

Gibt es künftig eine Versorgungslücke beim Erdöl?

von
Dipl. Ing. (FH) Gerd Zelck

Stand: August 2008

Inhalt

1	Übersicht	3
2	Einleitung.....	3
3	Größenangaben, Einheiten, Abkürzungen	4
4	Nicht Erneuerbare Energieträger.....	6
4.1	Globale Reserven und Ressourcen	7
4.2	Globale Verbräuche bis 2007.....	9
5	Prognosen über künftige Verbräuche.....	9
5.1	Bewertung der Prognosen.....	11
5.2	Die falschen Schlußfolgerungen von ExxonMobil	14
6	Erwartbare Versorgungslücke bis 2050.....	16
6.1	Kann Erdgas das Öl ersetzen?	16
6.2	Kann Kohle das Öl ersetzen?.....	17
6.3	Wo kann Kernenergie Ölaufgaben übernehmen?	18
6.4	Die Rolle der Erneuerbaren Energien	21
6.5	Eine weitere Möglichkeit, der Versorgungskrise entgegenzuwirken	28

7	Schlußfolgerungen und Ausblick.....	29
8	Zusammenfassung.....	30
9	Quellen – Angaben.....	36

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 3-1	ABGRENZUNG DER BEGRIFFE „RESERVEN UND RESSOURCEN“	5
ABBILDUNG 5-1	GLOBALER BEDARF AN NICHT ERNEUERBAREN ENERGIETRÄGERN	10
ABBILDUNG 5-2	WELTWEITE ERDÖLFÖRPRDERUNG ZWISCHEN 1900 UND 2050 AUS SICHT DER GBR.....	13
ABBILDUNG 5-3	DAS WELTWEITE GESAMTPOTENTIAL DER KONVENTIONELLEN UND NICHT-KONVENTIONELLEN ERDÖLE	13

Tabellenverzeichnis

TABELLE 4-1	RESERVEN UND RESSOURCEN NICHT ERNEUERBARER ENERGIETRÄGER
-------------	--

1 Übersicht

Zunächst einmal wird das noch vorhandene Potential der nicht erneuerbaren Energierohstoffe sowie der derzeitige globale Verbrauch ermittelt und mit einer Abschätzung von 1998 verglichen. Hierzu wurden die neuesten Angaben von 10 renommierten Institutionen und Firmen ausgewertet.

Anhand dieser Unterlagen wird eine Prognose über den künftigen Erdölbedarf und deren gleichzeitige Verfügbarkeit bis 2050 erstellt. Die sich einstellende und mit der Zeit anwachsende Unterdeckung wird analysiert und bewertet.

Anschließend wird untersucht, ob und in welchem Umfang andere Energieträger die zu erwartende Versorgungslücke ausfüllen können. Mögliche Auswirkungen auf die Menschheit werden für den Zeitraum bis 2050 abgeschätzt.

In einem abschließenden Kapitel werden die Ergebnisse der vorangegangenen Untersuchungen analysiert und daraus entsprechende Schlussfolgerungen abgeleitet. Mögliche Auswirkungen auf die Weltgemeinschaft werden behandelt.

2 Einleitung

Im Jahr 2002 beschäftigte ich mich schon einmal mit diesem Thema. Damals verglich ich die Angaben aus verschiedenen, voneinander unabhängigen Quellen über die Reserven und Ressourcen von **Nicht Erneuerbaren Energieträgern** und deren Verbräuche. Eine gute Übereinstimmung bei den einzelnen Energieträgern zeigten die Veröffentlichungen der Zeitschrift „Bild der Wissenschaft“, Ausgabe Juni 1998 [1] und „BP Amoco“ aus den Jahren 1999 und 2003 [2]. Unter Berücksichtigung weiterer Annahmen wie künftige Verbrauchszuwächse, Zunahme der Weltbevölkerung, usw. zeichnete sich eine Erschöpfung der Erdölquellen für die zweite Hälfte des Jahrhunderts und beim Erdgas etwa Anfang des nächsten Jahrhunderts ab.

In der Zwischenzeit hat sich nun die jährliche Verbrauchszunahme viel stärker entwickelt als man damals ahnen konnte, hauptsächlich verursacht durch das rasante Wirtschaftswachstum in den Riesenstaaten China und Indien. Deren Nachfrage nach Rohstoffen und Gütern befeuert die Weltkonjunktur insgesamt. Ein Ende des Booms ist nicht abzusehen. Für mich war diese Entwicklung der Anlass, die Ergebnisse von damals, die auf nunmehr 10 Jahre alten Quellenangaben beruhen, zu überprüfen. Sind die Zeitpunkte für die Erschöpfung der Erdöl- und Erdgaslagerstätten näher gerückt, oder

wurden sie durch neue Funde und neue Techniken kompensiert? Für beide Möglichkeiten gibt es Aussagen und Gruppierungen, die ihre Meinung in der Öffentlichkeit vehement vertreten. Es zeichnet sich geradezu eine Polarisierung bei diesem Thema ab, das für die Menschheit als immer wichtiger und zentraler erkannt und mit anderen Lebensfragen verknüpft wird. Ein Beispiel ist die sogenannte Klimaerwärmung.

Es ist also komplizierter geworden herauszufinden, welche Prognose und welche Entwicklungstendenz am wahrscheinlichsten ist. Nur wer neutral und ergebnisoffen eine derartige Untersuchung beginnt, wird der Wirklichkeit nahe kommen. Und das war und ist für mich der Anlass, eine neue Analyse durchzuführen.

3. Größenangaben, Einheiten, Abkürzungen (überwiegend aus [3] entnommen)

Größen:

Präfix	Kürzel	Als Exponentialzahl
Kilo	K	10^3
Mega	M	10^6
Giga	G	10^9
Tera	T	10^{12}
Peta	P	10^{15}
Exa	E	10^{18}

Energieeinheiten¹⁾: 1 Joule [J] = 1 Wattsekunde [Ws] = 0,2387 cal
 1 Gigajoule [GJ] = 10^6 kWs = 278 kWh
 1 Exajoule [EJ] = 10^{15} kWs = $278 \cdot 10^9$ kWh

Steinkohleeinheit (en) [SKE]

1 Tonne [t] SKE = 29,3 GJ = 770,7 Nm³ Erdgas (0°C und 1,013 bar)

1 Gt SKE = 29,3 EJ = 771 GNm³ Erdgas = 0,7 Gt OE

Weichbraunkohle – Einheit (en) [WBK]

1 t WBK = 0,56 t SKE

Öleinheit (en) [OE]

1 Tonne [t] OE = 1,428 t SKE = 1111 Nm³ Erdgas = 41,8 GJ

1 Gt OE = 1,428 Gt SKE = 1,1 TNm³ Erdgas = 41,8 EJ

1 t Uran entspricht 14 bis 23 Mt SKE²⁾, je nach Ausnutzungsgrad. Für Thorium wurden die gleichen Werte wie für Uran zugrunde gelegt

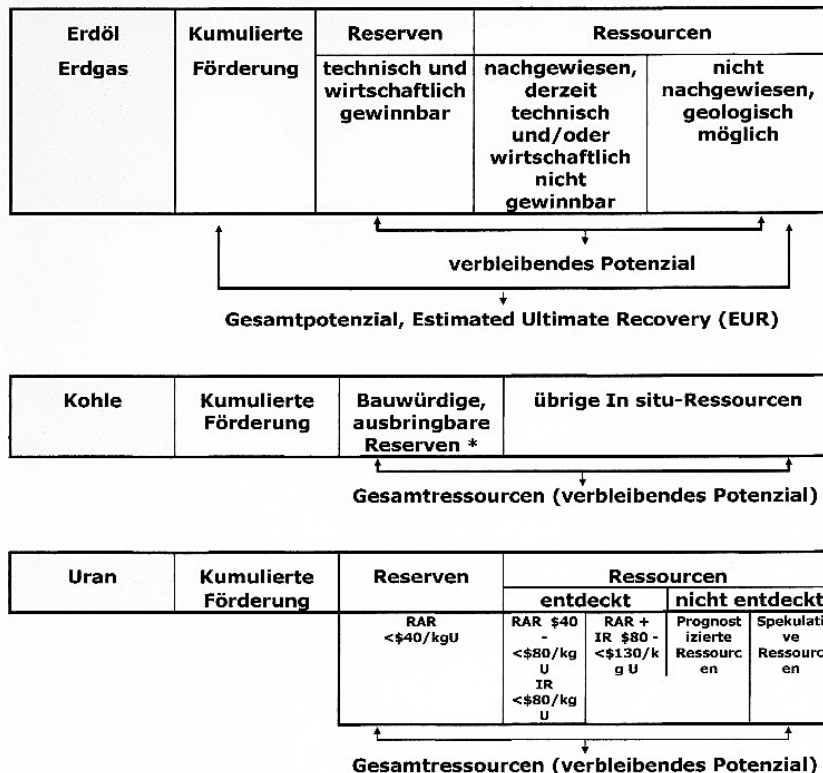
- 1) Die fossilen Energierohstoffe sind als Naturprodukte Schwankungen in ihren Energieinhalten unterworfen; die angegebenen spezifischen Energieinhalte stellen Durchschnittswerte dar, von denen im Einzelfall auch deutliche Abweichungen möglich sind.
Für Erdgas wurden die Umrechnungskoeffizienten den internationalen Werten angepasst, die deutlich über den bisher benutzten Werten für Deutschland liegen. Damit wird ein realistischerer weltweiter Vergleich des Erdgases zu anderen Energierohstoffen gesichert. Nach IEA liegen die Heizwerte je Nm³ Erdgas zwischen 33,32 MJ (Niederlande) und 43,717 (Tunesien). Deutschland liegt mit 33,337 MJ/Nm³ im unteren Bereich. Als Mittelwert wurde ein spezifischer Energieinhalt von 38 MJ/Nm³ zugrunde gelegt.
- 2) Bruttoenergie, bezogen auf die gesamte freigesetzte Wärme. Kein elektrischer Strom.

Umwandlung in elektrischen Strom nach [11]:

Mittelwert für fossile Brennstoffe und Uran :

Mit 10⁶ toe können in modernen Kraftwerken (38% Gesamtwirkungsgrad angenommen) etwa 4,4 x 10¹² Wh elektrischer Strom erzeugt werden, äquivalent 3,1 x 10¹² Wh aus 10⁶ t SKE.

Abgrenzung der Begriffe Reserven und Ressourcen



RAR = Reasonably Assured Resources
IR = Inferred Resources (früher EAR 1)

Abbildung 3-1 Abgrenzung der Begriffe „Reserven und Ressourcen“ [Quelle: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)]

Abkürzungen:

BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ppm	parts per million
toe	Tonne Oil Equivalent
t SKE	Tonne Steinkohle Einheit
KKW	Kernkraftwerk
WEK	Windenergie Konverter

4. Nicht Erneuerbare Energieträger

Die **Nicht Erneuerbaren** (Primär-) **Energieträger** setzen sich aus den fossilen Brennstoffen und den spaltbaren Kernbrennstoffen zusammen. Erstere unterteilen sich wiederum in die Kohlenwasserstoffe (Erdöl und Erdgas) und in reine Kohlenstoffträger (Stein- und Weichbraunkohle). Während die Kohle hauptsächlich aus abgestorbenen Landpflanzen entstanden ist, bildeten sich Öl und Gas¹⁾ einst aus abgestorbenen Kleinstlebewesen, die in Flachmeeren lebten. Wurden solche Ansammlungen durch tektonische Bewegungen verschüttet und kilometertief nach unten gedrückt, bildeten sich bei Temperaturen zwischen 70 und 100 °C im Laufe von Jahrmillionen die hochwertigen Kohlenwasserstoffe, die für unsere florierende Weltwirtschaft und den damit verbundenen hohen Lebensstandard unverzichtbar geworden sind. Hierbei steht das Erdöl vorwiegend für Transport und Mobilität, während das Erdgas schwerpunktmäßig den Heizbedarf in den gemäßigten und weiter polwärts gelegenen Zonen abdeckt, aber mehr und mehr auch für die Stromerzeugung herangezogen wird. Beide Kohlenwasserstoffgruppen sind zudem Grundstoff für Kunststoffe.

¹⁾ Methangas entstand auch nach der Kohlebildung durch Inkohlungsprozesse und wird heute als Flözgas gewonnen.

4.1 Globale Reserven und Ressourcen

Von folgenden Institutionen und Firmen wurden relevante Aussagen zu diesem Thema ausgewertet:

- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) [3]
- Internationale Energie –Agentur (IEA) [5]
- Institut für Energetik und Umwelt, gemeinnützige GmbH (IE) [6]
- Energy Watch Group der Ludwig-Bölkow-Stiftung (EWG) [7]
- Energy Information Administration (eia, Official Energy Statistics from the U.S. Government) [8]
- Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart (IER) [9]
- Wikipedia – Veröffentlichungen [10]
- BP Statistical Review of World Energy [11]
- ExxonMobil [12]
- Diverse Zeitungsartikel und private Untersuchungen, die sich meist auf eine der oben angeführten Quellen beziehen

Die nachfolgende Tabelle zeigt die heute bekannten Reserven und Ressourcen der verschiedenen nicht erneuerbaren Energieträger, jeweils unterteilt in konventionell und nichtkonventionell, den Angaben von 1998 gegenüber gestellt.

Dabei gilt: 1 Gt SKE = 0,7 Gtoe = 771 GNm³ Erdgas

Tabelle 4-1: Reserven und Ressourcen der **Nicht Erneuerbaren Energieträger**

<u>Erdöl</u>	Angaben von 1998 (Basis: Bild der Wissenschaft ^[1])			Veröffentlichungen von 2007 (Basis: BGR ^[3])			Verbrauch 2007 (Basis: BP ^[11]) in 10 ⁹ t SKE
	Reserven	Ressourcen	gesamt	Reserven	Ressourcen	gesamt	
	in 10 ⁹ t SKE			in 10 ⁹ t SKE			
konventionell	204	113	317	233	117	349	5,64
nicht – konventionell: ¹⁾ Schweröl, Ölsand Ölschiefer	120	120	240	94 93 1	357 94 263	451	
Erdöl gesamt:	324	233	557	327	474	801	
<u>Erdgas</u>							3,76
konventionell:	173	262	435	235	268	503	
nicht – konventionell: ¹⁾ Dichte Speicher, Flözgas Aquifere Gashydrate ^[4]				2 2 - -	1.989 302 1.038 649	1.991	
Erdgas gesamt:	173	262	435	237	2.257	2.494	
<u>Kohle</u>							4,54
Hartkohle Weichbraunkohle				627 100	7.613 1.097	8.240 1.197	
Kohle gesamt:	786	7.044	7.830	727	8.710	9.436	
<u>Kernspaltstoffe</u> ²⁾							0,89
Uran Thorium				27 30	180 33	207 63	
Spaltstoffe gesamt:				57	213	270	

¹⁾ Erhöhter Energieaufwand für Förderung und Aufbereitung erforderlich. Laut BGR (persönliche Email von Hilmar Rempel/BGR vom 19. 5. 2008) wurde dieser zusätzliche Aufwand nicht berücksichtigt. Die tatsächlich nutzbare Energiemenge (Nettoenergie) dürfte dadurch entsprechend niedriger ausfallen.

²⁾ Die Angaben beziehen sich auf Natururan.

Beim Vergleich der Angaben von vor 10 Jahren (1998) und heute (2007) fällt zunächst einmal beim Erdöl auf, dass sich das verbleibende Potential bei dem konventionellen Vorkommen nur geringfügig um 32 Gt SKE entsprechend 10% vergrößert hat, die nicht- konventionellen Vorkommen dagegen jedoch erheblich um 211 Gt (88%). Diese Zunahme ergibt sich ausschließlich durch eine höhere Bewertung der Ölschiefervorkommen, für die aber noch keine Planungen oder gar Vorbereitungen für eine Nutzung bekannt sind.

Ähnlich verhält es sich beim Erdgas zwischen konventionellem und nicht- konventionellem Potential, jedoch mit wesentlich größeren Spreizungen. Das verbleibende Potential der konventionellen Vorkommen erhöhte sich nur um 68 Gt SKE entsprechend 15,6%, das der nicht- konventionellen Vorkommen dagegen um 1.991 Gt SKE. Vor 10 Jahren wurden diese Vorkommen gar nicht berücksichtigt, da sie damals noch zu exotisch waren. Selbst heute werden nur die Vorkommen von Dichte Speicher und Flözgasen geringfügig genutzt und im Grundwasser tieferer Schichten (hohe Drücke) gelöstes Erdgas (Aquifere: 1.038 Gt SKE) nur in den USA. Bei dem sogenannten „gefrorenem Erdgas“ (Gashydrate: 649 Gt SKE) beginnt man gerade mit Überlegungen und ersten Versuchen darüber, wie sich diese Vorkommen fördern bzw. nutzen lassen.

Das vorhandene Potential der Kohle insgesamt (Hart- und Weichbraunkohle) hat sich mit 1.606 Gt SKE um 20% erhöht. Mit insgesamt 9.436 Gt SKE bestreitet die Kohle den größten Anteil von den fossilen Energieträgern. Aber so riesig und mit einer so langen Nutzungsdauer behaftet, wie in der Öffentlichkeit immer gerne hingestellt, sind die Vorkommen nun auch wieder nicht. Hinzu kommt noch, dass die Kohle gegenüber den Kohlenwasserstoffen einen geringeren spezifischen Energieinhalt hat und mit ihr bei der Verstromung nicht so hohe Wirkungsgrade erzielt werden können wie zB. mit Erdgas. Es gibt keinen Grund, wegen der relativ höheren Kohlevorkommen bei der Energiefrage sorglos zu werden. Selbst wenn das verbleibende Potential aus heutiger Sicht rechnerisch noch für einige Jahrhunderte ausreicht, so ist doch das Ende einer Nutzung des Primärenergieträgers Kohle ebenfalls klar absehbar.

Da bleiben zum Schluss dieser Betrachtungen über das energetische Potential der **Nicht Erneuerbaren Energieträger** nur noch die Kernspaltstoffe übrig. Hier überrascht das verhältnismäßig geringe nutzbare Energiepotential von insgesamt nur 270 Gt SKE. Die Betonung liegt hier auf „nutzbar!“ Insgesamt sind die Vorkommen in der Erdrinde viel größer. Allein im Meerwasser schlummern rund 80.000 Gt SKE, jedoch bei einer Konzentration von nur 0,003 ppm. Schon in minderwertigen Erzen, wie sie z.B. in Namibia und Südafrika gefördert werden, beträgt die Konzentration ca. 400 ppm, in hochwertigen Erzen sogar >20.000 ppm!

4.2 Globale Verbräuche bis 2007

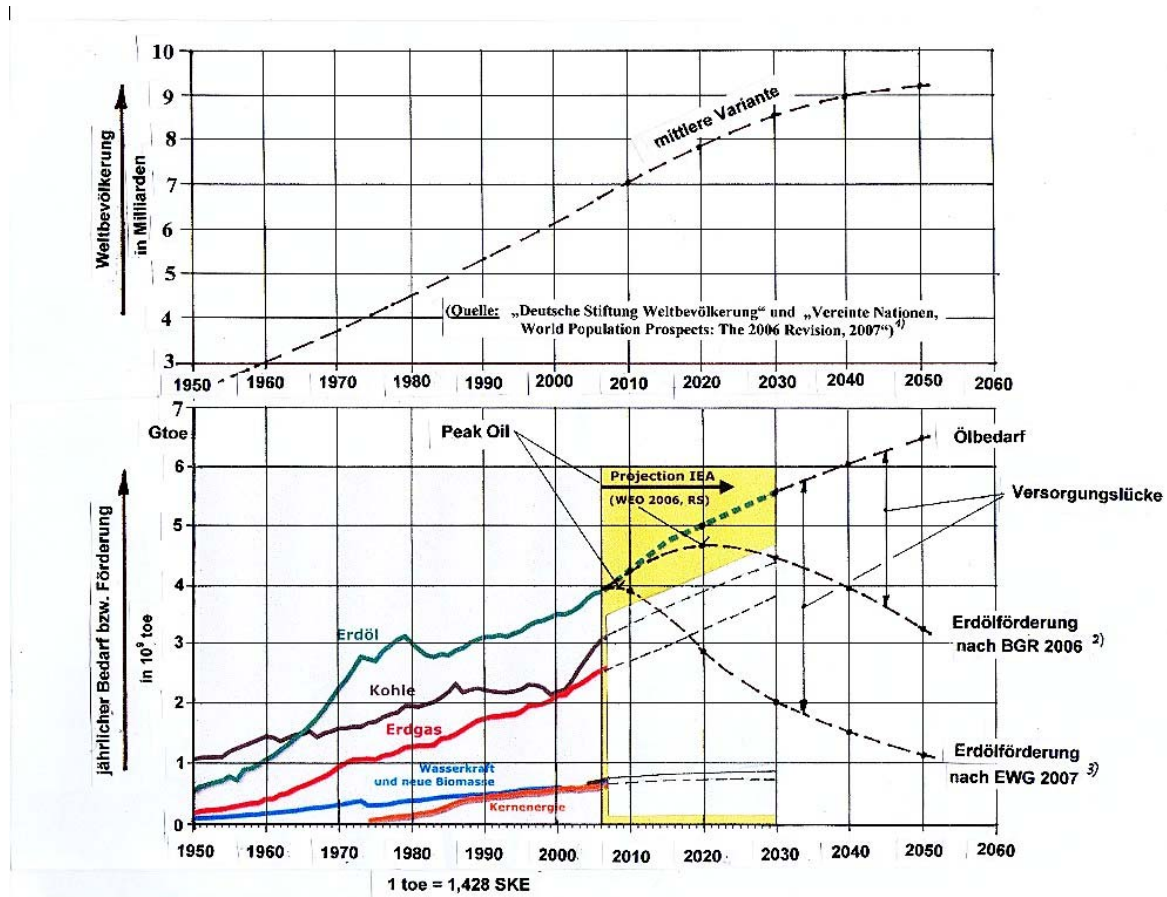
In der rechten Spalte der Tabelle 4-1 sind die globalen Verbräuche (Consumptions) angegeben. Diese sind dem „BP Statistical Review of World Energy“ [11] entnommen. Auch die BGR-Studie [3] bezieht sich auf diese Quelle.

Beim Betrachten der Tabellenwerte ist zu bedenken, dass das verbleibende Potential, bestehend aus Reserven und Ressourcen (siehe Abb. 3-1), sich kaum noch vergrößern, der globale Bedarf dagegen weiter zunehmen wird (siehe Abb. 5-1).

5. Prognosen über künftige Verbräuche

Abb. 5-1 gibt hierüber Auskunft. Zunächst einmal sind die Verbräuche der 4 **Nicht Erneuerbaren Energieträger** über den Zeitraum von 1950 bis 2006 aufgetragen. Die Werte wurden der BGR – Studie [3] entnommen; sie basieren aber auf Aussagen von BP. Hier deckten sich noch Bedarf und Förderung.

Abbildung 5-1: Globaler Bedarf an nicht erneuerbaren Energieträgern



- 1) Die einzelnen Werte, die den Kurvenverlauf bestimmen, sind dem DSW-Newsletter März 2007 [13] entnommen. Die Prognose gibt die mittlere Variante wieder, die zu einer zu erwartenden Kopfzahl von 9,3 Milliarden im Jahre 2050 führt. Bei der hohen Variante werden sogar 10,8 Milliarden Menschen bis 2050 erwartet. Am 30. Juli 2008 betrug die Weltbevölkerung 6,72 Milliarden Menschen und der jährliche Zuwachs betrug 81,3 Millionen.
- 2) Der Kurvenverlauf mit einem geschätzten „Peak Oil“ um 2020 herum wurde der BGR – Veröffentlichung [14] entnommen.
- 3) Der Kurvenverlauf mit einem vermuteten „Peak Oil“ bereits um 2006 herum wurde der EWG – Veröffentlichung [7] entnommen.

Die Autoren der Studie haben die Bedarfskurven bis 2030 verlängert, wobei sie bei ihren Schätzungen hierfür insbesondere die weiter zunehmende Weltbevölkerung wie auch die stark wachsenden Volkswirtschaften in den Schwellenländern China und Indien berücksichtigt haben dürften. Ich habe von diesen Prognosen ab 2006 nur solche für das Erdöl übernommen und anschließend die Kurve bis 2050 verlängert. Bis dahin sind es noch knappe 42 Jahre (gerechnet ab 2008) und es ist nicht zu erwarten, dass sich in diesem Zeitraum die Randbedingungen für den zunehmenden Weltbedarf entscheidend ändern werden. Um dieses deutlich zu machen, habe ich oberhalb dieser Kurven den erwarteten

Verlauf der Weltbevölkerungszunahme (mittlere Variante) aufgetragen. Die Angaben hierfür wurden einer Veröffentlichung der Deutschen Stiftung Weltbevölkerung entnommen, die sich wiederum auf entsprechende Untersuchungen der UNO beruft. Von allen Abschätzungen und Annahmen bei diesem Thema dürften die demographischen Aussagen den höchsten Genauigkeitsgrad aufweisen. Es sei hierbei an den demographischen Wandel in Deutschland erinnert, der lange Zeit vor dem Wirksamwerden vorausgesagt worden war (und ebenso lange ignoriert wurde) und dann mit großer Genauigkeit und erheblichen Einschnitten im täglichen Leben über uns hereinbrach. Dieser demographische Wandel tritt grundsätzlich auch global auf – so auch bei den Völkern der Dritten Welt – und bestimmte (wahrscheinlich) auch mit dem von Experten ermittelten Kurvenverlauf.

5.1 Bewertung der Prognosen

Folgende Quellen, die ausgewertet wurden, enthielten Aussagen zum künftigen Energiebedarf und deren Deckung:

- BGR – Studie [3] und BGR – Bericht [14]
- IEA – Bericht [5]
- EWG – Studie [7]

[5]: „World Energy Outlook 2007“, letzter Jahresbericht von der
International Energy Agency

Der Verbrauchsprognose bis 2030 (siehe Abb. 5-1) liegt ein Referenzszenario zugrunde, welches auf der Annahme „Business as usual“ beruht. Für die Schwellenländer China und Indien sowie auch für die übrigen Verbrauchsländer der Dritten Welt mag das zutreffen, jedoch nicht für die Industrieländer. In diesen Ländern, deren Anteil am Verbrauchszuwachs bis 2030 insgesamt nur auf 25% geschätzt wird, hat ein Umdenken hin zu einer besseren Energieeffizienz bereits begonnen. Daraus resultierende Verbrauchseinsparungen werden in diesem Zeitraum zunehmend sichtbar. Aus diesem Grunde könnte die von der IEA angegebene Projektion bis 2030 und von mir verlängert bis 2050 real etwas flacher verlaufen, grundsätzlich aber immer noch ansteigen.

Die IEA geht in ihrem „Energy Outlook 2007“ davon aus, dass bis 2030 der Bedarf durch die globale Förderung immer noch gedeckt werden könne. Als die Untersuchungen hierfür durchgeführt wurden – vor etwas mehr als einem Jahr - lag der Ölpreis noch bei 70 \$ pro Barrel und die Autoren gingen davon aus, dass dieser künftig auch noch wieder sinken werde. Dieses kleine Beispiel ist bereits ein Hinweis dafür, dass sich seitdem in den

vergangenen 15 Monaten die Situation dramatisch verändert hat. Der Ölpreis lag zeitweilig auf dem doppelten Wert, heute (Anfang August) bei 121 \$/Barrel und kein Mensch glaubt noch daran, dass die seligen alten Preissituationen wiederkehren.

Dr. Fatih Birol, Chefökonom und Leiter der Abteilung „Wirtschaftliche Analyse“ der IEA, kündigte bereits im April d.J. in einem von Astrid Schneider (Mitglied im Beirat der EWG) geführten Interview an, dass in dem im November erscheinenden diesjährigen „Energy Outlook 2008“ das Ergebnis einer Analyse über die 350 wichtigsten Öl- und Gasfelder enthalten sein wird. Unter anderem will man dann abgeschätzt haben, wie stark die Fördermengen in diesen Feldern bereits abgesunken sind und was das für die globale Versorgung bedeutet. Das Interview erschien im Internet unter der Überschrift „Die Sirenen schrillen“ [10] und man darf gespannt darauf sein, ob die IEA im November bereits eine Versorgungslücke bis 2030 ankündigen und sich damit den Aussagen der beiden anderen Quellen annähern wird.

Bei der derzeitigen Prognose ist weiterhin zu berücksichtigen, dass die IEA stark von einer Klimaerwärmung durch das CO₂ in der Atmosphäre durchdrungen ist und dies bei ihren Abschätzungen und Lösungsansätzen stets mit einfließen ließ. Es ist davon auszugehen, dass diese Blickweise bei der Erarbeitung des neuen Berichtes noch beibehalten wurde. Ich hingegen sehe diese Fixierung auf das CO₂ kritisch und gehe davon aus, dass bis 2030 die CO₂-Blase geplatzt und darauf aufgebaute Steuerungsmaßnahmen korrigiert sein werden.

[3] Studie der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe „Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen 2006“, und

[14] Bericht über „Erdöl – Reserven, Ressourcen und Reichweiten“

In diesen Veröffentlichungen wurde der gesamte Themenbereich ausführlich dargestellt und analysiert. Die abgeleiteten Aussagen liegen zwischen den Extrempositionen von IEA [5] und EWG [7], weshalb sie für die vorliegende Untersuchung übernommen wurden (siehe Tabelle 4-1 sowie Abb. 3-1, 5-1, 5-2, 5-3).

Weiterhin war für mich der Gesichtspunkt wichtig, dass die BGR als Bundesanstalt dem Wirtschaftsministerium untersteht und damit noch nicht politisch-ideologisch ausgerichtet wurde, wie das bei vergleichbaren Einrichtungen im Umweltministerium der Fall ist.

Die nachfolgenden Abbildungen sind dem „World Energy Outlook 2007“ [14] entnommen. Sie dienen dem besseren Verständnis der Erläuterungen in den jeweiligen Abschnitten.

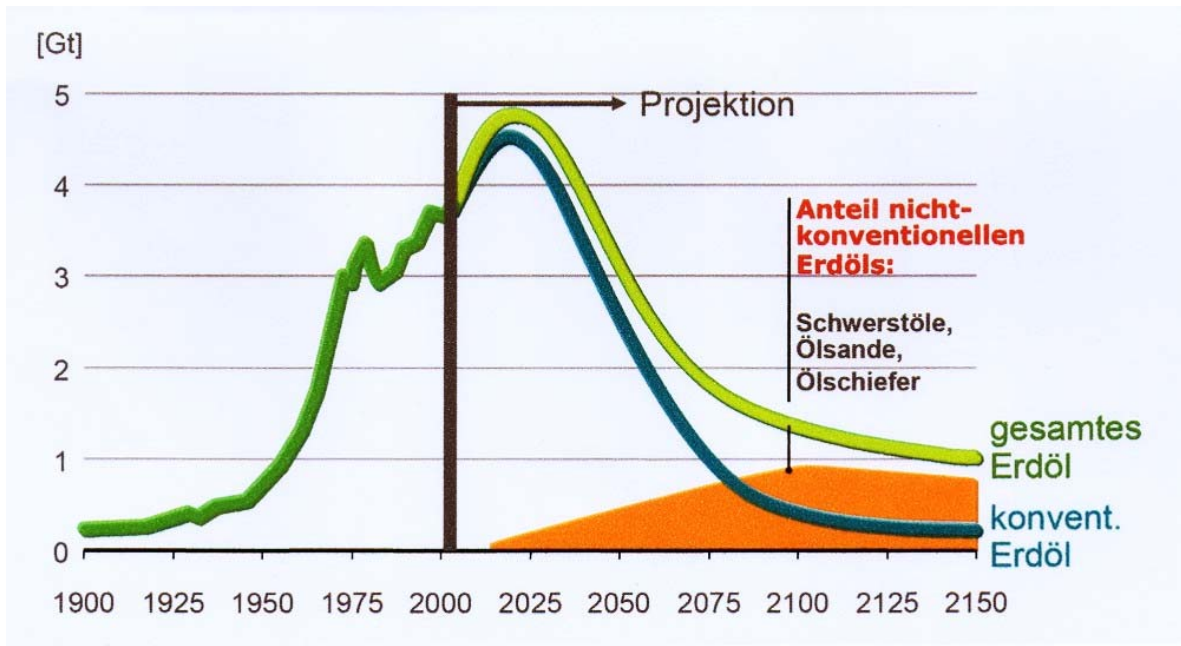


Abbildung 5-2 Weltweite Erdölförderung zwischen 1900 und 2050 aus Sicht der GBR

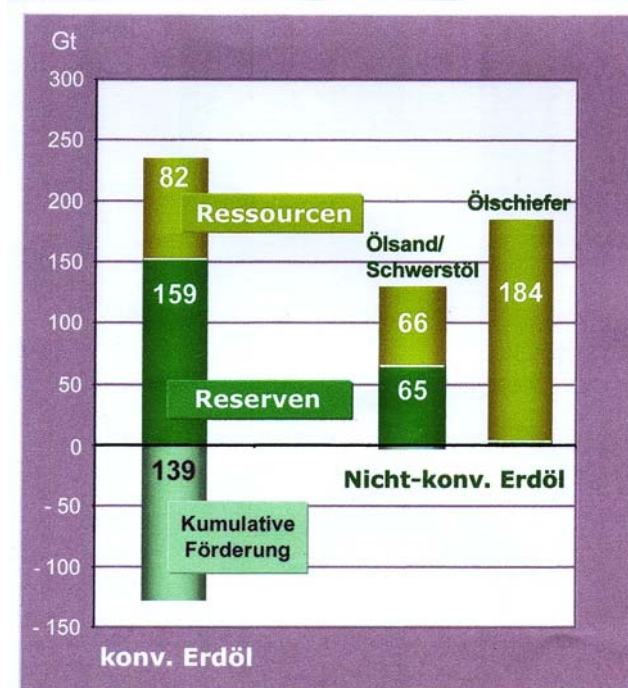


Abbildung 5-3 Das weltweite Gesamtpotential der konventionellen und nicht-konventionellen Erdöle

[7] Studie der Energy Watch Group „Zukunft der weltweiten Erdölversorgung“

Ich hatte zunächst eine ideologisch gefärbte Ausrichtung der Studie erwartet, da die EWG der Grünen Partei nahe steht, doch die vorangestellten Überlegungen zur Methodik und darauf aufgebauten Untersuchungen und Argumente erschlossen sich mir als plausibel und nachvollziehbar. Nur einmal am Ende der Studie gibt es ein Statement zum Klimawandel, welcher als ein sehr ernstes Problem angesehen wird. Dann aber wird betont, dass der Schwerpunkt der vorliegenden Studie auf der Erschöpfung der Rohstoffvorräte mit allen zugehörigen Aspekten liege.

Die wichtigsten Aussagen der Studie sind:

- Die weltweite Ölförderung hat bereits 2006 ihren Höchststand erreicht (Peak Oil).
- Die Förderung wird künftig um einige Prozentpunkte jährlich zurückgehen.
- Bis 2030 ist ein dramatischer Rückgang der weltweiten Förderung zu erwarten, der kaum durch die wachsenden Beiträge anderer fossiler, nuklearer oder alternativer Energiequellen geschlossen werden kann.

In Abb. 5-1 sind die zahlenmäßigen Prognoseaussagen der 3 Quellen als Kurvenverlauf dargestellt. Eine maximal zu erwartende Versorgungslücke ergibt sich aus dem Spalt zwischen der oberen Ölbedarfskurve von der IEA und der unteren Förderprognose der EWG. Im Jahre 2030 könnte die Versorgungslücke bereits runde 3,5 Gtoe betragen und bis 2050 auf über 5 Gtoe anwachsen.

5.2 Die falschen Schlussfolgerungen von ExxonMobil

Unter dem Titel „Öldorado“ veröffentlicht die weltgrößte private Ölförderfirma ExxonMobil ihre jährliche Statistik. Dabei erfolgt eine Neuauflage meist mit einer Pressekonferenz. Die deutschsprachige Ausgabe wird seit Jahren am Sitz der Central Europe Holding in Hamburg von Herrn Schult-Bornemann, Leiter der Presseabteilung, der Öffentlichkeit mit einer Rede bzw. einem Vortrag vorgestellt. Nach der Präsentation von Öldorado 2004 hatte ich anschließend mit Herrn Schult-Bornemann einen intensiven Schriftverkehr über seine abschließende Aussage:

„[...] So ist es eine sichere Voraussage, dass weder wir, noch unsere Enkel, noch deren Enkel das Ende des Öls erleben werden. Vielmehr wird das Ölzeitalter nicht aus Mangel an Öl zu Ende gehen, genauso wie die

Steinzeit nicht aus Mangel an Steinen zu Ende ging, sondern weil es andere Formen der Energiebereitstellung geben wird.[...]"

Ich rechnete Herrn Schult-Bornemann vor, dass seine sichere Aussage einen Zeitraum von mindestens 135 Jahren umfasst, also bis weit ins nächste Jahrhundert hineinreicht, was von keiner anderen Organisation oder Institution auch nur im Entferntesten versucht wird. Die angekündigten anderen Energieformen für den Energiesektor, die eher notgedrungen künftige Versorgungslücken werden stopfen müssen, sind allesamt ungünstiger und werden einen geringeren spezifischen Energieinhalt pro Liter aufweisen. Methanol z.B. hat nur die halbe Energiedichte und Wasserstoff – selbst im verflüssigten Zustand – kommt bei diesem Vergleich gleich ganz schlecht weg. Was die Natur bei ihrer Umwandlung in Jahrmillionen erreicht hat, lässt sich in den kurzen Zeiten, die wir für die verschiedenen Syntheseverfahren ansetzen können, nicht erreichen.

Mit dieser Aussage gaukelt nun ExxonMobil der Öffentlichkeit eine Sorglosigkeit vor, die trügerisch und gefährlich ist. Diese Sorglosigkeit wird noch verstärkt, in dem nur die Reserven für Öl und Gas genannt werden und stets darauf hingewiesen wird, dass diese in der Vergangenheit stets schneller gewachsen sind als der Verbrauch und auch künftig damit zu rechnen sei. Dabei setzt sich das Gesamtpotential aus den Reserven und Ressourcen zusammen und dieses hat sich in den vergangenen 10 Jahren nur geringfügig vergrößert (siehe Tabelle 4-1). Wenn sich also vordergründig die Reserven stets vergrößert haben, dann wurde diese Energiemenge aus dem weitgehend bekannten Topf der „konventionellen Ressourcen“ entnommen, der sich laut Tabelle in den letzten 10 Jahren gerade mal um 4 Gt SKE bzw. 2,8 Gtoe vergrößert hat. Der Topf „nicht-konventionelle Ressourcen“ hat sich zwar durch die Aufnahme von 263 Gt SKE (184 Gtoe) Ölschiefervorkommen kräftig erhöht, doch gibt es auch hierbei einen Wermutstropfen: Für die Aufbereitung zu verwendbarem Treibstoff sind erhebliche Energiemengen erforderlich, sodass die nutzbaren Ressourcen real kleiner sein werden. Das gilt prinzipiell auch für die Schwerstöle und Ölsände, wo schon die Gewinnung energieaufwendiger ist als bei konventionellem Erdöl.

Diese kritische Diskussion mit Herrn Schult-Bornemann von ExxonMobil fand 2004 statt, als der Ölpreis noch unter 40 US\$/Barrel lag. Heute, 4 Jahre später, ist der Ölpreis auf 120 \$ hochgeschneit und lag zwischenzeitlich sogar bei 140 \$. Einen deutlicheren Hinweis auf eine bereits eingetretene Verknappung beim Erdöl kann man sich gar nicht mehr vorstellen. ExxonMobil hat seine Strategie der Verniedlichung des Problems aber immer noch nicht aufgegeben und nennt seine jährliche Statistik immer noch „Öldorado“. Im Duden steht unter

Dorado „vergl. Eldorado = Paradies“. Statt Öldorado sollte ExxonMobil seine Berichte heute besser unter der Überschrift „**Sorgenkind Erdöl**“ herausgeben (siehe auch [10]).

6. Erwartbare Versorgungslücke bis 2050

In Abb. 5-1 ist die zu erwartende Versorgungslücke des Erdöls dargestellt. Sie könnte bis 2030 bereits 3,5 Gtoe (5 Gt SKE) betragen und bis 2050 auf über 5 Gtoe anwachsen (>7 Gt SKE; 2007 betrug der jährliche Verbrauch 5,64 Gt SKE!). Hierbei sind die nicht-konventionellen Vorkommen schon inbegriffen (siehe Abb. 5-2 und 5-3). Wegen der hierfür erforderlichen hohen Investitionen und zu überwindenden Umweltbelastungen seien diese laut BGR jedoch nur sukzessive erschließbar. Außerdem sind für die Erschließung und Aufbereitung dieser Kohlenwasserstoff-Energieträger zunächst einmal erhebliche Energiemengen aufzuwenden, die den Verbrauchern später nicht mehr zur Verfügung stehen.

Interessant ist auch eine Betrachtung der Energiemengen, die diese Versorgungslücken aufweisen. Bis 2030 ergibt sich eine Fehlmenge von 40 Gtoe entsprechend 57,4 Gt SKE. Bis 2050 ist die gesamte Unterdeckung dann auf 127 Gtoe entsprechend 182 Gt SKE angewachsen! Deshalb soll einmal abgeschätzt werden, ob andere Primärenergieträger oder Energiequellen diese Lücke ausfüllen können. So kann z.B. Kohle durch chemische Anlagerung von Wasserstoff (Hydrierung) verflüssigt werden.

6.1 Kann Erdgas das Öl ersetzen?

Für die Hauptanwendungsgebiete vom Erdöl, Transport und Raumheizung, kann diese Frage grundsätzlich mit einem *Ja* beantwortet werden.

Die einfachste Lösung hierfür wäre eine direkte Verbrennung des Methangases, was bedeutet, dass der Brennstoff entweder als Gas in Druckflaschen (ca. 200 bar) oder verflüssigt in wärmeisolierten Tanks (ca. minus 161°C) mitgeführt werden müsse. Hierbei ist die für Fahrzeuge wichtige spezifische Größe „Energieinhalt pro Volumeneinheit“ erheblich niedriger und damit ungünstiger als bei den flüssigen Erdölderivaten Benzin, Diesel und Kerosin, die außerdem unter Normaldruck und Normaltemperatur getankt werden können.

Das Erdgas kann aber auch mit Hilfe des „Fischer-Tropsch-Verfahrens“ zu GtL (Gas to Liquid) verflüssigt werden und hat dann ähnliche Eigenschaften wie die Erdölderivate. Der

spez. Energieinhalt pro Volumeneinheit ist nur geringfügig geringer. Allerdings erfordert die Umwandlung zunächst einmal Energie und einen nicht unerheblichen Apparatenaufwand, wodurch sich die Erzeugungskosten entsprechend erhöhen.

Was die Raumheizung betrifft, so bietet eine Umstellung von Öl auf direkte Erdgas mit der Brennwerttechnik sogar einen Effizienzvorteil. Voraussetzung ist allerdings ein entsprechender Gasleitungsanschluss, und der ist nicht überall möglich.

Zu bedenken ist auch, dass bei dem stark zunehmenden jährlichen Verbrauch das nutzbare Erdgaspotential ebenfalls schnell einem „Peak Gas“ (äquivalent zum Peak Oil) zustrebt, der bereits für den Zeitraum 2015 bis 2035 prognostiziert wird. Dieses würde noch beschleunigt werden, wenn im Rahmen der unseligen Klimadiskussion die Forderung sich durchsetzt, vor dem Einsatz den Kohlenstoff aus der Methan- Molekülverbindung abzuspalten um nur den Wasserstoff zu verwenden.

Soll die gesamte beim Erdöl prognostizierte Fehlmenge bis 2050 von 182 Gt SKE durch Erdgas ersetzt werden, müssten hierzu 36% von dem noch vorhandenem, geschätzten konventionellen Erdgaspotential von 503 Gt SKE (siehe Tabelle 4-1) aufgewendet werden. Hierbei ist der zusätzliche Bedarf für die erforderliche Umwandlungsenergie noch nicht berücksichtigt. Das sind nun aber schon rein fiktive Werte, denn der oben genannte „Peak Gas“ Zeitpunkt, der wahrscheinlich ohnehin schon vor 2050 eintreten wird, würde dann noch eher eintreten. Die gewünschte Öl- Ersatzmenge kann nicht gefördert werden.

6.2 Kann Kohle das Öl ersetzen?

Mithilfe des bereits erwähnten „Fischer-Tropsch-Verfahrens“ kann auch Kohle verflüssigt werden und damit Einsatzfelder des Erdöls (auch die von Erdgas) übernehmen. Zusätzlich zu den Mehraufwendungen an Energie und Kosten, wie sie oben für das Flüssiggas GtL genannt wurden, kommen bei der Kohleverflüssigung noch die Aufwendungsanteile für die Erzeugung von Wasserstoff und die daran anschließende Kohlehydrierung hinzu. Mit anderen Worten: Die Erzeugungskosten sind noch um ein Beträchtliches höher als bei der Erzeugung von GtL- Produkten.

Die bis 2050 zu ersetzende Energiemenge von 182 Gt SKE + zusätzliche Energie für H₂- Erzeugung und Hydrierung beträgt nur 0,02% von dem geschätzten Kohlepotential und ist damit praktisch bedeutungslos. Selbst wenn Erdöl und Erdgas zusammen ab heute (685 Gt

SKE) durch Kohle substituiert werden müssten, belastet das das Kohlepotential nur zu 0,07%. Der apparative Aufwand hierfür wird dagegen wohl nicht finanziert werden können, weshalb derartige Maximallösungen nicht möglich sind, als Teillösungen aber schon in Frage kommen.

6.3 Wo kann Kernenergie Ölaufgaben übernehmen?

Im zivilen Bereich wird heute Kernspaltenergie nahezu ausschließlich zur Stromerzeugung genutzt, wenn man von den ganz geringen Energiemengen zum Antrieb russischer Atomeisbrecher und für Forschungszwecke einmal absieht. Künftige Hochtemperatur-Reaktoren nach dem Prinzip des Kugelhaufenreaktors könnten dann auch noch Prozesswärme bis etwa 800 °C bereitstellen. Eine Ausweitung des Anwendungsbereiches darüber hinaus ist nicht erkennbar. Der verhältnismäßig geringe Anteil am globalen Jahresenergieverbrauch 2007 (siehe Tabelle 4-1) von 0,89 Gt SKE (6%) verdeutlicht diese Aussagen.

Im Transportsektor wird elektrischer Strom bisher vorwiegend für den Schienenverkehr eingesetzt. Eine gewisse Ausweitung wird hierfür prognostiziert. Beim Individualverkehr – der Bereich mit dem größten Energiebedarf – wird sich der reine Elektroantrieb wohl auch in den nächsten 40 Jahren noch in Grenzen halten. Eine gewisse Verbreitung könnte dagegen Wasserstoff in Kombination mit einer Brennstoffzelle erlangen. Die anfängliche Euphorie für diesen Zukunftsantrieb ist allerdings verflogen, denn die Technologie hierfür erwies sich bisher als recht widerborstig. So verbleibt für den Transportbereich nur noch ein gewisser Strombedarf für die H₂- Erzeugung mit anschließender Hydrierung zur Kohleverflüssigung. Diese Energie kann aber grundsätzlich auch, wie oben schon dargelegt, von der Kohle selbst aufgebracht werden.

Sehr viel günstiger sieht der Einsatz von Kernenergie-Strom für Heizungszwecke aus. Ich denke hierbei weniger an ein direktes Verbrauchen von des Edelenergie-Zwischenträgers „Elektrizität“ in minderwertige Heizwärme als an intelligentere Energiesparprozesse, wie z.B. die Nutzung von geothermischer Wärme in Kombination mit elektrisch angetriebenen Wärmepumpen einen darstellt. Auch der Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung mit Hilfe von kleinen, flexibel arbeitenden Brennstoffzellen anstelle der heutigen Heizungsanlagen, ist denkbar und brächte große (geradezu revolutionäre) Vorteile. Die Energieeffizienz hierbei steigt mit dem Vorhandensein von ungebundenem Wasserstoff im hierfür eingesetzten

Erdgas. Dieser Wasserstoff könnte dann elektrolytisch mit Strom aus Kernkraftwerken erzeugt werden.

Global betrachtet ist die Kernenergie also weder in der Lage noch dazu geeignet, in den nächsten 40 Jahren die sich auftuende Versorgungslücke beim Erdöl auszufüllen. Aus einem speziellen Grund ist dieses sogar wünschenswert und beruhigend, denn eine globale Anwendung der Kernenergie würde bedeuten, dass diese Technologie auch in die Hände fanatischer Islamisten gelangt, die damit Terrorakte gegen Nationen mit anderem Glaubenshintergrund durchführen könnten. Eine erste Weiterverbreitung dieser Technologie an andere islamische Bruderstaaten ist durch Pakistan bereits erfolgt. Derzeitig finden intensive Bemühungen der UNO statt zu verhindern, dass der Iran mit Hilfe der Zentrifugentechnik selbst Uran mit dem spaltfähigen Isotop anreichern kann. Hierbei muss nicht unbedingt an die Herstellung technisch anspruchsvoller Atombomben gedacht werden. Eine sogenannte schmutzige Atombombe, die hoch strahlendes Material (z.B. Plutonium) mit chemischem Sprengstoff in einer Stadt explosionsartig verteilt, wäre schon schlimm genug. Deshalb ist es dringend geboten, die Kernenergie nur in Ländern mit politischer Stabilität und zu erwartender Kontinuität sowie bei Vorhandensein entsprechender Organisationsstrukturen für deren Kontrolle, einzusetzen.

Doch auch in diesen Ländern gibt es Grenzen bei der Anwendung, die beachtet werden müssen, so z.B. das Kühlproblem beim Dampfprozess. Prinzipbedingt liegt hier der thermische Wirkungsgrad niedriger als bei den Kohle- und Gaskraftwerken. Etwa das 1,8- fache von der als elektrischer Strom abgeführten nutzbaren Energie muss als Verlustwärme an die Umgebung abgegeben werden. Vorwiegend wird diese Kühlwärme in Flüsse eingeleitet, deren Wassertemperatur aber bestimmte Werte nicht überschreiten darf, weil sonst die Fische sterben. Das führt dazu, dass bei länger anhaltenden Warmwetterperioden die Kernkraftwerke entweder in ihrer Leistung heruntergefahren oder ganz abgeschaltet werden müssen.

Eine große Gefahr bei der Kernenergienutzung - und hier insbesondere in unserem engbesiedelten Deutschland - schlummert in der vorhandenen Gesetzgebung für zulässige Grenzwerte, die seit der Schröder-Regierung wahrscheinlich weiter verschärft wurden, z.T. bis auf und unter Werte der natürlichen Umgebungsbelastung. Kommt es irgendwann einmal bei uns oder in Nachbarländern zu einer Freisetzung von Radioaktivität, kommen Evakuierungspläne zum Tragen, die einer wirklichen KKW-Katastrophe gleichkommen und diese sind dann, was die Kosten betrifft, real und für unsere Volkswirtschaft eine wirkliche Katastrophe. Hier ist ein verantwortbarer Rückbau der entsprechenden Gesetzgebung erforderlich anstatt weiterer Verschärfungen wie jetzt unter Siegmund Gabriel. Aber dafür sind

zunächst einmal Mehrheiten zu gewinnen, denn demokratisch muss unser Gemeinwesen schon bleiben, auch wenn dabei (zeitweilig) Unsinnigkeiten mit durchgeschleppt werden. Dies bedeutet wiederum, dass der Durchschnittsbürger, der naturwissenschaftlich nicht sehr gebildet ist, zunächst entsprechend aufgeklärt werden muss. Ganz allgemein muss die weitverbreitete Radiophobie (schließt Angst über Strahlenbelastung beim Telefonieren mit ein) abgebaut werden. Bei der verbreiteten Abneigung gegen Zahlen und der Neigung, angstausslösenden Aussagen mehr zu glauben als der Vernunft, ist das gewiss keine leichte Aufgabe und wird – selbst unter günstigen Bedingungen – Jahrzehnte benötigen.

Andererseits ist aber auch zu konstatieren, dass für die demokratischen Industrieländer die Kernenergienutzung unverzichtbar geworden ist – und zwar umso mehr, je stärker ein Land von Energieimporten abhängt. Deutschland z.B. importierte 2007 96% seines Erdölbedarfs; 85% waren es beim Erdgas, bei der Steinkohle 77% und beim Uran 100%. Diese hohe Abhängigkeit birgt Gefahren, denn sehr rasch können politische Ereignisse eintreten, bei denen ein wichtiger Lieferant plötzlich ausfällt. Deshalb ist der Energiemix für uns besonders wichtig und hierzu gehört auch die Kernenergie, die 2007 mit 22% an der Stromerzeugung beteiligt war. 2006 waren es sogar 26%.

In Zukunft ist ein noch höherer Strombeitrag denkbar und grundsätzlich auch möglich. Kernkraftwerke arbeiten kontinuierlich für den Grundlastbereich mit 90-prozentiger Auslastung. Hierfür sind neben den bereits vorhandenen Anlagen mit verlängerten Laufzeiten auch neue KKW's erforderlich. Die hier zur Anwendung kommende moderne Technologie und die vorhandenen hohen Sicherheitsstandards machen auch für unser dichtbesiedeltes Land einen Betrieb verantwortbar.

Auch das andere, von Kernenergiegegnern gerne vorgebrachte Argument, die Endlagerung für die hochradioaktiven Abfälle sei nicht gelöst, ist nur ein politisches und kein sachliches. Der Salzstock in Gorleben ist sehr wohl geeignet und hätte heute schon in Betrieb sein können. SPD und Grüne, die seit 1990 darüber zu befinden hatten, haben das verhindert und statt dessen eine Situation geschaffen, bei der sämtliche bisher angefallenen Abfälle provisorisch oberirdisch zwischengelagert werden müssen. Das ist eine höchst bedenkliche und gefährliche Hinterlassenschaft, wenn man an den international agierenden Terrorismus denkt. Anstatt ihnen immer noch Gehör zu schenken, sollten die Verantwortlichen dafür nachträglich abgemahnt werden. Stattdessen verschärft Umweltminister Gabriel von der SPD noch die Bedingungen für eine Endlagerung, indem er per Gesetz einen sicheren Einschluss von einer Million Jahre fordert. Einmal rückwärts betrachtet war das eine Zeit, in

der Luci noch auf der Erde herumliefe. Wenn es darauf ankommt, kann Herr Gabriel also auch mal sehr optimistisch sein.

Noch ein Kommentar zu den Reichweiten der Kernspaltstoffe (siehe Tabelle 4-1): Werden diese, wie hier begründet, nur in den politisch stabilen Industrieländern genutzt und nicht global, dann reicht das bekannte Potential noch für weit mehr als 100 Jahre. Wichtig ist, dass weiterhin die Technologie der Wiederaufbereitung mit ihrem besseren Ausnutzungsgrad des Spaltmaterials angewendet wird.

6.4 Die Rolle der Erneuerbaren Energien

Die erneuerbaren Energien (EE) setzen sich aus den nutzbaren Energieeinträgen von der Sonne in Form von Solarstrom, Solarwärme, Wasserkraft, Windenergie, Wellenenergie und Biomasse, aus dem Erdinneren in Form von geothermischer Wärme und vom Mond in Form von Gezeitenenergie, zusammen. Hierbei ist derzeit nur die Sonnenenergie von praktischer Bedeutung. Geothermische Wärme könnte künftig in einigen Regionen stärker genutzt werden, während die Gezeitenenergie grundsätzlich zu gering ist, um einen spürbaren Einfluss auf unsere Energieversorgung zu nehmen.

Kritisiert wird teilweise die Bezeichnung **Erneuerbare Energien** mit dem Hinweis, dass Energie sich prinzipiell nicht erneuern sondern nur umwandeln kann. Das ist zwar übergeordnet betrachtet richtig, trifft jedoch in unserem Fall nicht zu. Für den betrachteten Zeitraum, den wir hier für die betrachteten Energiesorgen ansetzen – z.B. die kürzlich gesetzlich festgeschriebenen 1 Million Jahre durch den Umweltminister Gabriel – wird die Sonne zuverlässig den Energieanteil, den wir dann nutzen wollen, wieder ersetzen und damit erneuern. Deshalb verwenden auch renommierte wissenschaftliche Organisationen wie die BGR die Begriffe **Erneuerbare Energien und Nicht Erneuerbare Energien**.

Als **Erneuerbare** Primärenergiequelle fest etabliert und global genutzt ist die Wasserkraft (Hydroelectricity) zu nennen mit einer Stromgewinnung im Jahre 2007 von 1,013 Gt SKE (0,709 Gtoe). Die geschätzte Energiegewinnung aus Biomasse – hauptsächlich zum Kochen verwendet – liegt in der gleichen Größenordnung. Zum Vergleich: Im gleichen Jahr wurden global nur 0,89 Gt SKE aus Uran erzeugt (Bruttoenergie, siehe Tabelle 1). Der daraus zu gewinnende elektr. Strom (Nettoenergie) hätte beim Einsatz moderner KKW's mit Gesamtwirkungsgraden von 38% (wie in Deutschland eingesetzt) bestenfalls 0,34 Gt SKE

äquivalent 1.040 TWh betragen, also nur 34% von der Hydroelektizität. Tatsächlich wird es eine noch geringere Strommenge gewesen sein, denn KKW's in anderen Ländern haben häufig schlechtere Wirkungsgrade. Die IEA schätzt, dass die Hydroelektizität bis 2030 auf 1,6 Gt SKE jährlich noch zunimmt und die Energiegewinnung aus Biomasse auf etwa 1,4 Gt SKE (Entnommen aus [3]).

Energiebeiträge aus anderen Bereichen der **Erneuerbaren** tauchen in den Statistiken über die globalen Verbräuche bis 2007 noch nicht auf. Auf sie werden aber große Erwartungen gesetzt und insbesondere die Vertreter der Ansicht, der Mensch sei an der beobachteten Klimaerwärmung schuld und könne diese auch wieder reduzieren, glauben, dass man schon bis 2050 einen Großteil der benötigten fossilen Energien durch **EE** ersetzen und auf Nuklearenergie gleich ganz verzichten könne. Theoretisch auf dem Papier ist das sogar möglich, denn die im Mittel die Erdoberfläche erreichende Strahlleistung der Sonne von etwa 170 W/m² führt zu großen Energiemengen – aber leider nur bei einer geringen spezifischen Energiedichte (kWh/m² und Jahr). So wurde z.B. ausgerechnet, dass eine Fläche von rund 2x10⁶ km² (das 5,6- fache der Fläche Deutschlands) in Wüstengebieten mit einer jährlichen Einstrahlung von mindestens 2000 kWh/m² benötigt wird, um dort mittels Solarstrom erzeugten Wasserstoff den Netto-Energiebedarf von rund 14 Gt SKE (Fossilenergie-Verbrauch 2007) die Welt zu versorgen. Die gesamte Fläche der Sahara beträgt 8,7 Millionen km² und könnte unseren Energiebedarf – auch einen noch wachsenden - befriedigen. Zumindest auf dem Papier, praktisch ist es nicht vorstellbar, wie die geradezu unvorstellbar hohen Investitionen hierfür aufgebracht werden sollten. Schon der Energieaufwand für die Herstellung der Anlagen dürfte zum Problem werden, denn die ersten 6 bis 8 Jahre Energieerzeugung einer Anlageneinheit fließen zunächst einmal in die Herstellung einer neuen Einheit ein. Dann die politischen Probleme und das Terrorpotential in diesen Gegenden. Derzeitig ist es nicht auszudenken, wie sich das einmal nachhaltig auflösen soll. Da wir hier einen Zeitraum bis 2050 – gerade einmal 42 Jahre – betrachten, ist diese globale Möglichkeit zunächst einmal auszuschließen. Regional jedoch, so z.B. in südlichen Ländern der EU und USA, werden erste größere Einheiten im Rahmen einer Prototypenphase aufgestellt und erprobt werden und möglicherweise in diesen Ländern bereits zu einem kräftigen Standbein im Mix der Energieversorgung heranwachsen. Für Deutschland, eine Gegend mit geringerer mittlerer Sonneneinstrahlung und davon abhängiger Energieausbeute (1000 bis 1200 kWh/m² und Jahr, je nach Ausrichtung), habe ich einmal (1998) ein Maximal-Szenario untersucht, mit folgenden Werten:

- o 600 km² Dachflächen, nach Süden ausgerichtet und nicht abgeschattet.
Mittlere Energieausbeute (Brutto): 139 kWh/m² und Jahr

- 3500 km² Freilandfläche, nach Süden ausgerichtet und nicht abgeschattet. Diese Fläche war Bestandteil der wegen Überproduktion stillgelegten landwirtschaftlichen Flächen, die 1996 mit 13000 km² ausgewiesen wurden (3,5% von der Gesamtfläche Deutschlands).

Reine Solarzellenfläche: 2350 km². Mittlere Energieausbeute (Brutto):

89 kWh/m² und Jahr

Die jährliche Brutto-Energiegewinnung aus diesen in Deutschland aufgestellten Photovoltaik-Anlagen beträgt 394 TWh. Hiervon müssen dann zunächst einmal die Energiemengen für die erstmalige Herstellung der Anlagen (die Produktion der ersten 8 Jahre Betriebszeit wird hierfür veranschlagt) und der jeweilige jährliche Ersatzbedarf (bei angenommenen 40 Jahren Lebensdauer) abgezogen werden. Die jährliche Netto- Energieproduktion, die an die Verbraucher weitergeleitet werden kann, reduziert sich dadurch auf rund 335 TWh. Diese fallen aber nicht gleichmäßig verteilt über das Jahr an. Im Sommerhalbjahr sind es z.B. 42 TWh/Monat und im Winterhalbjahr vergleichbar nur 13,5 TWh/Monat. Hinzu kommen dann noch die täglichen Schwankungen zwischen Tag und Nacht (kein Energieabfluss) sowie die Schwankungen zwischen klarem und bewölktem Himmel. Alle diese Schwankungen müssen ausgeglichen werden, was nur mit Zwischenspeicherungen und bei Überproduktion mit zeitweiligen Abschaltungen zu erreichen ist. Die dann tatsächlich für den Verbrauch zur Verfügung stehende Energiemenge wird entsprechend niedriger ausfallen, ich schätze einmal 75% von der oben genannten jährlichen Bruttoenergie von 335 TWh. Somit stehen den Verbrauchern (private, gewerbliche und industrielle) letztlich nur rund 250 TWh für ihren zeitlich individuellen Bedarf zur Verfügung. Um nun diese jährliche Strommenge aus fossilen Brennstoffen oder Uran zu erzeugen (62% Verluste bei der Umwandlung!), müssten im gleichen Zeitraum $0,21 \times 10^9$ t SKE aufgewendet werden.

Ein weiteres **EE**- Potential auf deutschem Territorium ist die aus dem Wind zu erntende Energiemenge. 2007 waren es runde 40 TWh, die von den ausschließlich auf dem Festland installierten Windenergie-Konvertern (WEK) in die Stromnetze eingespeist wurden. Dieser Netto-Energieertrag wird sich in Zukunft nur noch mäßig steigern lassen, z.B. durch den Austausch von kleineren Anlagen gegen größere (repowerring). Neue Standorte sind nur noch schwer zu erschließen, weil sich inzwischen ein heftiger Widerstand gegen das Erscheinungsbild der WEK gebildet hat (Verspargelung der Landschaft). Ich schätze deshalb einmal ganz grob, dass sich der Netto- Energieertrag aus Onshore- WEK bis 2030 auf 60 TWh erhöht haben könnte.

Große Erwartungen wird auf die Offshore-Windenergie gesetzt. In den Medien ist das z.Z. ein Lieblingsthema, weil mit dem Bau für ein erstes Prototypen- Feld mit 12 WEK a 5 MW 40

km seewärts von Borkum, begonnen wurde. Baugenehmigungen für über 17.000 MW in Nord- und Ostsee sollen bereits erteilt sein und zusätzlich noch einmal 27.000 MW beantragt (15). Phantastische Prognosen werden gemacht; bis 2020 will man 25% des Strombedarfs mit Windstrom erzeugen, sagt z.B. Uwe Gerder vom Bundesverband Windenergie. Bis 2020 soll eine Leistung von 10.000 MW Offshore installiert werden (16]. Das Bundesbauministerium spricht gar von 25.000 bis 30.000 MW bis 2030 (18]. Dann müssten schon ab 2009 im Schnitt 286 WEK á 5 MW jährlich errichtet werden.

Bei meiner Suche im Internet nach einer Angabe, wie viel Energie sich denn nun mit einem im Offshore-Bereich installierten MW jährlich konkret gewinnen lässt, wurde ich nicht fündig und mein Verdacht damit bestätigt, dass die Protagonisten sich wieder einmal als technisch-wissenschaftlich ahnungslos outen und bereit sind, sich etwas in die eigene Tasche zu lügen. Die Verwechslung von Leistung mit Energie war hierbei der häufigste Fehler. Erst ein Telefonat mit Herrn Hahn von ISET [17] brachte etwas Klarheit. Danach wird beim Einsatz von WEK im Offshore-Bereich mit 3500 bis 4000 äquivalenten Vollaststunden im Jahr gerechnet; berücksichtigen müsse man aber auch, dass nicht alle WEKs zu jedem Zeitpunkt einsatzbereit sein werden. Danach kann die zu erwartende Jahresenergie 2020 im Offshore-Bereich am Ort der Erzeugung wie folgt abgeschätzt werden:

$$E_{\text{jährlich}} = P_{\text{max}} \times t_{\text{Vollast}} \times \text{Verfügbarkeit}$$

Dafür eingesetzt:

$$10.000\text{MW} \times 3700\text{h} \times 0,8 = 29.600.000 \text{ MWh} = 29,6 \text{ TWh}$$

Diese Energie muss nun noch vom Ort der Erzeugung zu den Verbrauchern geleitet werden. Dazu wurden per Gesetz die Stromversorgungsfirmen verpflichtet. Bis zum Festland geschieht das sehr aufwendig über Erdkabel. Derzeitig wird noch so geplant und gerechnet, dass die verschiedenen hierbei beteiligten EVUs ihren Strom über eigene Kabel und Trassen als Drehstrom ableiten, was entsprechend verlustreich ist. Besser wäre hochgespannter Gleichstrom und 2 gemeinsame Kabel (für + und -) für alle beteiligten Stromversorger.

Für die derzeitige Planung setze ich einen Leitungsverlust von 15% an. Damit ergibt sich ein Netto-Strombetrag, der den Verbrauchern aus den Offshore- Bereichen im Jahre 2020 zur Verfügung stehen soll, von:

$$E_{\text{netto jährlich}} = 29,6 \times 0,85 = 25,2 \text{ TWh}$$

Wird nun einmal großzügig angenommen, dass durch weitere Installationen sich dieser Nettoenergiebetrag bis 2030 verdoppelt auf rund 50 TWh, dann ergibt sich zu diesem

Zeitpunkt zusammen mit dem Strom aus Onshore-Anlagen eine gesamte Netto-Strommenge von 110 TWh jährlich. Zum Vergleich: 2007 betrug die Stromerzeugung aller KKWs 140,5 TWh und im Jahr davor, als die beiden heute abgeschalteten Anlagen in Norddeutschland noch im Betrieb waren, 167,4 TWh. Das zeigt, dass selbst bei dieser Maximalprognose für die Windenergie diese, zumindest bis 2030, die Kernenergie nicht vollständig ersetzen kann.

Die Offshore-Nutzung des Windes ist nicht beliebig steigerbar. Grundsätzlich wird nämlich durch den Betrieb der WEKs die Rauigkeit der freien Wasseroberfläche erhöht, was bedeutet, dass sich bei den vorherrschenden auflandigen Winden die Isoventen, das sind die Höhenlinien gleicher Windgeschwindigkeit und damit gleicher Windenergie, in Richtung landeinwärts nach oben verschieben. Dadurch kommen die vorhandenen Onshore-WEKs in Bereiche niedrigerer Windgeschwindigkeiten und erzeugen nicht mehr soviel Jahresstrom wie bisher.

Noch einmal die Resultate aus diesem Maximal- Szenario:

Netto- Solarstrom:	250 TWh jährlich
<u>Windstrom aus On- und Offshore-Anlagen:</u>	<u>110 TWh jährlich</u>
Zusammen:	360 TWh jährlich

Dagegen zum Vergleich die Strommengen (Brutto), die 2007 aus ausgewählten Energieträgern gewonnen wurden:

Kernenergie:	140,5 TWh
Erdgas:	74,5 TWh
Steinkohle	145,0 TWh
Braunkohle	156,0 TWh
Mineralölprodukte	8,0 TWh
Wasserkraft	27,5 TWh
Windkraft	39,5 TWh
<u>Sonstige Energieträger</u>	<u>45,5 TWh</u>
Bruttostromerzeugung 2007 einschließlich	
Einspeisungen Dritter:	636,5 TWh

Die Netto- Strommenge, die letztendlich beim Verbraucher ankommt, ist im Mittel 15% niedriger.

Der Vergleich zeigt, dass es zumindest theoretisch möglich ist, einen Großteil (hier 57%) des heutigen Strombedarfs künftig mit **Erneuerbaren Energien**, die auf Deutschem Territorium gewonnen werden, zu erzeugen. Diese Bilanz fällt noch etwas besser aus, wenn auch andere Formen der **Erneuerbaren** wie z.B. Biomasse und Geowärme mit einbezogen werden, sowie auch Energieeinsparungen und höhere Energieeffizienzen. Andererseits ist zu beachten, dass Wind und Sonne dem launischen Wetter- bzw. Klimagott unterliegen und deshalb nicht sicher zu planen sind. Die Verbraucher müssen oder wollen wenigstens dagegen sicher planen können, weshalb stets eine gewisse Reserve aus der konservativen Stromerzeugung bereitgehalten und teilweise auch eingesetzt werden muss. Vergessen werden darf auch nicht, dass bei diesem Vergleich hier nur die Stromerzeugung betrachtet wurde. Der gesamte Energieverbrauch von Deutschland im Jahre 2007 betrug umgerechnet $3,98 \times 10^{15}$ Wh und war damit etwa 2,3 mal so hoch wie die aufgewendete Primärenergie zur Erzeugung der Bruttostrommenge von $636,5 \times 10^{12}$ Wh (Wirkungsgrad von 38% mit eingerechnet).

Konservative Energien werden somit auch künftig – zumindest in dem hier angedachten Zeitraum bis 2050 – den größten Anteil der benötigten Energien bereitstellen müssen, wenn Arbeitsplätze und hoher Lebensstandard erhalten bleiben sollen. Das größte Fragezeichen bei dem hier zugrunde gelegten Maximal- Szenario liegt aber bei der Finanzierbarkeit dieser Vorhaben. Können z.B. die riesigen Investitionssummen, die für die Herstellung und Installation von **3000 km²** Solarzellenfläche erforderlich sind, in den nächsten 40 Jahren aufgebracht werden? Derzeitig diskutiert man darüber, ob in diesem Zeitraum überhaupt das Geld für die erforderliche Verbesserung der Isolierung bei Altbauten aufgebracht werden kann. Und dann noch der Geldbedarf für die anderen ehrgeizigen Energiepläne, für die Kosten durch die weiter zunehmende Alterung der Bevölkerung, für die Tilgung von 1,5 Billionen Schulden, und – und - und..

Ich bin sicher, das alles wird so bald nicht möglich sein und der Wunsch nach einer CO₂- und uranfreien Energieversorgung wird noch lange ein Wunschtraum bleiben. Ein wenig ließe sich aber doch nachhelfen, in dem wir nämlich so kostenträchtige und gleichzeitig unsinnige Vorhaben wie den Handel mit CO₂-Emissionsrechten – ab 2013 sollen die Stromerzeuger den gesamten CO₂-Ausstoß, den sie verursachen, an einer Börse kaufen müssen - , die CO₂-Abscheidung aus den Abgasen mit anschließender Sequestrierung (Wirkungsgrad-Verschlechterungen bis zu 30%!), und noch viele andere Zwangsmaßnahmen mehr, nicht einführen bzw. wieder rückgängig machen.

Andererseits gehören unter dem Gesichtspunkt der Versorgungssicherheit **EEs** genauso zu dem notwendigen Energiemix wie Kernenergie, Kohle und Gas auch. Nachfolgend noch einmal die wesentlichen Argumente für ihre Nutzung:

- Die **EEs** sind eine deutsche Primärenergie- Ressource wie die deutsche Kohle (Braunkohle und Steinkohle) auch.
- Insbesondere die photovoltaische Nutzung der Solarstrahlung sowie die Nutzung des Windes weisen erhebliche Energiepotentiale auf. Auch die Nutzung geothermischer Wärme zur Raumheizung lässt größere Substitutionspotentiale bei Heizöl und Erdgas erwarten.
- Solarstrahlung und Wind ergänzen sich gegenseitig bei der Nutzung. So fällt z.B im Winterhalbjahr mehr Windenergie an als im Sommer, während es bei der Solarenergie umgekehrt ist. Lücken beim Energieanfall werden auch jetzt schon durch kurzfristig einsetzbare Reservekapazitäten, wie sie in jedem Kraftwerkspark vorhanden sind, abgedeckt. Im umgekehrten Fall werden bei erhöhtem Energieanfall einzelne Anlagen entsprechend abgeschaltet.
- **EEs** sind zum Jobmotor und insgesamt ein beachtliche Wirtschaftsfaktor geworden. 2007 betrug allein in der Windenergiebranche der Umsatz mehr als 6 Milliarden €. Über 80% der Produkte wurden exportiert. Alles mit steigender Tendenz.

Eine Anschubfinanzierung für Entwicklung und Einführung dieser und künftig weiterer Technologien, z.B. für Geowärme-Nutzung oder Brennstoffzellen im Heizungsbereich, ist genauso berechtigt und lässt sich genauso begründen wie bei anderen Produkten (Flugzeugbau, Fusionsenergie, usw.). Wichtig ist, dass diese Subventionen zeitlich begrenzt bleiben und regelmäßig überprüft und angepasst werden.

Ein schlechtes Beispiel hierbei gibt die Forschung an der kontrollierten Fusion von leichten Atomen ab, die nunmehr seit 50 Jahren betrieben wird und in der Zwischenzeit Milliarden gekostet hat. Selbst bei erfolgreichem Ausgang der derzeit im Bau befindlichen Versuchsanlage ITER in Südfrankreich (geschätzte Baukosten 4,7 Milliarden €) wird es nach Aussagen von Fachleuten frühestens in 40 Jahren zu einem kommerziellen Einsatz kommen. Nach den Kriterien der Kritiker von Subventionen hätte die Fusionsforschung längst eingestellt werden müssen.

6.5 Eine weitere Möglichkeit, der Versorgungskrise entgegenzuwirken

Völlig unabhängig davon, ob nun die Menschheit für eine Klimaerwärmung verantwortlich ist oder nicht, so unbestreitbar ist die Tatsache, dass sie für die sich abzeichnende Energieversorgungskrise verantwortlich ist, denn nur der Mensch benötigt und verbraucht die in Jahrmillionen entstandenen fossilen Energien. Der Grund dafür, dass dieser Verbrauch nun immer schneller zunimmt und die Versorgungskrise praktisch vor der Tür steht, liegt in der explosionsartigen Vermehrung der Menschheit von 1 Milliarde zu Beginn des 19. Jahrhunderts bis heute auf 6,7 Milliarden. Bis 2050 – und das ist der hier behandelte Zeitraum – werden 9,3 Milliarden Menschen erwartet (mittlere Schätzung) [13] und diese Zunahme erfolgt nur noch in Ländern der Zweiten und Dritten Welt. Die reichen Industrienationen werden dagegen schrumpfen.

Wenn man nun erreichen kann, die weitere Vermehrung zunächst einmal zu stoppen und dann gar in eine Schrumpfung umzusteuern, könnten längerfristig die größten Probleme der Menschheit wie Hunger, damit verbundene Gewalt und der Energiemangel gelöst werden. Mittelfristig – und das ist der hier betrachtete Zeitraum – reiht sich dieser Gedanke in die Reihe der vorangegangenen Möglichkeiten ein, die geeignet sind, als Einzelmaßnahme die Probleme mehr oder weniger zu mindern, und im Verbund bis 2050 sogar erheblich und spürbar zu wirken.

Ganz wichtig bei diesem Vorschlag hier ist es zu betonen, dass eine anzustrebende Gesundschrumpfung der Menschheit niemals mit Gewalt versucht werden darf, sondern ausschließlich mit friedlichen Maßnahmen wie Verhütung, Familienplanung, Aufklärung und Gleichberechtigung von Frau und Mann, erfolgen muss.

Die Programme hierfür, die es bereits gibt, müssen intensiviert werden. Chinas Bevölkerungspolitik ist einmal positiv zu sehen und könnte in vielen Punkten von anderen Entwicklungsländern übernommen werden.

Aber auch das größte Hindernis hierbei muss energisch angegangen werden: der religiös motivierte Widerstand. Den religiösen Organisationen und deren Vertretern muss eindeutig klar gemacht und vorgerechnet werden, dass jede weitere Milliarde Menschen auf unserer endlichen Welt sovielmal mehr zig-Millionen Hungernde, weitere jährliche Millionen an Verhungerten und folgebedingt auch Kriegstote nach sich ziehen. Wer davor die Augen verschließt, macht sich mitschuldig!

Bereits die derzeitige Situation in der Dritten Welt ist schlimm genug. Über 800 Millionen Menschen sind unterernährt und mehr als 12 Millionen sterben jährlich direkt durch verhungern.

Die anderen führen ein menschenunwürdiges Leben, zum Teil auf den Müllhalden der Megastädte oder lethargisch in den Trockengebieten der Erde. Kinder wachsen ohne den Schutz der Familie auf den Straßen der Megastädte auf, leben von Kleinkriminalität, solange sie noch klein sind und später dann von Prostitution. Das alles ist dokumentiert durch die UNO - die in diesem Punkt eher beschönigt als die ganze nackte Wahrheit zu nennen. Für uns in Deutschland werden diese Angaben aufbereitet von der „Deutschen Stiftung Weltbevölkerung“ [13]. Jeder, der will, kann Unterlagen hierzu von dieser Organisation anfordern oder im Internet einsehen.

In den reichen Industrieländern, vorwiegend mit christlicher Kultur, werden diese Tatsachen gerne verdrängt oder kleingeredet. Man flüchtet sich in die Annahme, dass die Vermehrung auf natürliche Weise zum Stillstand kommt, wenn auch in den armen Ländern eines Tages ein ähnlicher Wohlstand erreicht wird wie bei uns. Ich kann dieser Annahme nicht folgen. Alle Erfahrungen sprechen dafür, dass die Verelendung in der Dritten Welt weiter zunehmen wird. Täglich empfangen wir aus den Medien Nachrichten über den Ansturm der Armen auf die Grenzen Europas, das für sie ein Paradies ist.

7. Schlussfolgerungen und Ausblick

Ich hoffe, mit der vorangegangenen Darstellung konnte ich überzeugend darlegen, dass unser wichtigster fossiler Energierohstoff, das Erdöl, seiner Erschöpfung entgegen geht und schon in Kürze die immer noch zunehmende globale Nachfrage nicht mehr gedeckt werden kann.

Bis zum Jahre 2050 – ein noch überschaubarer Zeitraum von rund 40 Jahren – konnten keine befriedigenden Ersatzlösungen für die zu erwartende Versorgungslücke identifiziert werden. Entweder sind solche Ersatzlösungen in diesem Zeitraum nicht finanzierbar, oder das Energiepotential ist zu gering, wie das z.B. bei Kernenergie und den **Erneuerbaren** der Fall ist.

Eine wichtige Erkenntnis daraus für uns in Deutschland ist, dass die Nutzung sämtlicher Energieformen in einem ausgewogenen Energiemix dringend geboten ist und dabei auch die hier vorhandenen Ressourcen mitverwendet werden sollten.

Eine weitere Möglichkeit ist, die eigentliche Ursache für den rasant zunehmenden Energiebedarf direkt anzugehen. Es ist die schon jetzt zu hohe und immer noch weiter anwachsende Weltbevölkerung. Kann dieses Wachstum gestoppt und in eine Schrumpfung umgekehrt werden, gehen logischerweise Ressourcenverbrauch und alle damit

verbundenen Probleme ebenfalls zurück. Langfristig wäre ein Einpendeln auf z.B. 3 Milliarden Erdenbewohner anzustreben, denn bei dieser Größenordnung könnte die Menschheit ihren Energiebedarf schon eher mit **EE** abdecken, hoher Technologiestandard und gesunde wirtschaftliche Verhältnisse vorausgesetzt. **Mittelfristig, z.B. bis 2050, könnte diese Möglichkeit, würde sie denn rasch und energisch angegangen, bereits zu einer gewissen Entlastung bei den anstehenden Problemen beitragen.**

Mein Ausblick für den hier betrachteten Zeitraum bis 2050 ist nicht sehr optimistisch. Sollte die hier dargestellte Prognose über eine anstehende globale Energieversorgungslücke sich als richtig erweisen, dann werden die Energierohstoff-Preise und alle davon abhängigen Produkte weiter steigen. Reiche Länder werden das zunächst noch verkraften und verstärkt die verfügbaren Rohstoffe aufkaufen. Die armen Länder aber, und deren Menschen sind in der Überzahl, werden weiter verlieren und die Schere zwischen arm und reich wird schnell weiter wachsen. Diese Schere tut sich aber auch in der Gesellschaft der Industrieländer auf, was wir z.B. in Deutschland schon beobachten können. Insgesamt erhöht sich das Konfliktpotential in der Welt und nur mit einer optimistischen Grundeinstellung kann man hoffen, dass diese Tendenz nur vorübergehend ist. Was sollten wir sonst auch tun? Wir müssen jetzt so rasch wie möglich die richtigen Weichen stellen und zielführende Maßnahmen einleiten. Dazu gehört vordringlich, dass wir die falsche Annahme einer vom Menschen verursachten Klimakatastrophe aufgeben und das wirkliche Problem der Menschheit erkennen und angehen:

Die weiter zunehmende Überbevölkerung der Erde.

8. Zusammenfassung

In Fachkreisen bestehen krasse Meinungsunterschiede darüber, ob für das Erdöl der Zeitpunkt einer globalen maximalen Förderung (Peak Oil) bereits erreicht ist oder ob dieser noch weit entfernt liegt bzw. nie kommen wird. Weil ich dieser Frage vor 10 Jahren schon einmal nachgegangen und zu bestimmten Aussagen gekommen war, wollte ich aufgrund der starken Kostensteigerungen im Energiebereich und der darüber entbrannten Ursachendiskussion dieses Problem erneut untersuchen, dieses Mal aber auf etwas breiterer Basis und unter Berücksichtigung der zwischenzeitlich stark veränderten Randbedingungen.

Hierzu wurden die heute bekannten Reserven und geschätzten Ressourcen von den **Nicht Erneuerbaren Primärenergieträgern** Erdöl, Erdgas, Kohle und Kernspaltstoffe, ermittelt und in einer Tabelle den Werten von 1998 gegenübergestellt. Ergänzt wurde die Tabelle mit den jeweiligen Verbrauchsdaten von 2007.

Ein Vergleich der beiden Schätzungen zeigt, dass die Werte von 1998 gar nicht so falsch waren. Das in der Erde noch schlummernde Potential konventionellen Erdöls hat sich nur um 10% erhöht, die „nicht-konventionellen“ Vorkommen allerdings um 88%. Diese starke Zunahme beruht jedoch ausschließlich auf eine höhere Bewertung der Ölschiefervorkommen. Allerdings sind hierfür bisher keine Planungen oder Vorbereitungen für eine Nutzung bekannt.

Ähnlich verhält es sich beim Erdgas. Das verbleibende Potential der konventionellen Vorkommen erhöhte sich um rund 16%, das der „nicht-konventionellen“ kam jedoch mit rund 2.000 Gt SKE neu hinzu. Diese Vorkommen, hauptsächlich Aquifer und Gashydrate, wurden 1998 nicht betrachtet und es gibt auch heute nur erste Überlegungen, wie und ob überhaupt sich diese Ressourcen künftig heben und nutzen lassen.

Das vorhandene Potential der Kohle hat sich um 20% erhöht, allerdings auf einem hohen Niveau. Kohle stellt den weitaus größten Anteil von den fossilen Energieträgern.

Die Kernspaltstoffe (Uran und Thorium) wurden damals nicht betrachtet; sie sind also hier neu hinzu gekommen. Überraschend ist das verhältnismäßig geringe nutzbare Energiepotential von nur 270 Gt SKE, vergleichbar mit den konventionellen Reserven beim Erdöl.

Beim Betrachten der mit aufgeführten globalen Verbräuche von 2007 ist interessant, dass gerade das problematische Erdöl mit 5,64 Gt SKE den höchsten Betrag aufweist. Kernenergie liegt mit 0,89 Gt SKE am unteren Ende und dazwischen liegen die Jahresverbräuche von Erdgas mit 3,76 und Kohle mit 4,54 Gt SKE.

In einem nächsten Arbeitsschritt wurde der zu erwartende Verbrauch bis 2050 untersucht. Das ist ein Zeitraum von 42 Jahren ab heute, in dem radikale neue Technologien bei der Energieerzeugung, Nutzung und Effizienz noch nicht auf breiter globaler Basis eingeführt sein dürften. Beharrungskräfte und ideologische Barrieren, aber in erster Linie wohl fehlendes Kapital werden die Entwicklung zeitlich strecken.

Die Internationale Energieagentur (IEA) hat hier für die **Nicht Erneuerbaren Energieträger** eine Prognose bis 2030 gemacht, bei der ich die Verlaufskurve für Erdöl bis 2050 verlängert habe. Danach würde sich 2050 ein Verbrauchsbedarf von rund 9 Gt SKE ergeben, 60% höher als der reale Verbrauch 2007. Die Hauptursache für diesen starken Verbrauchszuwachs liegt im Energiehunger der Entwicklungsländer – die Weltbevölkerung ist dann auf 9,3 Milliarden angewachsen - und der wachsenden Wirtschaftsriesen in Asien.

Dieser Bedarf kann nun aber nicht mehr voll abgedeckt werden, weil inzwischen der globale Peak Oil eingetreten und die Erdölförderung rückläufig geworden ist. Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) sowie die Energy Watch Group (EWG) haben hierzu Aussagen gemacht, die EWG eine sehr pessimistische (aber gut begründete) und die BGR eine etwas vorsichtigere. Auch hat ein führendes Mitglied der IEA in einem Interview mitgeteilt, dass seine Organisation derzeit 350 der wichtigsten Öl- und Gasfelder näher untersucht um abzuschätzen, ob und wie stark die Fördermengen dort absinken. Es ist zu erwarten, dass die IEA in ihrem Ende November erscheinenden Jahresbericht 2008 zu ähnlichen Aussagen kommt wie die EWG.

Nach den vorliegenden Daten ergibt sich beim Erdöl für 2030 eine maximale Deckungslücke von 5 Gt SKE (Verbrauch 2007 5,64 Gt), die bis 2050 auf über 7 Gt SKE anwächst. Die gesamte Energiefehlmenge aus der Unterdeckung summiert sich bis 2050 auf 182 Gt SKE. Diese Fehlmenge kann in diesem Zeitraum von keiner anderen Energiequelle übernommen werden, wie eine erste Analyse ergab. So erfordert z.B. der Ersatz durch Erdgas - was technisch mit dem „Gas to Liquid“ – Verfahren möglich wäre - ca. 36 % des konventionellen Ergaspotentials von 503 Gt SKE. Hierbei ist ein zusätzlicher Energiebedarf für die Umwandlung noch nicht berücksichtigt. Dies sind aber alles nur fiktive Werte, denn der ohnehin vor 2050 erwartete „Peak Gas“ – Zeitpunkt würde in diesem Fall nur noch eher eintreten. Die benötigte Öl- Ersatzmenge kann deshalb nicht einmal annähernd bereitgestellt werden.

Bei der Kohle ist die Situation eine andere. Mit dem Fischer-Tropsch-Verfahren kann Kohle verflüssigt werden. Das Verfahren ist erprobt und wird heute in Südafrika im größeren Umfang angewendet. Eine Substituierung von 182 Gt SKE Erdöl durch Kohle belastet das noch vorhandene Kohlepotential nur zu 0,07%. Der apparative Aufwand hierfür – auch der Wasserstoff für die Hydrierung muss ja noch erzeugt werden – wird in dem betrachteten Zeitraum aber wohl nicht finanziert werden können. Eine Maximallösung ist deshalb auch hier nicht möglich, ein teilweiser Ersatz aber schon.

Kernenergie – nahezu ausschließlich als Strom erzeugt und verwendet – ist weder in der Lage noch dazu geeignet, in den nächsten 40 Jahren die Erdöl- Versorgungslücke aufzufüllen. Das noch vorhandene Energiepotential ist nur wenig größer als das vom konventionellen Erdgas und es gelten hier die gleichen Argumente. Hinzu kommt dann aber noch die Einschränkung, dass KKW's aus übergeordneten Sicherheitsgesichtspunkten möglichst nur in Ländern mit politischer Stabilität, Kontinuität und bei Vorhandensein entsprechender Organisationsstrukturen für deren Kontrolle, eingesetzt werden sollten.

Auch die **Erneuerbaren Energien (EE)**, die in der Öffentlichkeit mit vielen Vorschusslorbeeren als Retter aller möglichen Katastrophen bejubelt werden, erweisen sich beim genaueren Hinsehen für den Zeitraum der nächsten 40 Jahre als beschränkt, was die globale Anwendung betrifft. In den Statistiken über die globale Energiegewinnung 2007 taucht von den **EEs** nur die Wasserkraft mit 1,013 Gt SKE (Kernenergie 0,89 Gt) auf. Die BGR schätzt, daß bis 2030 die Gewinnung noch auf 1,6 Gt gesteigert werden kann und Biomasse auf 1,4 Gt SKE.. Die übrigen Nutzungsformen von **EEs** tauchen in den globalen Statistiken nicht auf. In Deutschland waren 2007 die **EEs** nur mit 6,6 % (31,4 Mt SKE) an der Versorgung mit Primärenergie beteiligt.

Theoretisch auf dem Papier ließe sich durchaus der gesamte Energiebedarf der Menschheit durch ein Anzapfen der kurzwelligen Sonnenstrahlung erzeugen. So wurde ausgerechnet, dass auf einer Fläche von rund 2×10^6 km² (5,6 x Fläche Deutschland) in der Sahara mit einer jährlichen Sonneneinstrahlung von mindestens 2000 kWh/m² etwa 14 Gt SKE (globaler Fossilenergie-Verbrauch 2007) in Form von Wasserstoff erzeugt werden kann. Real bleibt das wohl eine Utopie, denn abgesehen von den politisch unsicheren Verhältnissen in diesen Regionen stellt sich die Frage: Woher soll in diesem Zeitraum das Geld für diese unvorstellbar hohen Investitionen kommen? Zumal die ersten 6 bis 8 Jahre Energieerzeugung einer Anlageneinheit zunächst einmal für die Herstellung einer neuen Anlage aufgewendet werden muss. Die gesamte Lebensdauer einer Solarzelle beträgt höchstens 40 Jahre. Regional ist jedoch schon mehr möglich. So könnten z.B. in südlichen Gegenden der EU und USA erste größere Einheiten im Rahmen einer Prototypenphase aufgestellt und erprobt werden und in diesen Ländern bereits zum zu einem kräftigen Standbein im Mix der Energieversorgung heranwachsen.

Für Deutschland mit einer geringeren Sonneneinstrahlung zwischen 1000 bis max. 1200 kWh/m² und Jahr ergab sich für ein Maximal-Szenario mit Solarzellen von insgesamt 4100 km² Fläche, nach Süden ausgerichtet und nicht abgeschattet und unter Berücksichtigung von Verlusten und erforderliche Zwischenspeicherungen ein jährlicher Nettoenergiebetrag von 250 TWh. Das entspricht einer Energiemenge von 30 Mt SKE. Weiterhin ließe sich aus 4000 Offshore-Windenergie-Konvertern (WEK) mit je 5 MW max. Leistung, ebenfalls bei Berücksichtigung von Verlusten und einer gewissen Verfügbarkeit, sowie der um 50% erweiterten Onshore-Anlagen (repowering) eine Nettostrommenge von 110 TWh jährlich (entsprechend 13 Mt SKE) gewinnen.

Windstrom und Sonnenstrom ergänzen sich: im Winter weht es mehr als im Sommer und bei der Sonnenstrahlung ist es umgekehrt. Beide zusammen könnten auf der Fläche Deutschlands bei maximaler Anwendung etwa 360 TWh jährlich (entsprechend 43 Mt SKE)

den Stromkunden zur Verfügung stellen (Netto- Stromerzeugung 2007: 597,2 TWh, der gesamte Primärenergieeinsatz war 6,7 mal höher). Die gesamte EE- Bilanz fällt noch etwas günstiger aus, wenn Biomasse und Geowärme mit einbezogen werden. Energieeinsparungen verbessern zusätzlich die Bilanz, sind aber aus Gründen der Finanzierbarkeit ebenfalls begrenzt.

Zusammenfassend ist festzustellen: Die **EEs** sind weder global noch regional für Deutschland in der Lage, das Energieproblem zu lösen – zumindest nicht in den nächsten 40 Jahren. Aber sie können durchaus einen nennenswerten Beitrag leisten und sind deshalb – speziell für uns in Deutschland – genauso unverzichtbar wie die heimische Steinkohle. Darüber hinaus ist die damit beschäftigte Branche ein Jobmotor und schafft steuernzahlende Arbeitsplätze! **Die EEs sind eine heimische Energieressource mit dem Vorteil, dass sie niemals abnimmt.**

Eine weitere Möglichkeit ist, die eigentliche Ursache für den rasant zunehmenden Energiebedarf direkt anzugehen. Diese eigentliche Ursache ist die weiterhin zunehmende Weltbevölkerung, die 2050 eine Kopfzahl von 9,3 Milliarden erreichen soll (heute 6,7 Milliarden). Kann diese Zunahme gestoppt und anschließend in eine Schrumpfung umgesteuert werden – ausschließlich mit friedlichen Methoden der Familienplanung, Verhütung, Gleichberechtigung der Frauen, usw. - würden logischerweise Ressourcenverbrauch und alle damit verbundenen Probleme ebenfalls zurückgehen. Langfristig wäre ein Einpendeln auf etwa 3 Milliarden Erdenbewohner anzustreben. Bei dieser Größenordnung könnte die Menschheit ihren Energiebedarf schon eher mit **EEs** abdecken, hoher Technologiestandard und gesunde wirtschaftliche Verhältnisse vorausgesetzt. **Mittelfristig, z.B. bis 2050, könnte diese Möglichkeit, würde sie den rasch und energisch angegangen, bereits zu einer gewissen Entlastung bei den anstehenden Problemen beitragen.**

Eine sofortige Entlastung lässt sich erreichen, wenn die kostenintensiven und gleichzeitig unsinnigen Maßnahmen und Vorhaben aus dem Komplex eines vermeintlichen Klimaschutzes rückgängig gemacht bzw. nicht weiter verfolgt werden. An erster Stelle sei hier genannt: Die Zwangseinführung von CO₂- Emissionsrechten und die CO₂- Abscheidung aus den Abgasen von Großfeuerungsanlagen mit anschließender Sequestrierung. Es gibt noch eine Vielzahl weiterer Kostenvermeidungen bei diesem Komplex. Die dadurch freiwerdenden Finanzmittel stehen dann unmittelbar für reale Energiesparmaßnahmen zur Verfügung und das müsste doch auch ein Anliegen der Klimaschützer sein.

Bis zum Jahre 2050 – ein noch überschaubarer Zeitraum von rund 40 Jahren – konnten keine befriedigenden Ersatzlösungen für die zu erwartende Versorgungslücke identifiziert werden. Entweder sind solche Ersatzlösungen in diesem Zeitraum nicht finanzierbar, oder das Energiepotential ist zu gering, wie das z.B. bei Kernenergie und den Erneuerbaren der Fall ist. **Eine wichtige Erkenntnis daraus für uns in Deutschland ist, dass die Nutzung sämtlicher Energieformen in einem ausgewogenen Energiemix dringend geboten ist und dabei auch die hier vorhandenen Ressourcen mitverwendet werden sollten.**

Wir müssen jetzt so rasch wie möglich die richtigen Weichen stellen und zielführende Maßnahmen einleiten. Dazu gehört vordringlich, dass die falsche Annahme einer vom Menschen verursachten Klimakatastrophe aufgegeben und das wirkliche Problem der Menschheit erkannt und angegangen wird: **Die weiter zunehmende Überbevölkerung der Erde.**

9 Quellen – Angaben

- [1] bdw PLUS (44 Seiten), Beilage von Bild der Wissenschaft, Ausgabe Mai 1998
- [2] BP Amoco, Statistical Review of World Energy, June 1999 and June 2003
- [3] BGR – Studie über „Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen“. Jahresbericht 2006, Fassung vom 23. Nov. 2007
- [4] Gashydrat: das „gefrorene Erdgas“ – ein fossiler Energieträger am Beginn seiner Nutzung. BGR: Commodity Top News No. 28 vom 6. März 2008
- [5] IEA – Bericht „World Energy Outlook 2007“
- [6] IE – Studie „Risiken bei Energierohstoffen“ vom 3. März 2005
- [7] EWG – Studie „Zukunft der weltweiten Erdölversorgung“, Mai 2008
- [8] eia – Bericht „Short- Term Energy Outlook“ , June 10, 2008 Release
- [9] IER – Vortrag über „Brennstoffversorgung im nuklearen Brennstoffkreislauf“ auf der Jahrestagung Kerntechnik am 24. Mai 2007 in Karlsruhe.
- [10] Wikipedia – Veröffentlichung vom April 2008 „Die Sirenen schrillen“, Gespräch von Astrid Schneider und Fatih Birol (Dr. Fatih Birol ist Chefökonom und Leiter der Abteilung Wirtschaftliche Analyse der IEA in Paris. Er ist verantwortlich für den World Energy Outlook, die wichtigste Publikation der IEA zu Energiemärkten und -ressourcen.
- [11] BP- Statistical Review of World Energy, June 2008
- [12] ExxonMobil – Bericht „Oeldorado 2007“
- [13] Regelmäßige Veröffentlichungen von der Deutschen Stiftung **Weltbevölkerung** (DSW), wie z.B. DSW – Newsletter (monatlich), DSW – Info, DSW – intern, DSW – Jahresbericht, jährlich herausgegebene Datenreports.
- [14] BGR – Bericht: „Erdöl – Reserven, Ressourcen und Reichweiten“. Eine Situationsbeschreibung aus Sicht der BGR, von J. Peter Gerling, Hannover, aus dem Jahre 2005
- [15] Deutsche Energie- Agentur (dena), Veröffentlichung im Internet unter www.Offshore-Wind.de, Stand 22. Juli 2008
- [16] Aussage von Uwe Gerder vom Bundesverband Windenergie, zitiert im Hamburger Abendblatt vom 23. Juli 2008

- [17] Institut für Solare Energieversorgungstechnik (ISET), Verein an der Uni Kassel e.V. ISET gibt jährlich Windenergie- Reports für Deutschland heraus.
- [18] Zitiert im Hamburger Abendblatt vom 8. Juli 2008
- [19] Bericht „Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2007“ von der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (AGEB), Ausgabe 1/2008