spanien	11,1	12,9	14,1
Frankreich	12,1	12,4	11,9
Deutschland	12,9	12,3	11,5
Russland	6,7	6,6	6,6
Brasilien	4,1	4,7	4,4
China	1,0	1,3	1,4
Indien	0,7	0,8	0,9

*Quellen: BP, ENI, EIA, tkMedia AG – Statistiken der einzelnen Länder*

*Tabelle 1*

gen sollte, in der Energiepolitik neue Wege zu gehen und einen großen Quantensprung, zum Beispiel beim Einsatz von Wasserstoff und/oder Brennstoffzellen, zu machen. Noch sind entsprechende Lösungsansätze nicht zu erkennen, doch ist der Glaube an die Fähigkeit des Menschen zur Lösung bedrohlicher Entwicklungen nach wie vor vorhanden.

Bislang wurden in der Geschichte der Menschheit rund 900 Milliarden Barrel Erdöl gefördert. Die meisten Reserven wurden in den 1960er-Jahren entdeckt. Seit Beginn der 1980er-Jahre liegt die jährliche Förderung (2005) bei 30,4 Milliarden Barrel (83,3 Millionen Barrel pro Tag) über der Kapazität der neu entdeckten Reserven, sodass seit dieser Zeit die vorhandenen Reserven abnehmen.

Deshalb wird von den meisten Experten mit einem Fördermaximum, dem Peak Oil, zwischen 2010 und 2020 gerechnet. Das wirtschaftliche Problem besteht darin, dass bei Erreichen dieses weltweiten Fördermaximums Erdöl immer knapper und teurer werden wird, weil dann der tägliche Erdölbedarf die tägliche Erdölfördermenge übersteigt.

Da seit den 80er-Jahren des 20. Jahrhunderts weltweit mehr Öl verbraucht als gefunden wird, sind auch die Zeitangaben problematisch, die besagen, dass unter den derzeitigen Voraussetzungen – das heißt bei gleichem Verbrauch – die Erdölreserven noch bis zum Jahr 2048/49 reichen werden. Zudem ist dies irreführend, da der tägliche Erdölverbrauch im Laufe der letzten Jahrzehnte immer gestiegen ist und sich dieser Trend durch das große Wirtschaftswachstum vor allem Chinas und Indiens verstärkt hat. Des Weiteren ist es nach Ansicht von Experten unwahrscheinlich, dass in Zukunft größere Ölfelder gefunden werden, die den Bedarf decken könnten. Andere Erdölvorkommen wie Ölsand würden zwar noch länger reichen, erfordern aber einen viel höheren Energieaufwand beim Abbau.

Wegen seiner wirtschaftlichen Bedeutung ist Erdöl auch Gegenstand politischer Auseinandersetzungen. Der Gewinn aus der Ölförderung besteht in der Differenz des Förderpreises von rund fünf US-Dollar pro Barrel in den Opec-Ländern (1 Barrel entspricht rund 159 Liter Öl) z. B. zu einem Weltpreis von rund 75 Dollar je Barrel – insgesamt also ein jährlicher Reingewinn von mehr als 1,5 Billionen Dollar. Während der verschiedenen Ölkrisen hat die Organisation Erdöl produzierender Länder (Opec) versucht, ihre Macht auszuspielen. Es spricht vieles dafür, dass auch die derzeit angespannte geopolitische Lage rund um den Irak und Iran ein Krieg um die Rohstoffreserven in der Welt – in diesem Fall also um Erdöl – ist.

Nicht zuletzt deshalb ist davon auszugehen, dass die Ölpreise auf absehbare Zeit auf hohem Niveau verharren und wahrscheinlich sogar weiter steigen werden. Selbst Preise von über 100 Dollar je Barrel – die selbst bei den meisten Fachleuten noch vor geraumer Zeit für unmöglich gehalten wurden – sind denkbar geworden. Denn neben der geringen Verfügbarkeit von Rohöl und dem absehbaren Ende des Ölzeitalters (siehe Peak-Oil-Theorie) sind vor allem die starken Kräfte auf der Nachfrageseite ins Kal-

kül zu ziehen. So ist davon auszugehen, dass der Pro-Kopf-Verbrauch in der Volksrepublik (VR) China in den nächsten Jahren überdurchschnittlich in Richtung des europäischen Durchschnittsniveaus steigen wird. Tabelle 1 gibt einen Überblick über den statistischen Pro-Kopf-Verbrauch an Rohöl. Daraus ist ersichtlich, dass die VR China einen erheblichen Nachholbedarf hat.

### **Erdöl und daraus herstellbare Grundprodukte**

- 1 Rohöl – Die Dichte des völlig stabilisierten Rohöls gibt für gewöhnlich einen ersten Hinweis auf die wahrscheinlich daraus zu gewinnenden Mengen leichter Destillationsprodukte. Der Schwefelgehalt von Rohöl lässt darüber hinaus auch auf den voraussichtlichen Schwefelgehalt der Produkte schließen.
- 2 Flüssiggas (LPG – Liquefied Petroleum Gas) – Flüssiggas wird durch Destillation vom Rohöl abgetrennt. Es besteht aus den Kohlenwasserstoffen Propan, Iso-Butan und Normal-Butan. Seine Eigenschaften gleichen somit denen der entsprechenden Mischungen aus den reinen Kohlenwasserstoffen.
- 3 Leichtbenzin – Die Qualität des Leichtbenzins kann je nach Herkunftsregion des Rohöls unterschiedlich sein. Sie reicht von geringen Schwefelgehalten, sehr geringen Merkaptangehalten und hoher Oktanzahl naphthenischer Benzine (Westafrika-Qualitäten) bis hin zu mehr paraffinischen Benzin mit niedrigerer Oktanzahl und höherem Schwefelgehalt (Mittelost-Qualitäten).
- 4 Schwerbenzin – Solche Naphtha-Fractionen dienen hauptsächlich als Einsatzprodukte für die Herstellung hochwertiger Kraftstoff-Mischkomponenten durch katalytisches Reformieren. Überschüsse können zusammen mit Leichtbenzin auch als Ausgangsstoff für petrochemische Grundprodukte dienen.
- 5 Naphtha – Zwischen den Siedepunkten von Schwerbenzin und Petroleum gibt es ein weiteres Produkt, nämlich Naphtha. Dieses Produkt stellt den Grenzbereich zwischen Benzin und Mitteldestillaten dar. Es kann sowohl in der Petrochemie als auch zur Erzeu-



gung von Dieseltreibstoffen dienen. Mit anderen Worten: Naphtha erhöht die Flexibilität der Raffinerien.

- 6 Petroleum – Fraktionen von Petroleum werden in der Regel als Flugturbinen-Kraftstoff (also »jet fuel«) eingesetzt. Darüber hinaus findet dieses Produkt Anwendung als Leuchtstoff und als Bestandteil von Diesel und Heizöl.
- 7 Gasöle – Diese dienen zur Herstellung von leichtem Heizöl und von Dieselmotorkraftstoffen. Um den verschiedenen Anforderungen, die nicht zuletzt ein Resultat der saisonalen Schwankungen sein können, zu entsprechen, werden diese Produkte aus Petroleum und Gasölen aufgemischt.
- 8 Die Petrochemie – In der chemischen Industrie nimmt das Erdöl eine bedeutende Stellung ein. Die meisten chemischen Erzeugnisse lassen sich aus rund 300 Grundchemikalien aufbauen. Diese Molekülverbindungen werden zu rund 90 Prozent aus Erdöl und Erdgas gewonnen. Zu diesen gehören Ethen, Propen, Butadien, Benzol, Toluol, o-Xylol und p-Xylol (diese stellen den größten Anteil dar). Aus der weltweiten Fördermenge des Erdöls wurden in den vergangenen Jahren jeweils rund sechs bis sieben Prozent für die chemischen Produktstambäume verwendet. Die Wichtigkeit dieser Erdölerzeugnisse liegt auf der Hand: Gibt es kein Erdöl mehr, müssen diese Grundchemikalien über komplizierte und kostenintensive Verfahren mit hohem Energieverbrauch hergestellt werden. Der chemische Baukasten des Erdöls wird verwendet, um fast jedes chemische Erzeugnis zu produzieren. Dazu gehören Farben und Lacke, Arzneimittel sowie Wasch- und Reinigungsmittel, um nur einige zu nennen.

### Up and Down

Die Dichte von Erdöl (besonders Rohöl) wird in API-Grad, dem Raummaß in Barrel, gemessen. Die Verarbeitungsketten in der Ölindustrie werden durch die Begriffe Upstream und Downstream charakterisiert. Als Downstream werden all jene Aktivitäten von Energieunternehmen bezeichnet, die sich nach der Förderung und dem Verkauf des Rohstoffs Erdöl abspielen. So wird die Verarbeitung und Verfeinerung von

Erdöl in Raffinerien als ein Downstream-Prozess bezeichnet. Im Gegensatz dazu wird der Begriff Upstream dafür verwendet, alle Aktivitäten um die Suche, Exploration und Förderung von Erdöl zu beschreiben. Die meisten Energieunternehmen sind als »integrierte« Gesellschaften aufgestellt, weil sie sowohl Upstream als auch Downstream aktiv sind.

Im globalen Energiehandel und auch an den Rohstoffbörsen wird unter anderem differenziert zwischen »saurem« (sour) und »süßem« (sweet) Rohöl. Darüber hinaus wird dann zusätzlich unterschieden in schweres (heavy) und leichtes (light) Erdöl. Als »sauer« wird ein Erdöl klassifiziert, das einen höheren Schwefelgehalt aufweist, was einen aufwendigeren Raffinierungsprozess erfordert. Als wichtigste Qualitätsmerkmale gelten die Dichte (Schwere) und der Schwefelgehalt. Öl mit niedriger Dichte und einem geringen Schwefelgehalt (als Bezugsgröße gelten an den Ölmärkten die Sorte WTI und danach die Nordseequalität Brent) ist gut zu verarbeiten und weist daher einen höheren Preis auf. Der weitaus größte Anteil in der weltweiten Erdölproduktion (nämlich etwa 40 Prozent) entfällt auf Qualitäten, die als »Medium & Sour« einzuschätzen sind und daher einen arbeits- und damit kostenaufwendigen Verarbeitungsprozess in Raffinerien erfordern.

Lediglich rund 16 Prozent des weltweit geförderten Rohöls können der Qualität »Light & Sweet« zugeordnet werden und erfüllen damit die Kontraktspezifikationen des weltweit meistgehandelten Rohöl-Terminkontrakts für West Texas Intermediate (WTI), der unter anderem an der New York Mercantile Exchange (Nymex) und der Intercontinental Exchange (ICE) notiert wird. Auf Grund der geschilderten Qualitätsunterschiede und der dadurch bedingten unterschiedlichen Verarbeitungsprozesse weisen die verschiedenen internationalen »sauren und schweren« Ölqualitäten wie Venezuela- oder Mexiko-Öl in der Regel Preisabschläge zur populärsten börsengehandelten Rohöl-Richtqualität WTI auf. Selbst das saure mittelschwere Dubai-Öl – Benchmark für den Ölhandel am Persischen Golf – wird mit Preisabschlägen zu WTI und Brent gehandelt.

In der Energiewelt werden unter diesem Aspekt die unterschiedlichen Güteklassen unterschieden in:

AE	Arab Extra Light	AH	Arab Heavy
AL	Arab Light	AN	Alaskan North
BB	Brent Blend	BC	BCF 17
BL	Basrah Light	BN	Bonny Light
DB	Dubai Crude	DQ	Daqing
EK	Ekofisk	FT	Forties
IH	Iran Heavy	IL	Iran Light
IS	Isthmus	KW	Kuwait
ML	Marlim	MR	Murban
MY	Maya	OM	Oman
OS	Oseberg	SH	Sarahan Blend
TP	Tapis	UR	Urals
WTI	West Texas Intermediate		

### Die Frage der Verfügbarkeit

In den vergangenen Jahrzehnten sind die auf dem Globus nachgewiesenen Ölreserven immer stärker nach oben korrigiert worden. Ging man im Jahr 1985 noch von weltweiten Ölreserven in Höhe von 770 Milliarden Barrel aus, so war diese Zahl durch neue moderne Explorationstechnologien bereits auf 1027 Milliarden Barrel gestiegen. Aus »World Energy 2006«, der von BP jährlich publizierten »Bibel der Energiebranche«, ist zu ersehen, dass die nachgewiesenen Erdölreserven im vergangenen Jahr 1200,7 Milliarden Barrel ausmachten.

Bei der Betrachtung der Öl-Zukunft ist unter anderem auf Begrifflichkeiten zu achten, die zu oft durcheinandergewirbelt werden und dann ein falsches Bild vermitteln – die Rede ist von den Begriffen Reserven und Ressourcen.

**Reserven** – Als Reserven (»proved reserves«) werden die sicher nachgewiesenen und mit bekannten Technologien wirtschaftlich förderbaren Vorkommen bezeichnet.

**Ressourcen** – Unter dem Begriff Ressourcen werden jene Vorkommen zusammengefasst, die entweder zwar nachgewiesen, aber noch nicht wirtschaftlich förderbar oder aber noch nicht sicher nachgewiesen

sind, auf Grund bestimmter geologischer Indikatoren jedoch als vorhanden gelten können.

Im Vordergrund der öffentlichen Diskussion stehen meist die Reserven, die dann als Maßstab genutzt werden, wenn über Verfügbarkeiten und Reichweiten von Energieträgern gesprochen wird. Dabei wird auf die »statische Reichweite« Bezug genommen, die die aktuelle Jahresförderung in Relation zu den Reserven setzt. Für Erdöl errechnet sich anhand dieses Verfahrens eine Reichweite von nur noch 42 Jahren.

Als aufschlussreich bei der Diskussion über die vorhandenen Reserven und Ressourcen und über das absehbare Ende des Ölzeitalters ist auch eine Untersuchung darüber, welcher Teil des Gesamtpotenzials bereits gefördert wurde. Überschreitet dieser Anteil die Marke von 50 Prozent – den »Depletion Midpoint« -, ist die Beibehaltung oder die Steigerung der Förderung schwierig.

Die nachgewiesenen globalen Ölreserven – in der Fachsprache als »proved reserves of oil« bezeichnet – werden aus jenen geologischen und technischen Informationen zusammengesetzt, die die Ausbeute bekannter Vorkommen unter realistischen Annahmen und unter Berücksichtigung der aktuellen wirtschaftlichen und produktionstechnischen Bedingungen als sicher erscheinen lassen (siehe Tabelle 2).

Staatliche Ölgesellschaften sind im Besitz von rund 90 Prozent der weltweit nachgewiesenen Erdölreserven (siehe Tabelle 3). Auf den Mittleren Osten entfallen dabei rund 60 Prozent der Erdölreserven. Führend ist mit einem Anteil von rund 25 Prozent dabei eindeutig Saudi-Arabien. Der hohe Anteil staatlicher Erdölvorkommen ist damit zu erklären, dass die großen Ölproduzentenländer der Opec (wie Saudi-Arabien, Kuwait, Iran und Irak und auch Mexiko und Venezuela) alles tun, um ausländischen Ölkonzernen den Zugang zu den Reserven zu verwehren. Auch Russland vertritt seine nationalen Interessen in der Energiepolitik sehr stark und erschwert ausländischen Energiefirmen den Zugang. Die großen Ölmultis sind daher gezwungen, in jenen Ländern auf die Suche nach Ölvorkommen zu gehen, die nicht der Opec angehören. So überraschen die starken Explorationsaktivitäten der Ölmultis in Afrika und Zentralasien (und teils auch in Russland) nicht.

**Weltweite Erdölreserven (Alle Angaben in Milliarden Barrel)**

Land/Region	Ende 1985	Ende 1995	Ende 2004	Ende 2005
USA	36,4	29,8	29,3	29,3
Kanada	9,6	10,5	16,5	16,5
Mexiko	55,6	48,8	14,8	13,7
Nordamerika	101,5	89,0	60,6	59,5
Venezuela	54,5	66,3	79,7	79,7
Brasilien	2,2	6,2	11,2	11,8
Ecuador	1,1	3,4	5,1	5,1
Süd-/ Lateinamerika	62,9	83,8	103,0	103,5
Russland	n.a.	n.a.	72,4	74,4
Norwegen	5,6	10,8	9,7	9,7
Aserbaidshan	n.a.	n.a.	7,0	7,0
UK	5,6	4,5	4,0	4,0
Europa/Eurasien	78,6	81,5	138,7	140,5
Saudi-Arabien	171,5	261,5	264,3	264,2
Iran	59,0	93,7	132,7	137,5
Irak	65,0	100,0	115,0	115,0
Kuwait	92,5	96,5	101,5	101,5
VAE	33,0	98,1	97,8	97,8
Katar	4,5	3,7	15,2	15,2
Mittlerer Osten	431,3	661,5	738,2	742,7
Libyen	21,3	29,5	39,1	39,1
Nigeria	16,6	20,8	35,9	35,9
Algerien	8,8	10,0	11,8	12,2
Angola	2,0	3,1	9,0	9,0
Sudan	0,3	0,3	6,4	6,4
Afrika	57,0	72,0	113,8	114,3
China	17,1	16,3	16,0	16,0
Indien	3,8	5,5	5,6	5,9
Indonesien	9,2	5,0	4,3	4,3
Malaysia	3,5	5,2	4,3	4,2
Asien/Pazifik	39,1	39,2	39,8	40,2
Total weltweit	770,4	1027,0	1194,1	1200,7

Quelle: BP World Energy Review 2006

Tabelle 2 Angaben über »proved reserves of oil«

## Die größten Besitzer von Ölreserven

Rang	Unternehmen	Land	Staatsanteil	Ölreserven Mrd. Barrel*
1	Aramco	Saudi-Arabien	100 %	262,700
2	NIOC	Iran	100 %	132,500
3	INOC	Irak	100 %	115,000
4	KPC	Kuwait	100 %	89,397
5	PDVSA	Venezuela	100 %	77,140
6	Adnoc	VAE	100 %	52,616
7	Libya NOC	Libyen	100 %	28,778
8	NNPC	Nigeria	100 %	21,180
9	Gazprom	Russland	Über 50 %	19,000
10	Lukoil	Russland	-	16,155
11	Rosneft	Russland	100 %	14,877
12	Pemex	Mexiko	100 %	14,803
13	Exxon Mobil	USA	-	11,229
14	PetroChina	China	90 %	11,019
15	Sonatrach	Algerien	100 %	10,986
16	Qatar Petroleum	Qatar	100 %	10,944
17	BP British Petroleum	England	-	10,407
18	Chevron	USA	-	9,990
19	Petrobras	Brasilien	Über 50 %	9,716
20	TNK – BP	Russland/ England	-	9,230
21	Petronas	Malaysia	100 %	7,446
22	Total	Frankreich	-	7,003
23	Surgutneftegas	Russland	-	6,592
24	Tatneft	Russland	100 %	5,850
25	ConocoPhillips	USA	-	5,766
26	Royal Dutch Shell	Holland/ England	-	4,636
27	Pertamina	Indonesien	100 %	3,995
28	ENI	Italien	-	3,773
29	PDO	Oman	Über 50 %	3,360
30	Sinopec	China	Über 50 %	3,294

Quellen: Energy Intelligence Research, ItkMedia AG

Tabelle 3 \*Die Reservedaten beinhalten die nachgewiesenen Erdöl- und die in Rohöl-Äquivalente umgerechneten Naturgasreserven in Millionen Barrel

## Erdgas

Der Rohstoff Erdgas gewinnt in der Energieversorgung immer stärker an Bedeutung. Es mag angesichts der prekären energiepolitischen Großwetterlage der heutigen Zeit befremden, dass das gemeinsam mit dem Erdöl geförderte Erdgas in der Frühzeit der Ölindustrie als »lästige Nebenerscheinung« angesehen und lange Zeit ungenutzt abgefackelt wurde. Nur in einigen Fällen – nämlich dort, wo es an Ort und Stelle umgehend für Heizzwecke oder direkt zum Betrieb von mechanischen Anlagen eingesetzt wurde – nutzte man Erdgas in den Anfängen der Ölwirtschaft als energetischer Rohstoff. Doch die Zeiten haben sich geändert: Heute ist der Wert von Erdgas als Energiequelle und als Ausgangsstoff für Produkte der petrochemischen Energie voll erkannt worden.

Bei Erdgas handelt es sich um ein ungiftiges, brennbares, farb- und in der Regel auch geruchloses Gas. Erdgas ist leichter als Luft. Konkret bedeutet das: Zur Verbrennung von einem Kubikmeter Erdgas werden bis zu zehn Kubikmeter Luft benötigt. Da Erdgas – wie bereits dargestellt – in der Regel geruchlos ist, werden bei der Exploration zur besseren Ortung des Rohstoffs nicht selten Duftstoffe (in der Regel sind das kleine Einheiten von Tetrahydrothiophen) zugegeben. In der Fachsprache heißt dieses Verfahren Odorierung.

Die Entstehung des Rohstoffs Erdgas oder Naturgas geht zum Teil um bis zu 600 Millionen Jahre zurück. Erdgas hat sich durch die fehlende Verbindung mit Luft und unter hohem Druck aus abgestorbenen und abgesunkenen Kleinstlebewesen (Mikroorganismen, Algen, Plankton) gebildet. Diese sind auf den Grund der Ozeane gesunken und wurden von luftundurchlässigen Schichten überdeckt. Durch den in der Folge einsetzenden chemischen Prozess ist Erdgas entstanden. Geschichtliche Aufzeichnungen erwähnen die Entdeckung von Erdgas erstmals im Jahr 1844 im Gebiet des Wiener Ostbahnhofs.

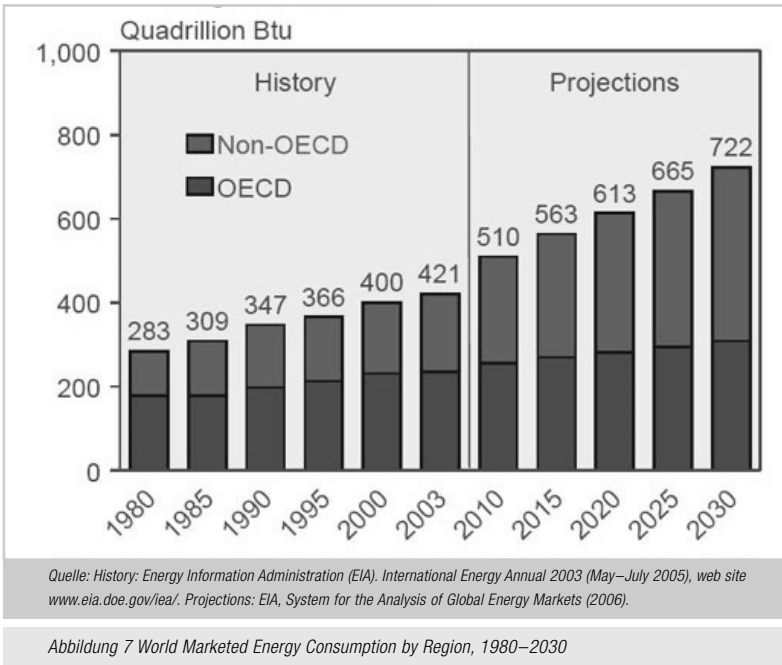
Erdgas kommt in unterirdischen Lagerstätten – nicht selten in Verbindung mit anderen Energie-Rohstoffen wie Öl und Kohle – vor. Erdgas steht im Erdinnern in der Regel unter sehr hohem Druck, was die Förderung im Vergleich zu anderen energetischen Rohstoffen einfach macht. Der Rohstoff Erdgas fördert sich im Prinzip in dem Moment von selbst, indem das Reservoir einmal geöffnet ist.

Erdgas lagert in Gaslagerstätten in einer Tiefe von 1.000 Metern und mehr. Die Ausbeute aus den einzelnen Förderhorizonten findet je nach der geografischen Lage unter sehr schwierigen Bedingungen statt. Erdöl-gas lagert entweder in gasförmigem Zustand über dem Erdöl oder ist als Bestandteil im Erdöl gelöst. Es wirkt als Kraftquelle, mit der das Erdöl aus der Lagerstätte getrieben wird. Erdöl-gas entweicht beim Austritt des Erdöls aus seiner Quelle. Um den Druck der Lagerstätte zu erhalten, wird es oft wieder auf den Ölförderhorizont zurückgepresst – es wird also nur zum Teil kommerziell genutzt. Bei einigen Anlagen werden zumeist noch am Bohrloch Beimischungen wie Wasserdampf und Schwefelwasserstoff entfernt (in diesem Kontext spricht man von der »Aufbereitung« von Erdgas).

In den Verbrauchsregionen wird Erdgas nicht selten im Untergrund – in Salzkavernen oder Porenspeichern – oder aber oberirdisch zwischengespeichert, bevor es über Rohrleitungssysteme direkt zum Endverbraucher gelangt. Die USA haben beim Aufbau der Erdgaswirtschaft nach dem Zweiten Weltkrieg Pionierarbeit geleistet. In Westeuropa entwickelte sich eine blühende Erdgaswirtschaft in den 1960er-Jahren mit der Entdeckung eines Gasfeldes im holländischen Groningen. Nach der Schaffung einer funktionierenden Energie-Infrastruktur in den westlichen Industrieländern ist Erdgas heute der fossile Energieträger mit dem weltweit stärksten Verbrauchswachstum. Die IEA erwartet, dass der weltweite Gasverbrauch bis zum Jahr 2010 um jährlich drei Prozent steigen wird. Prognosen anderer Experten sprechen bis 2010 und für die Folgejahre von einem deutlich höheren Wachstumstempo (siehe Abb. 7).

Zwar unterscheiden sich Erdgase örtlich in ihrer Zusammensetzung, doch ist der Hauptbestandteil bei allen Erdgasen stets Methan. Nicht selten enthält Erdgas auch Anteile von Kohlenwasserstoffen wie Äthan, Propan, Butan und Ethen. Weitere Bestandteile sind Stickstoff und Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) sowie teilweise auch einige Schwefelverbindungen wie Schwefelwasserstoff. Diese werden durch Entschwefelung entfernt. Große Beachtung finden in der Energiewirtschaft solche Erdgase, die einen hohen Anteil (von bis zu sieben Prozent) Helium aufweisen; denn diese Erdgase gelten als eine wichtige Quelle für die Gewinnung von Helium. Erdgas und Erdöl-gas werden allgemein unter dem Begriff Naturgas zusammengefasst.





In der Fachwelt wird zwischen den Erdgasqualitäten L (low) und H (high) unterschieden. Erdgas H weist einen höheren Methangehalt (von 87 bis 99 Vol. Prozent) auf, während Erdgas L bei Methananteilen von 80 bis 87 Vol. Prozent auf der anderen Seite größere Mengen an Stickstoff und Kohlendioxid enthält.

Mittels moderner technischer Verfahren kann Erdgas auch in andere Aggregatzustände versetzt werden. Auf diese Weise ist zum Beispiel der Transport des Gases außerhalb von Pipelines möglich. Alle bekannten Verfahren haben eine Verringerung des Volumens zur Folge. Die Produkte dieser Verfahren sind:

→ CNG (Compressed Natural Gas), also Erdgas in komprimierter Form durch die Reduzierung mit Hilfe der Verdichtung im Druckbehälter